

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO



**UMA PROPOSTA PARA APRESENTAÇÃO DA NOÇÃO
DE TEMPO FÍSICO E METAFÍSICO
COMO CONTRIBUIÇÃO PARA
O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO.**

AGEU DE ALMEIDA MATOS

Recife, PE, Dezembro / 2006

**UMA PROPOSTA PARA APRESENTAÇÃO
DA NOÇÃO DE TEMPO FÍSICO E METAFÍSICO
COMO CONTRIBUIÇÃO PARA
O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências em nível de Mestrado da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador: Ernande Barbosa da Costa, Dr.

Co-orientadora: Suely Alves da Silva, Dra.

Recife, PE, Dezembro/ 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

**UMA PROPOSTA PARA APRESENTAÇÃO
DA NOÇÃO DE TEMPO FÍSICO E METAFÍSICO
COMO CONTRIBUIÇÃO PARA
O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO.**

Ageu de Almeida Matos

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa - UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos Miranda.
1º. Examinador.

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório.
2º. Examinador.

Profa. Dra. Suely Alves Da Silva
Co-orientadora. 3a. Examinadora.

DEDICATÓRIA

Em especial à minha esposa e à minha filha; bem como a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

O fenômeno de aprender é contínuo. Desde o nascimento, aprendemos e ensinamos; principalmente com professores, mas também com parentes e amigos em geral. O ser humano é o único animal que propositalmente ensina e aprende com seus semelhantes.

Agradeço a todos os meus professores, que ajudaram com seus múltiplos saberes construindo o meu conhecimento.

Agradeço a todos com os quais também aprendi algo: alguns ensinam voluntariamente e outros, involuntariamente. Na vida somos todos, ao mesmo tempo, alunos e professores.

Especialmente ao Prof. Dr. Ernande Barbosa, meu orientador, a quem admiro pela sua experiência, equilíbrio, conhecimento e responsabilidade e com quem tive o privilégio de conviver.

À Profa. Dra. Suely Alves, pela sua co-orientação sempre com atitudes positivas, colaboração e incentivo.

Ao professor e engenheiro Irajá Cajueiro, a quem considero meu primeiro professor e ensinou-me o que é o nosso mundo e como é viver focando sempre no essencial.

Ao professor e filósofo Dr. Witold Skwara, profundo conhecedor da natureza humana e seus fenômenos, sempre disposto a ensinar com ótimas aulas de como se vive bem neste mundo.

Aos meus colegas do mestrado e de ensino, sempre dispostos a colaborar, sugerir, criticar e contribuir para a construção desta obra.

À minha profissão de professor, que possibilita um aprendizado contínuo e altamente diversificado. A todos agradeço, já que os considero co-autores nesta obra.

Muito grato.

RESUMO

A noção do tempo, visto este não ter definição, foi o alvo de nossa pesquisa bibliográfica, na qual identificamos como alternativa para abordagem do tema o uso da história da Física, quando da transposição didática, com vistas a atender às críticas ora presentes. Realizamos uma pesquisa abrangente, centrada no livro didático, envolvendo também outras obras científicas que tratam especificamente do tema tempo, tanto em Física quanto em Filosofia. Desse modo, focamos nossa pesquisa nos capítulos do livro didático em que o tempo tem posição de destaque: na apresentação das sete unidades fundamentais e da Teoria da Relatividade de Einstein, como alvo principal de nossa pesquisa. Preocupados com a visão de ciência presente no livro didático, classificamos e desenvolvemos tópicos sobre o tema, elaboramos ainda uma proposta de seqüência para apresentação do tema, como possível contribuição ao livro didático juntamente com um breve histórico dos principais pensadores que se destacaram no tema. Dessa forma, este trabalho se insere no contexto e foi elaborado recorrendo-se à história da Física como subsunçor, em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa, Ausubel, Filosofia, Física, tempo.

ABSTRACT

The notion of time, seem this not to have definiton, was the target of our bibliographical research, in which we identify as alternative to boading of the subject the use of the Physics history, when of the didatic transposition, with sights to take care of critical however the gifts. We realize an enclose research centered in textbooks, involving other cientific works especially deal on the subject time, as much in Physics how much in Philosophy. In this way we focalize our research in the chapter of textboks where the time has proeminence position: in the presentation of the seven basic units and in the theory of the relativity of Einstein, as the main target of our research. We worried with the science vision in textbooks we classify and we develop topics on the subjects, we still elaborate a proposal like a script to presents the theme, as possible contribution to the textbook together whit a historical briefing of the nain thinkers who if had detached in the subject. Of this form this work if inserts in the context and was elaborated appealing to Physics history as a subsumer, in accord whit the Theory of Significant Learning of Ausubel.

Keywords:, Ausubel, Philosophy, Physics, Significant learning, time.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	<i>i</i>
Agradecimentos.....	<i>ii</i>
Resumo.....	<i>iii</i>
Abstract.....	<i>iii</i>
1- Introdução.....	10
2- Fundamentação teórica.....	16
2.1- A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.....	16
2.2- O senso comum sobre o tempo e o papel do relógio.....	22
2.3- Tópicos sobre o tempo abordados nos livros didáticos de Física do ensino médio.....	26
2.3.1- O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).....	28
2.3.2- O Sistema Internacional de Unidades (SI).....	30
2.3.3- A idéia do tempo ligado aos movimentos dos corpos celestes.....	32
2.3.4- Matematizar o tempo. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos.....	33
2.3.5- A irregularidade na duração da rotação da Terra.....	35
2.3.6- Uma medição mais precisa para o tempo com o relógio atômico de césio.....	36
2.3.7- As principais teorias sobre a natureza do tempo.....	38
2.3.7.1- O tempo absoluto e Isaac Newton.....	39
2.3.7.2- A noção do tempo na Teoria da Relatividade de Einstein.....	41
2.3.7.3- A noção de tempo subjetivo e Santo Agostinho.....	51
2.3.8- Representantes da Física e da Filosofia sobre o tempo.....	56
3- Metodologia.....	63
3.1- Considerações iniciais.....	63
3.2- Da seleção dos livros didáticos de Física.....	63

3.2.1- Metodologia para a escolha da primeira amostra de livros didáticos.....	64
3.2.1.1- Primeira lista de livros didáticos escolhidos por professores.....	65
3.2.2- Metodologia para a escolha dos tópicos sobre o tema tempo....	65
3.2.2.1- Lista de tópicos sobre o tema tempo.....	66
3.2.3- Metodologia para inclusão de outros livros didáticos.....	66
3.2.3.1- Lista de livros didáticos adicionados.....	66
3.2.3.2- Lista total de 18 livros didáticos pesquisados.....	67
3.2.4- Metodologia para construção do quadro I.....	67
3.2.4.1- Quadro I de Livros x Tópicos.....	69
3.2.5- Metodologia para desenvolvimento do texto proposto nos tópicos.....	70
4- Análises dos resultados.....	71
4.1- Introdução.....	71
4.2- Análise do quadro I Livros x Tópicos.....	71
4.3- Análise do livro didático quanto à abordagem dos tópicos.....	74
4.3.1- Análise do tópico o Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).....	74
4.3.2- Análise do tópico o Sistema Internacional de Unidades (SI).....	75
4.3.3- Análise do tópico da idéia do tempo ligado aos movimentos celestes.....	75
4.3.4- Análise do tópico de matematizar o tempo O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos.....	76
4.3.5- Análise do tópico da irregularidade na duração da rotação da Terra.....	77
4.3.6- Análise do tópico de uma medição mais precisa para o tempo com o relógio atômico de césio.....	78
4.3.7- Análise do tópico das principais teorias sobre a natureza do tempo.....	78

4.3.7.1- Análise do tópico do tempo absoluto.....	78
4.3.7.2- Análise do tópico da noção do tempo na teoria da relatividade.....	79
4.3.7.3- Análise do tópico da noção de tempo subjetivo.....	80
4.4 - Proposta de seqüência para apresentação da noção de tempo.....	80
4.4.1- Primeira parte da apresentação da noção do tempo.....	80
4.4.2- Segunda parte da apresentação da noção do tempo.....	82
5- Conclusões e sugestões.....	83
Referências.....	87
Anexos.....	93

1-INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência natural muito extensa e atualmente sem limites definidos, estudando os campos e os elementos juntamente com as suas diversas interações. Estuda os fenômenos naturais do universo macro e micro tendo como aplicação prática as tecnologias. Preocupa-se também com a precisão das medidas no sentido de que, dentro do possível, essas sejam as mais exatas e não arbitrárias. Descobrimos através da Física que, no Universo, nada é simples ou independente, e que tudo parece fazer parte de um todo maior e mais complexo.

Dentro do grande corpo que é a Física, estuda-se o movimento dos corpos. Nele também está a grandeza *tempo*, não possuindo ainda definição precisa. Inicialmente, a grandeza *tempo*, é apresentada ao público no livro didático desta disciplina, o que ocorre primeiramente na oitava série do ensino fundamental e no primeiro ano do ensino médio. Em uma outra oportunidade, a noção de *tempo* volta a ter papel de destaque no terceiro ano do ensino médio, quando da apresentação da Teoria da Relatividade de Einstein.

O *tempo* ultrapassa, entretanto, os limites acadêmicos e é um assunto que desperta a atenção do homem, tanto em Física como em Filosofia, desde os primórdios da nossa civilização.

Quando o *tempo* é apresentado nessa perspectiva, faz parte do quadro das sete grandezas fundamentais físicas (tempo, massa, comprimento, corrente elétrica, temperatura, quantidade de matéria e intensidade luminosa). Possui diversos outros significados na sociedade, além dos presentes nos livros didáticos que não serão contemplados nessa pesquisa. Podemos citar, como exemplos, o meteorológico, o biológico ou o histórico. Se pesquisarmos em um bom dicionário, veremos ainda que o *tempo* possui muitos outros sentidos, quer seja para a Física, a Medicina ou a Literatura.

O *tempo* como o conhecemos não possui definição ou conceito preciso, sendo apenas uma noção apresentada principalmente pelo livro didático de Física. O

aluno, um partícipe da sociedade, também possui um conhecimento sobre o tema presente no senso comum, sendo confrontado na escola com a noção acadêmica de *tempo*. Após tal apresentação, esta noção continua sendo usado em diversos ramos da Física, como cinemática, impulso, energia, trabalho, relatividade, eletricidade, ondas, gravitação, termodinâmica, física quântica e física nuclear, entre outras. Pode ser também encontrado em várias outras disciplinas, como: Biologia e Química por exemplo, e é usado também em inúmeras profissões demonstrando sua complexidade e interdisciplinaridade.

O entendimento da noção do *tempo* possibilitará ainda relacionar o aluno quanto ao nosso Universo, sendo mais um tema estruturador no ensino. É indispensável uma compreensão da natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu lugar na história do Universo, tanto no *tempo* quanto no espaço, do ponto de vista da ciência (BRASIL, 2004).

Os livros didáticos de Física aqui em relevo são uma forte ferramenta no processo de ensino-aprendizagem para esse e outros temas e podem tornar-se um formador de opinião e componente de destaque neste processo, visto ser uma fonte de consulta permanente. Tem um papel de destaque no universo da educação e é, principalmente neles, que professores e alunos formam sua visão de ciências, conforme diz Freitag (1997):

O livro didático não funciona em sala de aula como um instrumento auxiliar para conduzir o processo de ensino e transmissão do conhecimento, mas como o modelo-padrão, a autoridade absoluta, o critério último de verdade. Neste sentido, os livros parecem estar modelando os professores. O conteúdo ideológico do livro é absorvido pelo professor e repassado ao aluno de forma acrítica e não distanciada (p. 111).

Dessa forma, o livro didático destaca-se e transforma-se verdadeiramente em um processo no ensino das ciências, formando agora um trio com os professores e os alunos. Uma das características mais importantes da educação científica é a transmissão dos conhecimentos baseados quase que exclusivamente em livros desse teor (PEDUZZI, apud Pietrocola 2001).

Em função do *tempo* não ter uma definição precisa nos livros didáticos para o ensino médio, os alunos podem ser levados a sentirem uma maior dificuldade de entendimento quanto à resolução dos exercícios ou à compreensão de problemas. Percebemos em nossa prática pedagógica que se utilizamos a história da Física para contextualizar um determinado assunto, a explicação fica mais rica em significado e, com essa nova forma de abordar, aumenta o interesse dos alunos.

Sabemos que em se tratando de história da Física, ou de qualquer outra, essa sofre influência política, religiosa, econômica e social, dentre outros fatores, buscamos, quando recorremos a esse recurso adotar um texto da história da Física o mais unânime possível dentre os diversos historiadores. Percebemos nesse sentido maior significado, por exemplo, quando recorremos à História da Física e apresentamos o conteúdo da gravitação universal.

Para simplificar a apresentação do tema, conforme consta na metodologia, foi feita sua classificação em tópicos.

Tópicos sobre o tema *tempo*

- 1- O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).
- 2- O Sistema Internacional de Unidades (SI),
- 3- Idéia de *tempo* ligado ao movimento dos corpos celestes.
- 4- Matematizar o *tempo*. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos.
- 5- A irregularidade na duração da rotação da Terra.
- 6- Uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio de césio.
 - 7.1 - O *tempo* absoluto.
 - 7.2 - A noção de *tempo* relativo/relativístico. O *tempo* variável.
 - 7.3 - A noção de *tempo* subjetivo. O *tempo* dependendo do observador.

Realizamos ainda um levantamento dos personagens (físicos e filósofos) no referencial histórico, os quais receberam destaque e uma breve biografia: Aristóteles, Parmênides, Agostinho, Kant, Bergson, Leibniz, Newton e Einstein, resgatando seu pensamento sobre o assunto em questão.

Embora reconheçamos que o entendimento da noção de *tempo* por parte dos alunos é complexa, isso se justifica e faz-se necessário pelos seguintes motivos:

- 1- Para que se explique que o conhecimento se processa num contexto histórico-evolutivo de rupturas e comprovação de paradigmas;
- 2- para que melhor compreendam os novos conhecimentos físicos, particularmente da teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica;
- 3- para uma eficiente inserção nos mundos do trabalho, tecnológico e sócio-cultural.

O educador, em seu trabalho de formador da consciência reflexiva do aluno deve possibilitar o questionamento de conceitos advindos da sociedade, valorizando a prática do pensar através do ensino.

Ao construirmos esta proposta, recorreremos como estratégia de ensino, principalmente, ao uso da história da Física para obtenção dos organizadores prévios. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel congrega os requisitos que especificamente atendem a nossos objetivos e será adotada para a fundamentação teórica de nosso trabalho, construída através de uma pesquisa bibliográfica pertinente. Na história da Física, encontramos os organizadores prévios para uma aprendizagem mecânica com vistas à criação dos conceitos subsunçores no intuito de alcançar uma aprendizagem significativa da noção de *tempo*.

Em seguida, detalhamos a metodologia utilizada na elaboração deste trabalho, com a escolha do tema, seleção dos livros didáticos com as editoras e os professores, seleção e pesquisa nos tópicos mais pertinentes sobre o *tempo* e seleção dos livros sobre os cientistas e filósofos pesquisados.

A conclusão do trabalho expõe a análise dos resultados obtidos nos livros didáticos, as sugestões e considerações finais, bem como uma possível proposta para apresentação dos tópicos, presente na fundamentação sobre o tema e mencionados materiais didáticos.

Enfim, nós que nos preocupamos com os processos de ensino-aprendizagem, especificamente no ensino das ciências e em nossa prática docente, devemos recorrer sempre que possível, a análises críticas e construtivas das técnicas e

materiais didáticos, como os livros, construindo alternativas, mostrando que a ciência não é um produto inquestionável e acabado, indo sempre além do que está contido nesses livros para um tema.

Nossa análise da noção do *tempo* se deterá apenas ao nível dos livros didáticos de Física do ensino médio (ver lista na metodologia 3.2.3.2). Esclarecemos ainda que aqui não se pretende esgotar o assunto *tempo*, desafio que nos parece bastante atrativo e revelador, podendo tão somente servir como ponto de partida para uma futura pesquisa mais ampla, pois, a pergunta: que é o *tempo*? apesar de simples de ser elaborada, parece-nos bastante complexa de ser respondida.

Dessa forma e em função de tais aspectos, objetivamos aqui revisar construtivamente a grandeza fundamental *tempo* através de uma pesquisa bibliográfica em Física e Filosofia visando uma contribuição para o livro didático de Física do ensino médio.

Como objetivos específicos, buscamos:

Utilizar a história da Física como um subsunçor, segundo a Teoria de Ausubel, na apresentação da noção de *tempo* no livro didático de Física do ensino médio.

Identificar na Física e na Filosofia os principais personagens e respectivas concepções sobre o tema *tempo*.

Desenvolver os principais tópicos para abordagem do tema *tempo* como proposta para apresentação no livro didático de Física do ensino médio.

Elaborar uma seqüência como proposta para apresentação da noção de *tempo* no livro didático de física do ensino médio.

Apresentamos, como resultado, nesta proposta, um texto para os tópicos mais significativo que contemple aspectos que acreditamos relevantes ao tema, em que buscamos:

- Recorrer a uma abordagem histórica da ciência como ferramenta pedagógica revelando obstáculos epistemológicos como quebra de paradigmas e períodos de disputas das teorias, desmistificando ser a ciência um conjunto eterno de “verdades científicas”;

- introduzir o formalismo matemático como algo importante e estruturador no sentido de que facilita a aprendizagem do que deve ser entendido como modelo físico, sem a excessiva matematização abstrata, inserido-o em um contexto histórico e evolutivo;
- contextualizar e problematizar a ciência como uma construção humana sofrendo evolução e possíveis rupturas de paradigmas, disputas internas e externas, ressaltando personagens importantes da história da ciência e mostrando-a como formada por um livro de verdades, mas todas sujeitas constantemente à comprovação.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os pressupostos teóricos para fundamentar nossa pesquisa são os da teoria de David Ausubel, que explica como se desenvolve a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

David Paul Ausubel, psicólogo da aprendizagem nasceu em 25 de outubro de 1918, nos EUA, na Cidade de Nova York, no bairro do Brooklyn, filho de uma família judia pobre de imigrantes da Europa Central.

Propomos, baseados em sua teoria, realizar uma pesquisa bibliográfica e utilizar a história da Física como um subsunçor para apresentar a noção de *tempo* no livro didático do ensino médio.

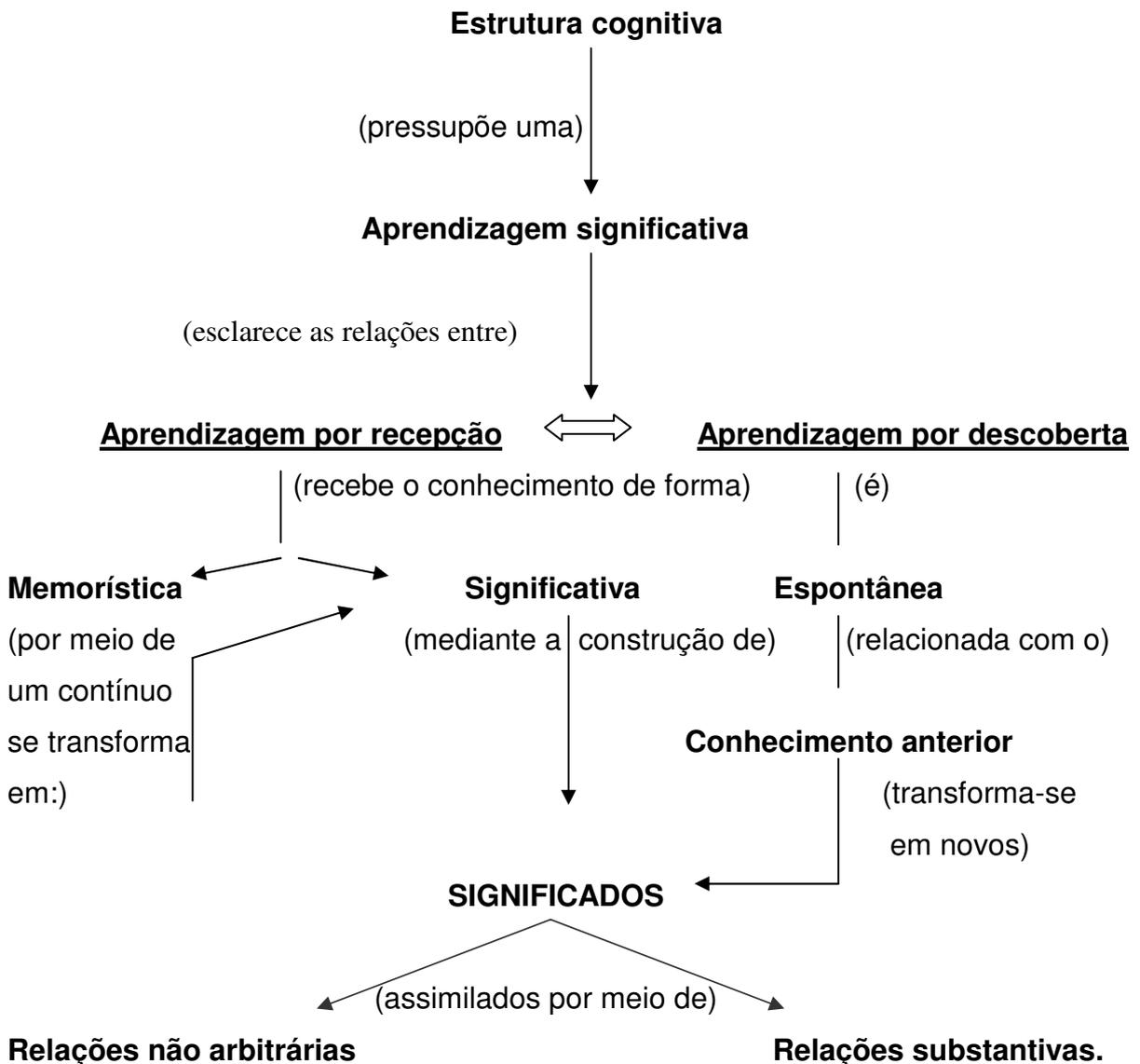
2.1- A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A história da Física revela os ingredientes que especificamente servem como ponto de partida para a elucidação de vários conceitos. Nesse sentido, será utilizada como nosso organizador prévio e terá sua validade dentro da Teoria da Aprendizagem de Ausubel. No texto a ser proposto para a noção de *tempo*, resgatando o que o aluno já conhece, que possivelmente é o senso comum, conjuntamente com a história da Física, buscamos convergir para uma aprendizagem significativa, conforme nos afirma o próprio Ausubel (1980):

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie-se nisso os seus ensinamentos (p. 27).

Essa Teoria propõe-se a explicar a base cognitiva ou sua estrutura para que possamos entender como o ser humano constrói significados. Desse modo aponta caminhos para a elaboração de estratégias de ensino que facilitem o processo de ensino-aprendizagem. Devemos oferecer ao aluno um texto inserido em seu cotidiano, de forma que ele possa ancorar suas idéias às novas apresentadas, no sentido de uma aprendizagem significativa.

Um esquema é uma outra forma de apresentar a teoria de Ausubel e nesse sentido diz Nuñez (2004):



Esquema 01 – Mapa conceitual: processo de modificação da estrutura cognitiva (p. 31).

A aprendizagem significativa ressalta que o material a ser aprendido precisa fazer sentido, ter significado para o aluno. São necessários três requisitos básicos para a aprendizagem significativa: 1- oferecer um novo conhecimento estruturado com significação lógica. 2- a já existência de conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do aprendiz que se conecte ao novo conhecimento. 3- por fim a atitude explícita do aprendiz de conectar o seu conhecimento com aquele novo conhecimento.

Podemos resumir enfim que ensinar utilizando o cognitivismo de Ausubel é: buscar a *ancoragem*; usar sinônimos com uma argumentação lógica, pois, em outras palavras, o estudante tem uma estrutura cognitiva inteligente e quer ler um material racional.

Em alusão a essa teoria, podemos utilizar dois mecanismos de aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, assim se expressa Nuñez (2004):

A aprendizagem significativa, segundo a teoria de assimilação de Ausubel (1989), toma como referência dois mecanismos básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

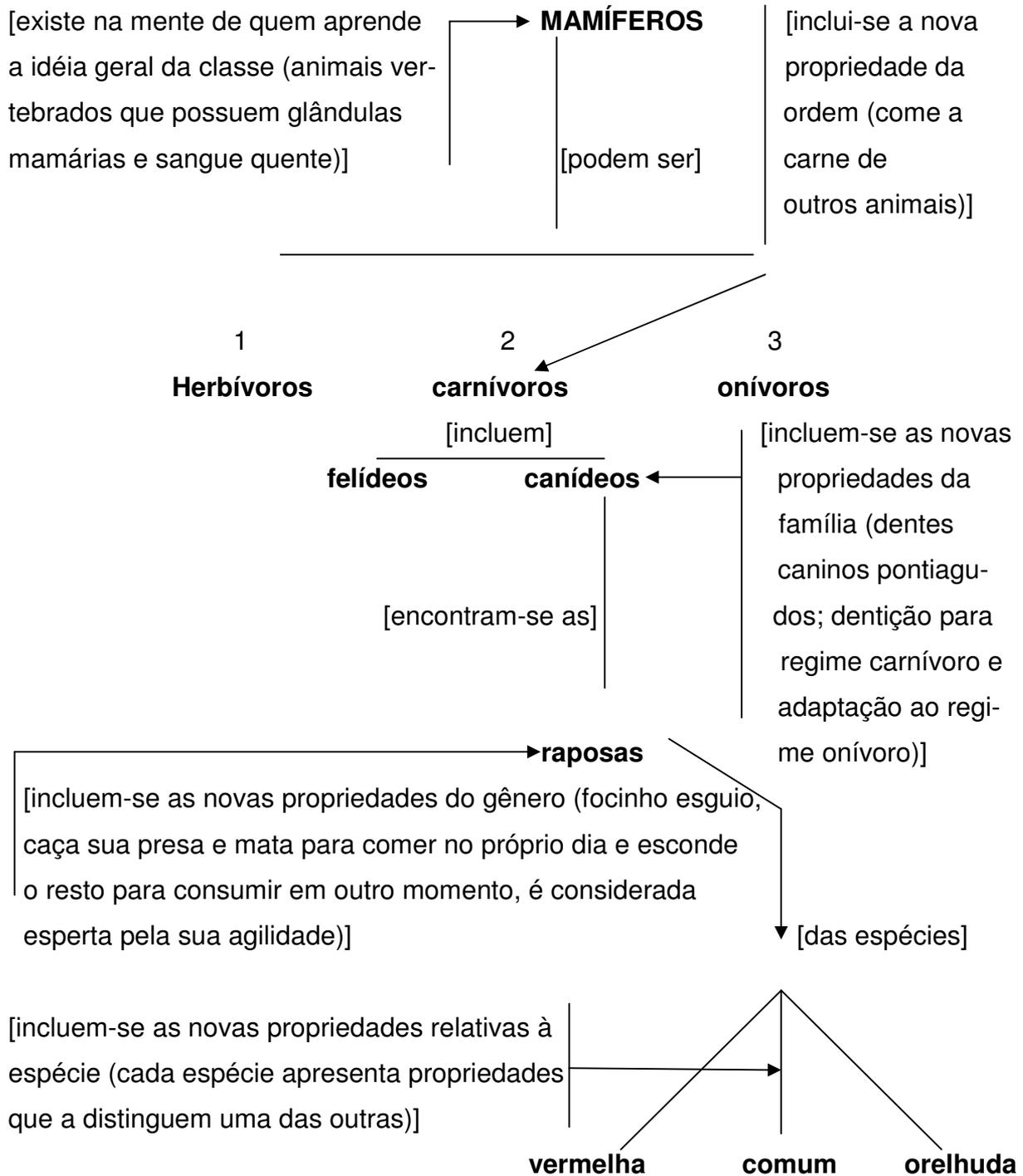
A diferenciação progressiva é um tipo de mecanismo de diferenciação de conceitos (Ausubel, 1989) que se fundamenta no princípio da relação de inclusão, estabelecida entre o conceito mais geral (includor), já assimilado por quem aprende, e os conceitos mais específicos, que progressivamente vão sendo incluídos como extensão do conhecimento mais geral (p. 37).

e a reconciliação integradora, que defende que há a evolução e ampliação dos conceitos por níveis de integração, conforme propõe Nuñez (2004):

Na reconciliação integradora, quando dois ou mais conceitos relacionam os seus significados de uma forma significativa, tem lugar a reconciliação integradora. Esse mecanismo dá-se por níveis de integração, reconciliadora, visto que no processo de aprendizagem nem sempre é possível seguir a linearidade (dos conceitos inclusores aos conceitos inclusivos); é preciso estabelecer relações entre os conceitos específicos assimilados pelos alunos e ir integrando novas informações que permitem a ampliação e evolução desses conceitos em níveis de formulação mais geral (p. 39).

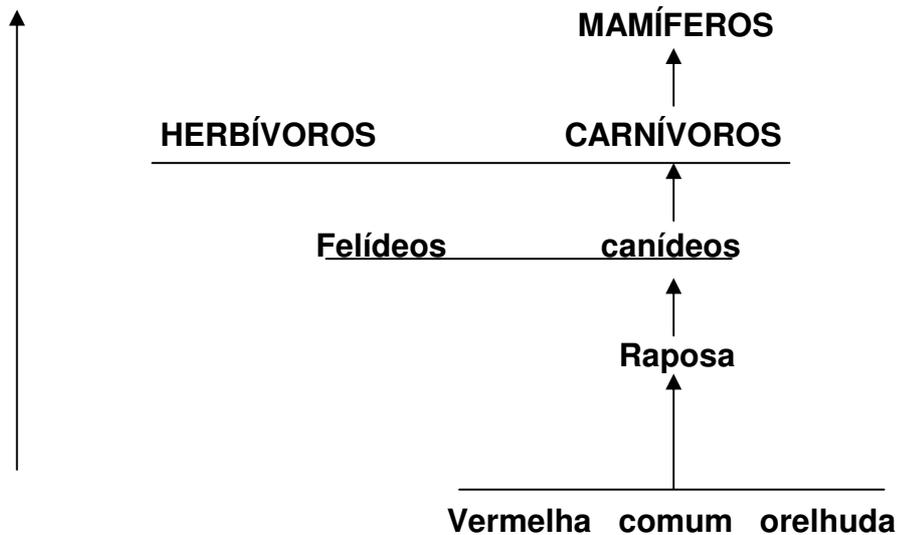
Podemos resumir da seguinte forma: se usamos diferenciação progressiva, as idéias mais gerais são apresentadas primeiro, partindo do macro até o micro. Já usando reconciliação integradora, apresentamos as relações, diferenças e semelhanças entre os conceitos e as proposições ensinadas no caminho inverso.

Nos esquemas seguintes, apresentamos exemplos práticos no ensino de biologia de diferenciação progressiva, conforme relata Nuñez (2004):



Esquema 2 – Relação conceitual como resultado do mecanismo de diferenciação progressiva. (p. 38).

Demonstramos, no esquema seguinte, um exemplo de reconciliação integradora, ainda de acordo com Nuñez (2004):



Esquema 3 – Construção de conceito pelo mecanismo de reconciliação integradora (p. 39).

Nos exemplos anteriores de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, vimos que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação adquirida ancora-se em conceitos relevantes previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse processo, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica que Ausubel chama de conceito subsunçor ou, simplesmente, subsunçor. Tal palavra é uma tentativa de se traduzir o termo inglês "subsumer", porém alguns autores usam também para a expressão o termo "ancoragem". Assim, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica. Como nos diz Moreira (1982):

[...] aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* ou, simplesmente, *subsunçores* (*subsumers*), existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre, quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende (p. 07).

Sem ocorrer a aprendizagem significativa, ou melhor dizendo, quando um novo conhecimento não interage com algo já aprendido pelo aluno, essa teoria descreve que houve aprendizagem mecânica ou "rote learning" sendo uma falha do processo de ensino aprendizagem. Novas informações são aprendidas sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno, o que leva à

decoração de fórmulas ou repetição mecânica de leis e textos. Resulta, então, que o aluno esquece, logo após a imediata utilização ou avaliação, todo o ensinamento que nada significou para ele.

Resgatando a história da Física, buscamos os elementos que especificamente servem de ingredientes para melhorar a abordagem e apresentação de um conceito. Ela funcionou como nosso organizador prévio, e sua validade foi apoiada na Teoria da Aprendizagem de Ausubel. Recorremos então a essa teoria, fundamentando os pressupostos teóricos de nossa pesquisa, como nos afirma Moreira (1982):

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem (p. 12).

Ali são necessários organizadores prévios para a aprendizagem significativa, ocorrendo assim uma interação entre a estrutura cognitiva do aprendiz e o material objeto da aprendizagem como diz ainda o referido autor (1982):

Ausubel [...] recomenda o uso de *organizadores prévios* que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. [...]. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Contrariamente a sumários, que são ordinariamente apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados num nível mais alto. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa (p.11).

Sintetizando a prática da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, referimos que, se objetivamos trabalhar com um determinado assunto, devemos antes identificar o que o aluno já sabe, que pode ser simplesmente o presente no senso comum da sociedade que ele está inserido. A partir daí, baseados no que o aluno já conhece, efetivamos a transposição didática com o uso dos organizadores prévios, recorrendo à história da Física e buscando alcançar uma aprendizagem de forma significativa.

2.2- O Senso Comum Sobre o *Tempo* e o Papel do Relógio

O senso comum é uma forma de conhecimento presente superficialmente na sociedade. Trata-se mais de opiniões informais pouco profundas e espontâneas sem a devida reflexão, identificadas como o conjunto de opiniões e modos de sentir que, por serem impostas por tradição aos indivíduos de uma determinada época, local ou grupo social, são geralmente aceitos de modo acrítico como verdades e comportamento próprios da natureza humana (FERREIRA, 1999).

Como representação do senso comum, temos exemplos de muitas frases feitas: “o tempo cura todas as feridas” ou ainda “o tempo é o senhor da razão”. Tais frases são corriqueiras, podendo ou não expressarem um sentido verdadeiro. Nesta perspectiva, afirma Cotrim (1987):

Freqüentemente estas concepções estão impregnadas de noções falsas, parciais ou preconceituosas. Entretanto o senso comum não é formado apenas por concepções falsas ou incorretas mas, também, por concepções verdadeiras. O que caracteriza, portanto é o fato de serem produzidas por conhecimentos soltos, superficiais, que não nasceram de reflexões profundas e abertas (p. 15).

Assim o senso comum pode existir sem a devida reflexão crítica, como afirma Ferreira (1999):

Senso comum: conjunto de opiniões e modos de sentir que, por serem impostos pela tradição aos indivíduos de uma determinada época, local ou grupo social são geralmente aceitos de modo acrítico como verdades e comportamentos próprios da natureza humana (p. 1838).

Nossa idéia predominante de *tempo* no senso comum pode ser relacionada à de uma fita métrica infinita, o que explica nossa concepção sobre ele como um fluir contínuo. Podemos dizer ainda que qualquer uma fração de *tempo* também é *tempo*, sucedendo-se uma à outra infinita e uniformemente, tanto para a frente quanto para trás. Comprovamos isso ao longo do nosso dia, dos nossos anos e ao longo de toda a nossa existência, conforme afirma Hawking (2002):

...pressupõe implicitamente que o tempo flui de maneira uniforme em toda parte, para sempre. Isso era indiscutivelmente verdadeiro na física Newtoniana. Acreditava-se que o tempo fosse absoluto, indicando que cada evento na história do universo era rotulado por um número chamado tempo, e que uma série de rótulos de tempo fluía uniformemente do passado infinito ao futuro infinito. Isto é o que pode ser chamado de visão do tempo

no senso comum, e é a visão do tempo que a maioria das pessoas, e até a maioria dos físicos tem inconscientemente (p. 108).

O *tempo* ou sua correlação com os movimentos astronômicos é o objeto de pesquisa mais antigo e continuamente estudado da humanidade. Assim se expressa Gribbin (1979):

O estudo do tempo constituiu a primeira ciência e a primeira religião organizada da humanidade, a sociedade que temos hoje desenvolveu-se, com alguns retrocessos, mas jamais uma interrupção total, a partir da sociedade dos homens do campo do período neolítico (idade da pedra polida), que floresceu nos milênios seguintes ao recuo da grande Era Glaciária. Para fins práticos, pode-se fixar o final do grande degelo em 10 mil anos atrás. E não é por coincidência que, com a melhoria do clima e condições suaves o bastante para o desenvolvimento da agricultura, começaram a ocorrer as primeiras atividades de algo identificável como civilização (p. 01).

Explicando ainda nosso pensamento sobre o *tempo* no senso comum vimos que ele é percebido como um fluir uniforme e infinito em ambas as direções, um “*continuum*”. O senso comum do *tempo* pode mudar conforme a amostra representativa de uma sociedade objeto de estudo, e em função da cultura, como nos afirma Flaherty (1993):

Os ritmos internos e a percepção psicológica não são os únicos fatores que moldam nosso sentido de tempo; ele também é afetado por referências sociais. Influências culturais tais como mitologia, crenças religiosas, filosofia e princípios científicos contribuem para determinar a visão de tempo de cada pessoa. Culturas e sociedades distintas tem maneiras distintas de pensar sobre o tempo. Em algumas sociedades considera-se que o tempo flui por um caminho linear, com um evento seguindo o outro, estendendo-se infinitamente para o futuro. O ritmo da vida é com frequência agitado; cada dia tem seus compromissos marcados, é cheio de metas a serem cumpridas em um tempo determinado. O tempo é equiparado com o dinheiro e os momentos de ócio são recursos desperdiçados. Outras sociedades tendem a refletir sobre o passado e a tradição quando consideram o que está por vir, em vez de se atirarem de cabeça no futuro e no progresso. São mais tranquilas no tocante ao tempo que se leva para realizar uma tarefa (p 79).

Diariamente somos influenciados pelo senso comum da sociedade em que estamos inseridos. Muitas vezes a noção de *tempo* pode se resumir a apenas um número revelado pelo relógio. É comum, se falamos de *tempo*, dirigirmos nossos olhares para o relógio. Reforçando esse pensamento, em nossas modernas sociedades desabitua-mo-nos a observar os grandes ciclos da natureza e a relacioná-los com o mesmo. Antigamente esses ciclos eram observados e equiparados à passagem do *tempo*, é o que afirma Chiquetto (1996):

Em nossa moderna sociedade industrial, o tempo tem pouca relação com os grandes ciclos da natureza, sendo mais uma convenção ligada ao funcionamento das máquinas que chamamos de relógios (p. 10).

Há uma importância ao resgatarmos o papel do relógio quando pensamos em *tempo*, devido a um contexto e a uma significação relevante na qual ele está inserido. Sabemos que a Terra está girando continuamente e consideramos que também de forma constante. Foi essa característica que viabilizou o relógio representar uma máquina para trabalhar em sincronia com o movimento da Terra, medindo, ou melhor acompanhando o *tempo*. Cada hora do relógio, na verdade melhor explicando pela rotação de nossa Terra, identifica que houve o deslocamento de um ponto sobre o equador terrestre, cujo arco nessa circunferência corresponde a um raio de 15 graus. O relógio, na melhor das hipóteses, mede deslocamentos. Deslocamentos de um ponto imaginário sobre a Terra, e melhor dizendo, o relógio mais preciso é aquele que coincide seu movimento com o movimento de rotação da Terra. Precisão para os relógios, nesse caso, é justaposição de movimentos.

No relógio, está subentendida a idéia do *tempo* absoluto com seu movimento constante. Esse instrumento também se revelou como um importante organizador social, já que vivemos no Ocidente, numa cultura impregnada pelo pensamento de que *tempo* é dinheiro, conforme dito antes (e geralmente nos submetemos aos dois). Resgatado, dessa forma, o relógio e seu papel no senso comum sobre o tema, podemos traçar um valioso paralelo na apresentação dessa noção, imprimindo um valioso significado ao tema.

O resultado da medição do relógio serve para nos situar facilmente em termos da duração do dia ou dos horários dos compromissos; podemos saber também o quanto falta para acabar um dia ou o quanto dele já se passou, independentemente da observação da evolução na natureza. O relógio, ao revelar em seu mostrador a medição do *tempo*, disfarça as suas intenções de que realmente está acompanhando o movimento da Terra, medindo deslocamento.

Ao observarmos o passar das horas em um relógio, estamos constatando em seu mostrador o resultado de um movimento mecânico, que o entendemos como um tradutor para o *tempo*. Nossa atenção neste movimento subentende que nos

descuidamos de atentar para os ciclos e os movimentos da natureza, como faziam nossos antepassados, juntamente com o que representam para o fenômeno da vida.

Como vimos, os próprios relógios desviam nossas atenções sobre o *tempo* e explicitam o movimento em seus mostruários com o girar de seus ponteiros. Concluimos, nesse sentido, que o *tempo* representado pelo relógio, pode induzir nosso pensamento a ligá-lo ao movimento. Isso é um reforço para a idéia de relógios não medirem *tempo*, e sim medirem deslocamento ou movimento.

Seria interessante que aprofundássemos, num futuro trabalho de pesquisa, e abrangêssemos estudos de nossa concepção sobre o relógio no seguinte aspecto: o relógio como medidor do *tempo*, em contraponto, apenas com ele identificado como um mecanismo que acompanha o movimento de rotação da Terra. Ela poderia ser útil para evoluirmos no pensamento sobre o *tempo*, admitindo que se pode pensar em medi-lo. Tais questionamentos sobre relógios e sua relação com o *tempo* proporcionam importante espaço para discussão nas ciências, envolvendo questões de “como” e “quando” surgiram os primeiros relógios e “quais” necessidades foram atendidas com o aparecimento dos mesmos. Essas explicações revelam em seu contexto caminhos multidisciplinares para apresentar a ciência, demonstrando que essa não é uma obra acabada ou um edifício construído, como tradicionalmente é apresentada, mas sim que é complexa e prescinde da pesquisa para promover sua contínua construção e reconstrução.

Conforme acontece com o relógio referido anteriormente, qualquer movimento repetitivo e constante, como o balanço de um parque ou as batidas de nosso coração, por exemplo, podem servir para medição do *tempo*, assim nos afirma Chiquetto (1996):

O princípio de funcionamento do relógio eletrônico é o mesmo do relógio de pêndulo e de balancim: um sistema central executa um movimento periódico cujas oscilações são contadas por um mecanismo, sendo a contagem apresentada num visor (p. 44).

O *tempo* tem sua importância nas ciências ou na sociedade, quer seja o representado pelo relógio ou qualquer outro. A Física explica que qualquer fenômeno (do mais simples ao mais complexo) deve acontecer circunscrito numa

fração de *tempo*. Qualquer existência depende do *tempo* sendo esse essencial para ocorrer um evento. Divergem, no entanto, de tal posição os místicos orientais, que acreditam ser possível poder abstrair-se da corrente temporal. Neste sentido, diz Capra (1975):

Os físicos defendem que cada observador, no mundo real, só pode experimentar os fenômenos numa seqüência temporal, já os místicos defendem que podem experimentar o pleno intervalo do espaço-tempo, onde o tempo deixa inteiramente de fluir (p. 144).

Atualmente como veremos no item 2.3.6 considera-se que o dia solar ou o movimento astronômico não é mais a unidade de medida oficial do *tempo*, mas sim oscilações eletrônicas do átomo de césio, ou melhor, um movimento atômico (ambos sendo movimento). O *tempo* na nossa evolução tecnológica, precisou recorrer a ter suas medições cada vez mais precisa, parecendo que o que lhe falta é precisão de padrões para sua medição. Ao longo da nossa evolução, juntamente com os relógios facilmente reconhecidos, inventamos diversos outros aparatos, evolutivamente buscando precisão, para medir o *tempo*. Numa breve lista, temos: os relógios de Sol (3500 a.C.), as clepsidras (1400a.C.), as ampulhetas (100 d.C.), as velas (900 d.C.), os incensos (1000 d.C.), o mecânico (1400 d.C.), os de pêndulo (1600 d.C.), os de Quartzo (1900 d.C.), os elétricos (1920 d.C.) e os atômicos (1950 d.C.) dentre outros. São artifícios tradutores, recorrendo à natureza, que criamos para representar uma fração ou uma duração de *tempo*.

Concluimos admitindo que a noção de *tempo* no senso comum é um fluir uniforme e infinito, do passado para o futuro, com suas subdivisões de igual valor e nisso a relacionamos com o relógio reforçando a idéia do movimento presente dos ponteiros de seu mostrador.

2.3- Tópicos sobre o *tempo* abordados nos livros didáticos de Física do ensino médio

Antes da apresentação do primeiro tópico, como introdução, abriremos um pequeno espaço para expor aspectos sobre a noção de *tempo*, de como o interpretamos. Ele pode, por exemplo, ser apenas um elemento diferenciador entre dois fenômenos exatamente iguais, como se o mesmo fosse cíclico. Na prática podemos interpretar

da seguinte forma: temos um fenômeno ocorrido em um momento e o mesmo fenômeno identicamente ocorrendo em um outro momento. Para tornar mais claro, exemplificando; um jantar de Natal pode ser um evento que igualmente acontece como o evento anterior, as mesmas pessoas, as mesmas comidas, etc. A única distinção entre eles se reduziria a sua localização temporal ou o ano em que ocorreu (2000 ou 2001...etc), nesse sentido nos afirma Roditi (2005):

Tempo. Fis. Dimensão que permite identificar como distintos dois eventos que, caso contrário, seriam idênticos e que ocorrem num ponto com as mesmas coordenadas espaciais. Na mecânica de Newton o espaço é absoluto e o tempo é idêntico para todos os referenciais inerciais, as coordenadas mudam entre referenciais segundo as transformações de Galileu. Na teoria da relatividade especial as noções de espaço e tempo não são absolutos, dois eventos simultâneos num referencial inercial A não necessariamente o serão quando observados por um outro referencial inercial B que se move com velocidade constante em relação a A. As transformações de Lorentz contemplam a modificação da coordenada tempo entre referenciais inerciais. No SI o tempo é medido em segundos. Na análise dimensional é uma grandeza fundamental denotada t (simb. t ou T , segundo o contexto) (p. 219).

Além dessa impressão de ser cíclico é possível também, por exemplo, concebermos o *tempo* como a duração que separa dois eventos ou como a inescapável permuta entre passado, presente e futuro. Enquanto estivermos imersos no *tempo*, parecer-nos impossível compreendê-lo, nesse sentido afirma Durozoi (1993):

Quer seja apreendido como um período que transcorre entre dois acontecimentos, ou como uma mudança contínua e irreversível segundo uma dimensão linear em virtude da qual o presente se torna passado e o futuro presente, o tempo permanece paradoxalmente inapreensível enquanto nele estamos imersos sem jamais podermos dele nos abstrair (p. 462).

Os tópicos listados abaixo, já presentes na introdução, são nossas opções para uma primeira abordagem do tema *tempo*. Elegemos e realizamos seu desenvolvimento, por acreditarmos serem temas que permitem uma maior contextualização e significado quando da sua apresentação.

Tópicos sobre o tema *tempo*

- 1-O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM).
- 2- O Sistema Internacional de Unidades (SI),
- 3- Idéia de *tempo* ligado ao movimento dos corpos celestes.

- 4- Matematizar o *tempo*. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos.
- 5- A irregularidade na duração da rotação da Terra.
- 6- Uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio de céσιο.
- 7.1- O *tempo* absoluto.
- 7.2- A noção de *tempo* na relatividade. O *tempo* variável.
- 7.3- A noção de *tempo* subjetivo. O *tempo* dependendo do observador.

Os mencionados tópicos se apresentam como uma possível contribuição ao livro didático, podendo ser utilizada por professores com vistas a ser uma alternativa para a abordagem do tema. Pretendemos, nestes tópicos, entrelaçar à história da Física, o social e o científico, entre outros aspectos que acreditamos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem. Para cada tipo de *tempo* trabalhado, elegemos físicos e filósofos que contribuíram para a construção do pensamento científico e os apresentaremos juntamente com sua biografia num breve texto.

Todos os tópicos foram desenvolvidos e receberam um título. Mais adiante (capítulo 4), resgatamos, sempre que possível, exemplos de textos sobre cada tópico acima presente no livro didático, com o intuito de situar como é estudado juntamente com uma breve análise dos mesmos. Igualmente apresentamos os anexos I, II e III com exemplos de textos da história da Física em livros didáticos.

2.3.1- O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM)– Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) (tradução livre)

O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) é uma organização internacional criada pelos desdobramentos da Revolução Francesa em 1877, na França, estabelecendo-se em Sèvres, arredores de Paris. Tem como principal finalidade velar pelas medidas das grandezas fundamentais adotadas por vários países, padronizando-as quando das diversas transações, como as comerciais, científicas ou geográficas. O marco inicial do BIPM foi o depósito do quilograma e do metro padrão ocorridos em 22 de junho de 1799, de acordo com www.bipm.fr:

The creation of the decimal Metric System at the time of the French Revolution and the subsequent deposition of two platinum standards representing the metre and the kilogram, on **22 June 1799**, in the Archives de la République in Paris can be seen as the first step in the development of

the present International System of Units (acessado em 05 de maio de 2006).

A criação do sistema métrico decimal no momento da revolução francesa e a subsequente deposição de dois modelos representando o metro e o quilograma padrão, em 22 de junho de 1799, nos arquivos da república em Paris pode ser considerado como o primeiro passo no desenvolvimento do presente sistema internacional de unidades (tradução livre).

Dessa forma, a criação do BIPM ocorreu em consequência dos desdobramentos da Revolução Francesa em virtude da sociedade civil local exigir, entre outras coisas, um padrão preciso de medidas para suas diversas transações comerciais. A mencionada Revolução teve, em 14 de julho de 1789, seu principal marco temporal, quando franceses invadiram a prisão da Bastilha para tomar armas e lutar contra o governo monárquico absolutista e arbitrário daquela época.

A referida organização reúne dezenas de países, em cujas convenções (as Conferências Gerais de Pesos e Medidas –CGPM, freqüentemente realizadas pelos cientistas) decidem instituir as unidades das grandezas fundamentais para as ciências, dentre elas a unidade de *tempo* ou o segundo. Quando da fundação do BIPM, havia 17 países, inclusive o Brasil, que assinaram o que ficou conhecido como a Convenção do Metro em Paris, ocorrida em 20 de maio de 1875. Atualmente são 51 países membros e mais 20 países associados. O Brasil, em 1862, portanto 62 anos após sua criação, adotou o novo sistema métrico francês do BIPM, segundo afirma www.inmetro.gov.br:

Mas apenas em 26 de junho de 1862, Dom Pedro II promulgava a Lei Imperial nº 1157 e com ela oficializava, em todo o território nacional, o sistema métrico decimal francês. O Brasil foi uma das primeiras nações a adotar o novo sistema, que seria utilizado em todo o mundo (acessado em 15 de maio de 2006).

Esse novo sistema métrico é conhecido atualmente como S.I. –Sistema Internacional de Unidades, tópico que será apresentado adiante.

Em 1881, o BIPM criou o sistema CGS (centímetro, grama e segundo) e, até 1960, um segundo era definido como a unidade de *tempo* que correspondia à fração de 1/86.400 do dia solar médio, portanto o *tempo* medido era ligado a movimentos astronômicos.

A definição de medida das unidades muda conforme se desenvolve a tecnologia. Na décima terceira reunião da CGPM em 1967/68, o BIPM evoluiu e adotou uma unidade mais precisa para medição do *tempo*, baseado-se na radiação do átomo de césio, conforme explica www.bipm.fr:

The SI unit of time is the second defined as follows: the second is the duration of 9.192.631.770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom (Acessado em 05 de maio de 2006).

A unidade no SI de tempo é o segundo definido a seguir: “o segundo é a duração de 9.192.631.770 períodos de radiação correspondente a transição entre dois níveis hiperfinos do átomo de césio 133 (tradução livre).

No Brasil, o Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- é o órgão responsável por executar as políticas nacionais de metrologia em acordo com as resoluções do BIPM. Dessa forma, acreditamos que contextualizar a apresentação da criação do segundo, unidade de *tempo*, com o apoio do BIPM possibilita dar mais significação ao tema.

Acreditamos que seja relevante o resgate do contexto histórico na explicação de como partindo-se da unidade de *tempo*, o segundo visto no livro didático, chega-se até o BIPM. Assim podemos revelar a ciência como uma construção humana sendo feita por cientistas (inclusive ser feita por nós) tendo a mesma sido organizada, se estabelecido e evoluído, sujeita a rupturas e ainda difundida através de países e pelo mundo. Essa contextualização nos mostra ainda que, na ciência, como ocorreu com o segundo, há o surgimento e substituição de vários paradigmas, revelando-se dinâmica e evolutiva.

2.3.2- O Sistema Internacional de Unidades (SI)

O Sistema Internacional de Unidades -SI possui grande importância, pois situa a unidade de medida de *tempo* no quadro geral e atual das 7 unidades fundamentais, denominação dada a partir de 1960, como assinala www.bipm.fr:

La 11^e Conférence générale des poids et mesures (1960) adopta le nom *Système international d'unités* (avec l'abréviation internationale SI) pour le système pratique d'unités de mesure (acessado em 05 de maio de 2006).

A décima primeira conferência geral de pesos e medidas (1960) adota o nome *sistema internacional de unidades* (com a abreviação de SI) para o sistema prático de unidades e medidas (Tradução livre).

Estas são as sete atuais unidades de base de medidas, conforme afirma Bonjorno (1999):

Grandeza	Unidade	Símbolo	
Comprimento	metro	m	
Massa	quilograma	kg	
Tempo	segundo	s	
Intensidade de Corrente Elétrica	ampère	A	
Temperatura Termodinâmica	kelvin	K	
Quantidade de Matéria	mol	mol	
Intensidade Luminosa	candela	cd	(p. 18).

No SI, o segundo, cujo símbolo é um “s” minúsculo, é definido como a unidade de medida do *tempo* sendo relacionado pela sua antiga medida com a duração de uma rotação da Terra. Neste sentido, afirma Ferreira (1999): “Rotação da Terra: movimento executado pela Terra, em torno da linha dos pólos de oeste para leste em 23 horas, 56 minutos e 4 segundos” (p. 1784).

Inicialmente até 1799, o SI possuía apenas o metro e o quilograma como unidades. Após isso, foi adotado o segundo, como unidade de *tempo*, na primeira CGPM em 1889. Depois com sua evolução, integrou-se ao S.I. o ampère, o kelvin e o candela, quando da décima CGPM em 1954. O mol foi introduzido na décima quarta CGPM em 1971, totalizando as sete unidades básicas atuais. O SI conta ainda com dezenas de outras unidades derivadas das unidades de base, como aceleração ($a =$ metros por segundo ao quadrado) e volume ($V =$ metros cúbicos) e pode no futuro vir a ser acrescido de novas unidades.

No texto anterior, pudemos resgatar a história da Física promovendo a contextualização e significação para esse tópico, visto as unidades servirem para medição de diversos fenômenos nas ciências e também serem úteis nas mais diversas atividades diárias, como por exemplo no nosso caso do *tempo*, estipular a duração das aulas na escola. Na apresentação do quadro de unidades de medidas do SI, podemos estender a contextualização do assunto com exemplos para as outras unidades de medidas, como a unidade de corrente elétrica presente em qualquer equipamento elétrico em sala de aula, abordando diretamente o universo do aluno. Nesse sentido saímos da unidade fundamental, o segundo e partimos para exemplos utilitários. Tudo tem a ver com o universo do aluno e significa algo para o mesmo.

2.3.3 - A idéia de *tempo* ligado ao movimento dos corpos celestes

Nossos antepassados sentiram a necessidade de relacionar o *tempo* com algo de sentido utilitário ou prático. Então o movimento de rotação da Terra, a revolução sobre seu próprio eixo, foi o primeiro exemplo prático na natureza que se prestou a representar a idéia da passagem do *tempo* e é o medido/interpretado pelo relógio. Esse *tempo* é designado relativo, relaciona-se com algo externo, aparente e comum, é uma medida sensível e externa de uma duração por meio de um movimento, a qual é comumente usada como tempo verdadeiro, Mora (2001). O homem da Antigüidade já observava tal revolução, no caso da esfera celeste e chegava as suas conclusões sobre o *tempo*, como afirma Abbagnano (2000):

A primeira concepção de tempo mais antiga e difundida considera-o como ordem mensurável do movimento. Os pitagóricos, ao definirem o tempo como “a esfera que abrange tudo” (a esfera celeste), relacionaram-no com o céu, que com o seu movimento ordenado permite medi-lo perfeitamente (p. 945).

A noção do *tempo* relacionado com um movimento, cujas raízes verificamos ser antigas, tem relação com a ordem dos movimentos astronômicos, ao conceito cíclico do mundo e da vida do homem (MORA, 2001). O ser humano sempre realizou observações astronômicas buscando nelas as mais variadas respostas; ele assim relacionou o movimento dos astros com o passar do *tempo*, que foi interpretado como a sucessão dos ciclos presentes em seu mundo real: plantações, colheitas, chuvas, enchentes. Isso também foi identificado como o ciclo de sua própria vida, com o nascimento, o crescimento e a morte. Tudo isso tem ligação com o movimento e remete à concepção de Aristóteles vista adiante, sendo interpretado como passagem do *tempo*.

Os egípcios defendiam um *tempo* com subdivisões; dias, horas, etc. Alguns cientistas tinham outra interpretação para o *tempo*, como Henri Bergson (1859-1941). Esse filósofo francês do século XX em seu pensamento concebia que o fluxo do *tempo* não possuía tais subdivisões. Seria um *continuum*, conforme nos afirma Magee (2001):

A realidade é um *continuum*. No tempo real não existem instantes. O tempo real é um fluxo contínuo, sem unidades separáveis, não delimitado por

extensões mensuráveis. O mesmo com o espaço: no espaço real não há pontos, nem lugares separados e específicos. Tudo isso são mecanismos da mente (p. 215).

Observamos, dessa forma, que, quando recorrermos aos fenômenos astronômicos para explicar a noção de *tempo*, buscamos nele sua base utilitária interpretando-o como tal. Esse fato possui origens antigas que, no momento de sua utilização, prestaram-se a sua finalidade e passamos a usar a mecânica do relógio para medir o *tempo*. Hoje utilizamos a eletrônica de elementos químicos. Como vemos, a ciência se desenvolveu ao longo dos tempos utilizando vários outros artifícios para buscar o entendimento e a medição dessa noção. Ao recorrermos aos movimentos astronômicos, damos ao *tempo* uma relação com algo concreto, que está no cotidiano das pessoas, diferentemente das vibrações atômicas que veremos adiante.

2.3.4- Matematizar o *tempo*. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos

A Matemática é uma importante ferramenta utilizada na Física, porém devemos estar atentos ao abordar um assunto em realçar sempre a essência física que ele encerra, senão a abstração das contas pode nos levar ao distanciamento do fenômeno estudado. Nesse sentido afirma Piettre: (1997) “ A medida matemática e pontual do tempo suprime o tempo e seu escoamento que se presume medir, restabelecendo o espaço” (p. 46)

É freqüente os livros didáticos apresentarem contas matemáticas para realizar a transposição didática da noção de *tempo*, com seus diversos múltiplos e submúltiplos. Assim, nessa apresentação, reduz-se o *tempo* a uma conta, e seu conteúdo é diminuído, em que apenas transformamos suas medidas com vistas a obter os resultados. Neste sentido, recorreremos novamente a Piettre (1997): “O tempo matematizado não é mais tempo” (p.47). O *tempo* matemático tem sua relação com o do relógio através das contas e, por sua vez, com o movimento de rotação da Terra.

Dessa forma, ao abordamos tal concepção, recorreremos a princípios de Desenho, Geografia e Astronomia. No conjunto, devemos recorrer a tudo isso para dar mais significado para o aluno, e não apenas apresentá-lo algebricamente.

O período de 24 horas pode ser facilmente explicado em termos astronômicos, pois sabemos que é a Terra que gira, pois o movimento do Sol é aparente. O que presenciamos diariamente, no entanto, diz-nos o contrário. Se observamos o movimento do Sol ao cruzar o céu no mesmo local por duas vezes, então decorre a passagem de um dia. Daí temos o Sol como medida de tempo (ARAGÃO, 2004).

A referida apresentação matemática considera o *tempo* e suas unidades com a mesma duração, dissociando-o da explicação astronômica do que o relógio realmente está medindo, conforme explicado antes. Assim desperdiça a oportunidade de uma identificação matemática do *tempo* com a natureza de sua medida.

Ver o *tempo* dessa forma exige do aluno elevado grau de abstração, já que é uma noção de algo abstrato, que por sua vez é apresentado com a utilização da Matemática, também abstrata, partindo de definições acordadas por cientistas, que devem ser seguida por várias nações.

Essa perspectiva das unidades de duração do *tempo* dando ênfase à parte matemática, pode ainda inibir no aluno o componente da imaginação relevante em todo processo de ensino-aprendizagem. Isso pode proporcionar uma aprendizagem automatizada ou mecanizada, observada freqüentemente quando da resolução dos problemas matemáticos. Tal mecânica é uma prática no ensino médio da Matemática e até da Física. Como vemos, é uma operação automatizada que se limita ao ensino de uma receita: diante de um problema, recorre-se a uma fórmula, substituem-se os valores e obtém-se o resultado correto. Transformar a apresentação da unidade de tempo em contas matemáticas é, na prática, não dar espaço para, ao menos revelarem-se aspectos astronômicos da geografia terrestre ou de sua relação com o relógio, como também descartar possíveis contextualizações e significação devidos ao tema. O *tempo* matemático apresentado no livro didático reduz-se a um número, simplesmente um número,

conforme defendia Aristóteles e qualquer relógio nos apresenta, sempre, porém, de maneira fugidia.

2.3.5 -A irregularidade na duração da rotação da Terra

Quando apresentamos o *tempo* enfocando a Matemática, como no item anterior, observamos que não é levada em consideração uma irregularidade na duração da rotação da Terra, levando-nos à conclusão de que todas as horas ou intervalos de *tempo* têm a mesma duração. Se o *tempo* foi medido por esse artifício, deveríamos considerar horas com durações diferentes com o intuito de respeitarmos a sincronia dessa irregularidade. Conforme registrado no quadro I LIVRO x TÓPICO (ver 3.1.4), na metodologia, o tema da irregularidade da rotação da Terra não é muito freqüente. Também notamos, na pesquisa bibliográfica do livro didático, que não há um aprofundamento nesse tópico. Na prática, a variação existe, mas é imperceptível.

O motivo disso reside nos movimentos das marés e dos oceanos em contato com os continentes, tanto sendo atraídos pela Lua quanto pelo Sol, sendo o atrito a causa do atraso. Esse atrito causa uma irregularidade na duração da rotação da Terra, conforme encontrado em www.cdcc.usp.br:

Existe ainda um fato curioso: devido ao choque das marés com os continentes freia-se lentamente a rotação da Terra. Mas a quantidade de momento angular perdida pela diminuição da velocidade de rotação não pode desaparecer (conservação do momento angular) e portanto deverá ser transferida. Essa transferência dá-se para o nosso satélite natural, e por isso a Lua não descreve uma órbita elíptica mas, sim em espiral devido ao aumento do momento angular da mesma em relação ao nosso planeta. Com isso, o afastamento anual produzido por esse retardamento da rotação da Terra é cerca de 3 centímetros por ano. Desse modo, o dia terrestre aumenta de 1 milésimo de segundo a cada 50 anos e o resultado final fará com que a Terra mostre sempre a mesma face para a Lua. Nessa ocasião o dia terrestre deverá durar cerca de 36 horas. (Acessado em 05 de junho de 2006).

Dessa forma, existe um atraso na duração da rotação da Terra, que deverá ser compensado com a devida diminuição de *tempo* que os relógios marcam. O mencionado ajuste é feito regular e internacionalmente, sendo chamado de segundo bissexto, nada tendo a ver com o ano bissexto, apenas possuindo o mesmo nome, conforme explicada por www.wikipedia.org:

Tradicionalmente, define-se um segundo como 1/86400 de um dia solar médio. Este é determinado pela rotação do globo terrestre sobre seu eixo e sua órbita redor do Sol, uma vez que o tempo era mensurado de acordo com observações astronômicas. A razão por utilizarmos os segundos bissextos é que atualmente o tempo é mensurado com relógios atômicos estáveis, mas a rotação da Terra tem diminuído de velocidade. Gradualmente, o dia solar se torna mais longo à razão de 1,7 milissegundo a cada século, principalmente devido à aceleração das marés da Lua (acessado em 05 de junho de 2006).

Em virtude dessa explicação, notamos que realmente há uma variação, porém muito pequena, contudo não teremos de fato a duração de todas as horas iguais, como convencionamos com as contas matemáticas exatas que dividem o nosso dia. Observamos que, no livro didático, ao abordar esse tópico, apenas alguns poucos dizem existir uma irregularidade na rotação, não dando destaque ao fato. Notamos, nessa explanação sobre o *tempo*, que, ao recorrer à rotação da Terra para entendê-lo existe uma intenção de dar realidade ou imprimir uma existência a algo que a *priori* é imaterial, estando apenas no nosso intelecto.

O aprofundamento astronômico sobre o movimento de nosso astro, a Terra, poderia servir como ancoragem para explicação do movimento das marés terrestres e sua relação com os movimentos do Sol e da Lua, mostrando a complexidade do funcionamento de nosso Universo e evidenciando uma relação entre coisas aparentemente separadas.

2.3.6 - Uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio atômico de césio

O nosso próximo tópico relaciona a medição do *tempo* com o relógio atômico de césio. Essa medição é geralmente apresentada como um grande feito tecnológico o que poderia induzir a pensar em termos de um domínio sobre o *tempo*, sobre a precisão da sua medida ou sobre a sua natureza, como uma pseudo superioridade.

É freqüente esta apresentação da noção de *tempo* no livro didático (ver 3.2.4.1). Nele o relógio de césio é apresentado explicitando-se a precisão. Afinal são bilhões e bilhões de oscilações em uma duração de *tempo* equivalente a um segundo. A medição do segundo atômico em substituição da medição astronômica ocorreu em 1967. Tais relógios, construídos primeiramente em 1949 nos Estados Unidos, utilizam um padrão de freqüência ressonante como contador. Nesse fato

percebemos que, como observadores, nos afastamos novamente dos artifícios de medição do *tempo*. Se antes tínhamos o movimento celeste, agora é impossível ver ou contar os movimentos atômicos. Ficamos mais distantes de nosso objeto de estudo.

O relógio atômico atualmente adotado é bastante preciso, porém ainda atrasa um pouco, sendo imperceptível ao ser humano percebê-lo, conforme é encontrado em www.encyclopedia.tiosam.com:

Desde 1967, a definição internacional do tempo baseia-se num relógio atômico, assim como os relógios, satélites e aparelhos de última geração. Ele é considerado o mais preciso já construído pelo homem e mesmo assim atrasa: 1 segundo a cada 3 mil anos (Acessado em 07 de junho de 2006).

Se os bilhões de oscilações do césio já não são fáceis de conceber por exigir um elevado grau de abstração, um novo relógio atômico de maior precisão fica mais distante ainda em virtude de serem muito mais que bilhões de oscilações. Fruto de desenvolvimento tecnológico na medição do *tempo*, novos relógios atômicos vêm sendo desenvolvido sucessivamente com uma precisão muito maior que o pioneiro de césio. Chegam a oscilações eletrônicas impossíveis de concebermos devido às quantidades astronômicas envolvidas. Nesse caso, fica claro ser humanamente impossível a concepção desse número pelo aluno ou por qualquer ser que almeje entendê-lo plenamente. Relógios atômicos novos de hidrogênio, rubídio e o relógio denominado NIST-F1 feito em 1999, por exemplo, são cada vez mais precisos chegando-se a máquinas que têm precisão muito maior que o de césio, conforme texto de www.pcdsh01.on.br:

1999 - NIST - F1 entra em operação, com uma incerteza de 1,7 partes em 10^{-15} , que corresponde a um erro de um segundo em cerca de 20 bilhões de anos, tornando-o o melhor relógio do mundo, juntamente com um relógio similar construído em PARIS. Este novo padrão utiliza uma nova técnica chamada Relógio por Fonte de Césio (acessado em 07 de junho de 2006).

Com relação a toda essa precisão, percebemos que antes poderíamos pretender entender um pouco mais sobre a noção do *tempo*, visto a explicação astronômica ser mais acessível, significativa e contextualizada. Atualmente se dependermos de entender o *tempo* através de sua medição e precisão pelos relógios atômicos, teremos que nos esforçar bem mais. Trabalharemos com oscilações eletrônicas de elementos químicos e, nessa abstração, tendendo para os números, pode nos

suscitar uma pergunta em meio a toda a tentativa de explicação: o que era mesmo que estávamos pretendendo medir/entender?

A abundância de números e a precisão apresentada nos livros didáticos pode fazer com que nos percamos na busca pelo objetivo e assim nunca o encontrarmos, Nossa meta, que seria simplesmente entender a noção do *tempo*, é uma tarefa que carece cada vez mais de convergência, tentando nos aproximar do objeto de estudo, no lugar de trabalharmos na imensidão dos números.

2.3.7 – As principais teorias sobre a natureza do *tempo*

Até o momento comentamos um pouco do que o livro didático oferece conjuntamente com a ciência para compreensão da noção do *tempo*. Em determinados momentos, ali fica explicitada a praticidade de suas medidas através dos movimentos astronômicos e, em outros, resgata o papel do BIPM com a sua importância em instituir tais medidas. Cada livro didático distintamente recorre a alguns desses tópicos para apresentação do tema *tempo* e todos eles (ver 3.2.3.2) se limitam a recorrer apenas aos tópicos incluídos em 2.3.1 a 2.3.6.

O *tempo* e o espaço historicamente sempre foram, no entanto, alvo de estudos mais profundos, não só na Física como também na Filosofia. As principais teorias sobre a natureza do espaço e do *tempo* são: a Objetivista de Newton, a Subjetivista de Kant, a Relativista de Leibniz, a da Relatividade de Einstein e, finalmente, a Escolástica (SANTOS, 1967). Essas trazem, para o *tempo*, implicações distintas interpretando-o de maneiras diferentes.

Dessa forma, a presente pesquisa desenvolveu três das teorias, aqui citadas, com o intuito de ser uma proposta para uma primeira apresentação do tema no livro didático, a saber: a teoria de *tempo* absoluto, a teoria da relatividade e a teoria de *tempo* subjetivo. Acreditamos realmente que isso contribui para o entendimento do objeto de estudo em foco.

2.3.7.1- O *tempo* absoluto e Issac Newton

A teoria objetivista, também conhecida como de *tempo* absoluto, tem Newton como seu principal representante. Nessa teoria absolutista ou objetivista, o *tempo* é completamente independente de todos os seres e fenômenos. Passa livremente, absoluto. É como se não dependesse de nada ou de ninguém, nada o afeta. Neste sentido nos afirma Abbagnano (2000):

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, na realidade e por natureza, sem relação com nada de externo, flui uniformemente (*aequaliter*) e também se chama duração. (p. 945).

Ainda sobre o *tempo* absoluto defendido por Newton em seu principal livro *Principia*: ele existiria como algo externo a tudo e flui passando em blocos iguais e constantes, tendo sua existência infinita e eterna. Newton diz que *tempo* e espaço absolutos “contêm” tudo que existe na realidade. Dentro desta concepção, o referido físico admitia um futuro e passado infinitos, conforme nos afirma Ray (1993):

Os *Principia* de Newton, publicados em 1687, apresentam uma análise poderosa e persuasiva do tema espaço, tempo e movimento. Segundo a visão de Newton, o espaço é essencialmente um “recipiente” absoluto, independente, infinito, tridimensional, eternamente fixo e uniforme, dentro do qual Deus “depositou” o universo material no momento da criação. O tempo é uma estrutura absoluta, independente, infinita, unidimensional, fixa e uniforme (p. 135).

Segundo a teoria de *tempo* absoluto, qualquer movimento no espaço e com uma duração qualquer era relativo. Neste sentido, afirma Gribbin, (1994):

Tempo absoluto: Isaac Newton (1642-1727) percebeu que o movimento é relativo – uma pessoa pode andar 7 Km. por hora relativamente ao solo, assim como a Terra se move no espaço relativamente ao Sol – mas acreditava na existência de um “espaço absoluto” e de um “tempo absoluto” que serviriam de referenciais definitivos para se medir todas as posições e movimentos (p.06).

Essa teoria também é defendida por Clark (1675 – 1729), amigo e discípulo de Newton. Ambos preconizam claramente a separação das características do *tempo* de todos os outros objetos, sendo esse presentemente comparado aos atributos divinos, dentre eles o de ser eterno. Assim nos diz Santos (1967):

Teoria objetivista - Para Clark e Newton, o espaço e o tempo são realidades absolutas, independentes dos objetos, infinitas e necessárias. São atributos divinos, pois o “espaço seria a imensidade de Deus, contendo todas as coisas, e o tempo sua eternidade” (p. 260).

Nem todos concordavam com Newton. Leibniz (1646 –1716), contemporâneo e apenas dois anos mais novo que ele, não se alinhava a tal pensamento. Acreditava não terem o *tempo* e o espaço uma realidade substancial física ou metafísica. Seriam relativos, teriam vindo em seguida ao fenômeno da criação, segundo afirma Piètre (1997):

Os conceitos de espaço e de tempo assumem, pois, para Leibniz, um valor lógico, mas nenhum valor ontológico. Deus, ao criar o mundo, não criou um espaço e um tempo que servissem de palco para os acontecimentos posteriores. Não, estes acontecimentos se desenvolvem da melhor maneira possível; sua coexistência espacial e sua sucessão temporal são consecutivas ao ordenamento da criação. Aos conceitos de espaço e de tempo não convém, portanto, atribuir uma realidade física, e muito menos uma realidade metafísica, nem criar “absolutos” ; à maneira de Newton; são “relativos” (p. 87).

A bem da verdade, Leibniz e Newton eram inimigos declarados, porque ambos reivindicavam a autoria do cálculo, sendo Newton quem o fez primeiro, porém sem tê-lo publicado de imediato (HAWKING, 2005). Ainda seguindo o pensamento de Leibniz e sua teoria relativista, não há nesse *tempo* um sentido objetivo ou até mesmo subjetivo, visto depender da percepção que temos dos fenômenos enquanto co-existentes (no espaço) ou sucessivos (no *tempo*), assim nos afirma Santos (1967):

Teoria relativista- para Leibniz, o tempo e o espaço não são *qualidades objetivas do ser*, como afirma Newton, nem *formas subjetivas* do entendimento, como postula Kant, mas *ordens de relações*. O espaço é a ordem dos fenômenos enquanto co-existentes, e o tempo é a ordem dos fenômenos enquanto sucessivos. Estas relações não existem, entretanto, nas próprias *coisas* e sim nas *percepções* que temos das coisas, e como essas percepções são aparentes e ilusórias, as idéias que possuímos de tempo e de espaço não têm valor objetivo (p. 261).

A teoria do *tempo* absoluto, que é o alicerce de toda a teoria da mecânica clássica de Newton, o espaço é o tridimensional da geometria euclidiana sempre imutável e em repouso e mudanças só são verificadas em uma dimensão em separado chamada tempo, relacionando-a como uma quarta dimensão. O *tempo* absoluto poderá ter como figura de representação a projeção infinita da duração de um intervalo de *tempo* adiante ou para trás. Esse independe de tudo e de todos.

Recorremos assim, neste exemplo, à idéia do trilho de trem ou da fita métrica temporal infinita, onde poderemos localizar todos os fenômenos temporais unidimensionalmente. Essa fita métrica pode ser um padrão para medida da duração dos fenômenos e possibilita também localizar num futuro ou passados remotos os acontecimentos.

Num próximo trabalho de pesquisa, poderemos dar continuidade abordando aspectos que visem esclarecer melhor como concebemos o passar do *tempo*, se: é aquela fita que passa ou se, por outra óptica, somos nós enquanto fenômenos que estamos passando por ela. Nesse sentido nos afirma Capra (1975):

A maioria das pessoas acredita que o tempo passa; na verdade, o tempo permanece onde está. Esta idéia de passagem pode ser chamada tempo; trata-se, não obstante, de uma idéia incorreta, uma vez que na medida em que o encaremos somente como passagem, não podemos perceber que ele permanece onde está (p. 144).

A perspectiva de o *tempo* ser relacionado com a imagem do trilho de trem ou a fita métrica pode induzir nosso pensamento a fazê-lo como semelhante ao comprimento. Não raramente nos são familiares afirmativas deste tipo: Recife fica perto de João Pessoa Está apenas a uma hora de carro. Aqui, automaticamente, notamos a substituição da distância pela duração às vezes sem perceber. Em tal aproximação do *tempo* com o espaço, podemos aceitar a idéia da relatividade e entendê-lo como incorporado no próprio espaço como sendo mais uma dimensão, assunto que será abordado na Teoria da Relatividade em 2.3.7.2, em que o *tempo* pode ter sua duração variável.

Não apenas Leibniz discordava dessa teoria. Einstein, que nasceu mais de duzentos anos depois, também apresentava uma teoria discordante das duas.

Se o *tempo* pode ser comparado com um trilho de trem, uma fita métrica ou medido por um relógio, deve ter tido um começo. Sob tal abordagem o Universo deve ter um *tempo* de vida ou uma idade, conforme nos diz Hawking (2002): “Tempo absoluto: idéia de que pode haver um relógio universal. A Teoria da Relatividade de Einstein mostrou a impossibilidade desse conceito” (p.207).

Tal assunto contextualizado pode envolver a Astronomia, a Filosofia e a religião. Podemos ainda recorrer ao Big-bang (teoria da singularidade, que afirma que o Universo iniciou-se há aproximadamente 15 bilhões de anos) e questionar problematizando: no Big-Bang, o *tempo* teve o seu começo? Segundo a teoria de Einstein, sim.

“A teoria de Einstein implica que o tempo tem um começo, embora a idéia nunca lhe tivesse agradado” (HAWKING, 2002, p.23).

Acreditamos, enfim, que, ao abordarmos essa noção de *tempo* mais amplamente, imprimimos significado ao tema. Podemos apresentar o *tempo* absoluto da teoria de Newton, resgatando teorias divergentes como a do *tempo* relativístico de Leibniz, a teoria de Einstein, com também o fenômeno do Big Bang situado cronologicamente na história da Física.

Representante do *tempo* absoluto

Isaac Newton (1642–1727) nasceu em Woolsthorpe, Inglaterra e morreu em 31 de março de 1727, no mesmo país em Londres. Seu corpo está sepultado na Abadia de Londres. Ele é considerado um dos maiores cientistas de todos os tempos; sua grandiosidade concorre apenas com Albert Einstein (1879-1955) – que será mais adiante apresentado como principal representante do *tempo* na Teoria da Relatividade. Historicamente Newton foi o precursor ao descrever cientificamente o *tempo*, conforme afirma Hawking (2005);

A primeira descrição científica do tempo foi feita em 1689, por Sir Isaac Newton. Newton foi catedrático da Lucasian Chair, de Cambridge, que agora eu ocupo (naquela época ela não era operada por motor elétrico). Na teoria de Newton, o tempo era absoluto e passava incessantemente. Não havia como dar a volta e retornar para um tempo anterior. Mas a situação mudou quando Einstein formulou a teoria da relatividade geral, em 1915 (p. 88).

Observamos que, na afirmação de Hawking, esse cientista relata que ocupa atualmente a mesma cadeira de Newton, só que agora ela possui rodas. Hawking sofre com uma doença chamada de esclerose lateral amiotrófica, conhecida como

doença de Lou Gehrig, que reduziu todos os seus movimentos a praticamente apenas os três dedos da mão direita.

Newton tem uma importante obra nas ciências, em 1687 escreveu os *Principia* nome como seu principal livro ficou conhecido, cujo título original é: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (filosofia natural-princípios matemáticos). Ali explica as três leis do movimento dos corpos e sua teoria da gravidade, que como exemplo é a responsável por nos manter atraídos ao chão. Demonstra ainda que é a lei gravitacional universal que rege o giro dos planetas nas órbitas ao redor do Sol, cujas forças são proporcionais a suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros, valendo para todos os corpos girando em torno de uma grande massa central, como por exemplo, os satélites artificiais. Tal descoberta revolucionou todo um pensamento de uma época, pois até então, nós que vivíamos na Terra não entendíamos a natureza de nosso lar, dos movimentos celestes e do espaço.

Paralelamente ao gênio da Física que era, em Newton, residia uma personalidade difícil, trazendo-lhe constantes intrigas e mesmo inimigos dentro da própria ciência. Seu relacionamento com os seus pares era complicado, conforme o caso que nos relata Hawking (1988):

Isaac Newton não era um homem agradável. Era notório seu difícil relacionamento com outros acadêmicos, tendo sido a maior parte de sua vida permeada por disputas violentas. Depois da publicação de *princípios matemáticos* – seguramente o livro mais influente jamais escrito na Física -, Newton rapidamente conseguiu projeção pública. Foi indicado para a presidência da sociedade real, tornando-se o primeiro cientista a ser agraciado com o título de cavaleiro. Rapidamente Newton entrou em confronto com o astrônomo real, Jonh Flamsteed, que anteriormente o abastecera com dados necessários para os *princípios* mas que agora lhe recusava informações. Newton não aceitava negativas; candidatou-se ao corpo diretor do observatório Real e depois tentou forçar a imediata publicação dos dados. Chegou mesmo a conseguir que o trabalho de Flamsteed fosse tomado e preparado para publicação por seu mortal inimigo Edmond Halley. Mas Flamsteed levou o caso à corte e, no momento oportuno, ganhou a questão através da proibição judicial de distribuição do trabalho roubado. Newton enfureceu-se e deu o troco, retirando sistematicamente quaisquer referências a Flamsteed nas edições posteriores dos *princípios*. (p 175).

Nenhum desses problemas chega a diminuir, no entanto, a grandiosidade de sua obra e de sua participação nas ciências. Com apenas 23 anos, inventou o cálculo,

que usamos até hoje e analisou corretamente as propriedades constituintes da luz. Newton revisou as 3 leis de Kepler que descrevem os movimentos dos planetas, revisão essa, que nos permite explicar e prever as trajetórias de todos os corpos sob ação gravitacional, quer sejam, Primeira lei: O percurso dos planetas são elipses com o Sol em um dos focos. Segunda Lei: A linha que liga o Sol a um planeta varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Terceira lei: o quadrado do período de revolução dos planetas é proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol. Elaborou as leis e um sistema físico que permitiu traçar um quadro do movimento de todo o sistema solar. Observemos, a título histórico, que Galileu, há apenas 54 anos antes do fato, poderia ter sido queimado vivo pela Igreja Católica apenas por defender que a Terra movia-se. Infelizmente fato como esse ocorreu com o teólogo e filósofo Giordano Bruno (1548 – 1600).

Finalizando, resgatamos Newton na história da Física no sentido de podermos revelar um pouco de sua importância e suas obras, imprimindo mais significado e contextualização ao tema.

2.3.7.2 - A noção de *tempo* na Teoria da Relatividade de Einstein

A concepção de *tempo* de Einstein dentro da Teoria da Relatividade se baseia nesse como uma concepção física do movimento, fundindo-o com o espaço. Cada evento seria, nesse caso, designado como um ponto do universo e o *tempo* seria um elemento de distinção entre dois eventos idênticos, conforme afirma Santos (1967):

Teoria einsteiniana: se a teoria relativista de Leibniz se baseia numa concepção *metafísica do conhecimento*, a teoria da relatividade de Einstein se baseia numa concepção *física do conhecimento*. Para Einstein qualquer acontecimento se realiza num *lugar* determinado e se produz num *tempo* determinado. Assim, todo acontecimento viria a constituir um *ponto do universo*. Se dois acontecimentos se produzem num mesmo lugar e a um mesmo tempo, é porque se cruzam as *linhas do universo*, as quais pertencem, individualmente, os dois acontecimentos (p. 261).

No *tempo* dito absoluto, vimos que esse possuía independência de tudo; no relativo, veremos que, para ele existir, depende da sua relação com algum movimento. Na Teoria da Relatividade de Einstein, constataremos que o *tempo* pode ser variável quando da sua duração, dependendo de velocidades muito elevadas, do referencial

adotado e do observador que o estiver medindo. Todos esses detalhes precisam ser bem esclarecidos na presente abordagem, por contrariarem o nosso senso comum.

A Teoria de Einstein fundiu as três dimensões do espaço com uma do *tempo* em um só conjunto, denominado espaço-tempo, em que os fenômenos são registrados em 4 dimensões no Universo. Assim para localizar um evento, precisaríamos das quatro coordenadas, conforme afirma Smart (1991):

Costumamos dizer que o espaço tem três dimensões e que coisas como estrelas, montanhas, bolas de futebol e coelhos também têm três dimensões. Por exemplo, podemos falar de norte e sul, leste e oeste, acima e abaixo. Mas será que tudo isto está certo? Estrelas, montanhas, bolas de futebol e coelhos resistem à passagem do tempo. Então não seria bom dizer que têm quatro dimensões? Analogamente, podemos dizer que num dado instante uma parte do espaço está ocupada por um navio e que a mesma parte do espaço em outro instante está ocupada por uma geleira. Portanto não deveríamos dizer que o espaço em si resiste à passagem do tempo? E com isso não deveríamos dizer então que o espaço em si tem quatro dimensões? Ou melhor não seria melhor falar em espaço-tempo e não em espaço e tempo separadamente? Assim estaremos pensando no espaço que num dado instante está ocupado por um navio e, em outro por uma geleira como se fosse constituído por duas entidades diferentes, fases temporais distintas de um fragmento tetradimensional de espaço-tempo (p. 32).

A relatividade restrita explica e é caracterizada pelo *tempo* passando mais lenta ou retardadamente, como se esticássemos a fita métrica. Nesse sentido temos: “Dilatação do tempo: característica da relatividade restrita que prevê que o fluxo do tempo retardará para um observador em movimento ou em presença de um campo gravitacional forte” (HAWKING, 2002, p. 203).

Nessa óptica, a duração ou simplesmente o *tempo*, que antes era absoluto, agora dependerá do observador que o estiver medindo, sendo função da velocidade e do referencial adotados, conforme afirma Hawking (1988):

Até o começo deste século acreditava-se num tempo absoluto. Ou seja cada evento poderia ser rotulado por um número chamado “tempo”, de uma forma única, e todos os bons relógios concordariam com o intervalo de tempo entre dois eventos. Entretanto, a descoberta de que a velocidade da luz parecia a mesma a todos os observadores, independente do deslocamento de cada um, levou à teoria da relatividade, e nela foi necessário abandonar a idéia de tempo único e absoluto. Em vez disso cada observador teria sua própria medida de tempo, como registrado pelo relógio que conduzisse: relógios de observadores diferentes não precisariam concordar necessariamente. Assim o tempo se tornou um conceito mais pessoal, relativo ao observador que o estivesse medindo (p. 143).

Quando falamos de velocidade na Teoria da Relatividade de Einstein, devemos explicar características importantes sobre a velocidade da luz. Não é simples para o aluno e até para a maioria das pessoas conceber velocidades comparadas à da luz, pois são extremamente elevadas. A luz é uma radiação eletromagnética e possuidora da maior velocidade ou velocidade-limite, possível de ser conseguida na natureza, sendo de 299.792.458 m/s. Essa velocidade-limite é atingida apenas pela luz e no vácuo, segundo o atual estágio de desenvolvimento das ciências Físicas sendo a maior velocidade que um corpo pode atingir, segundo afirma Paraná (1999):

Teoria da Relatividade: Ao recusar antigas noções de espaço, tempo e massa, Einstein levou a um grande aprofundamento o que já se conhecia sobre a estrutura real do mundo.

Um dos conceitos fundamentais da Teoria da Relatividade (formulada em 1905) é de que, na natureza, a máxima velocidade possível é a da luz no vácuo (p. 397).

Em nosso cotidiano, observamos que quanto maior a massa de um corpo, mais difícil é se aumentar a velocidade do mesmo. Desse modo, a luz se presta a ser a possuidora dessa velocidade-limite, visto suas características peculiares. É difícil concebermos que deve existir um limite de velocidade para a luz por contrariar nosso conhecimento da experiência diária. Vejamos um exemplo simples: se temos um veículo se aproximando de um poste a 50 km/h, diremos que, na prática, o poste também se aproxima do veículo a 50 km/h. Em outro caso, se dois veículos frontalmente se aproximam a 50 km/h cada um, concebemos que a velocidade de aproximação é agora de 100 km/h. Tais explicações também estão presentes no ensino médio de Física.

No entanto, se os veículos estiverem se aproximando frontalmente com velocidades comparáveis à velocidade da luz, esses não somam suas velocidades, como poderíamos deduzir, pois passariam do limite da velocidade máxima admissível, para o atual estágio de desenvolvimento da ciência, e sua velocidade de aproximação seria apenas a da velocidade da luz.

Os fatos de o *tempo* poder ter sua duração variável juntamente com a existência de um limite para a velocidade, só alcançada pela luz, são concepções que contrariam nosso conhecimento cotidiano, o senso comum, portanto sendo complexo de conceber. Nesse caso, as leis de Newton agora são impróprias, pois, para

fenômenos com velocidades próximas à da luz, elas não são válidas. Da mesma forma que as leis de Newton são inadequadas para fenômenos relativísticos, inversamente, a relatividade do *tempo* em baixas velocidade é imperceptível, como nos diz Paraná (1999):

As variações que ocorrem no espaço, no tempo e na massa não são perceptíveis quando as velocidades são baixas e às quais são aplicadas as leis de Newton. Mas não se pode aplicar as leis de Newton para compreender movimentos cuja velocidade é próxima à da luz, pois aí ocorrem: contração do espaço na direção do movimento, dilatação do tempo e da massa. (a teoria da relatividade não invalida a mecânica Newtoniana; ela apenas é mais geral, aplicando-se ao estudo de fenômenos que as leis de Newton não conseguem alcançar) (p. 397).

Esses fenômenos da Teoria da Relatividade interferem no *tempo*, no comprimento e na massa que acreditamos como invariáveis; na relatividade isso é contrariado. O *tempo* se contrai e a massa do corpo aumenta, conforme nos afirma Flaherty (1993):

Ela sugeria por exemplo que se um ser humano ou qualquer outro objeto físico pudesse deslocar-se a uma velocidade próxima à da luz, a idade, a massa e o tamanho desse indivíduo ou objeto seriam drasticamente diferentes, para alguém que observasse a partir de um ponto estacionário. O tempo se dilataria, ou ficaria mais lento. Quanto mais depressa o relógio se deslocasse pelo espaço, mais devagar ele pareceria estar funcionando, para o observador estacionário. À velocidade da própria luz o relógio daria a impressão de parar completamente, e o tempo se deteria. Do mesmo modo as distâncias pareceria encolher. Uma vara de um metro projetada a velocidades extraordinariamente altas iria ficando mais curta à medida que se deslocasse. E as massas da vara e do relógio pareceria aumentar à medida que suas velocidades crescessem. À velocidade da luz suas massas chegariam ao infinito (p. 57).

Existem controvérsias se as conseqüências da relatividade de Einstein atingem a tudo e a todos indistintamente. Acredita-se que atua distintamente, quer seja em micróbios, animais, materiais ou no nosso relógio biológico, segundo afirma Sagan (1996):

Uma conseqüência da relatividade especial é a dilatação do tempo, isto é, seu retardamento à medida que o observador se aproxima da velocidade da luz. Ainda se encontram afirmações de que a dilatação se aplica a relógios e partículas elementares e, presumivelmente ao ritmo circadiano e outros em plantas, animais e micróbios; não se aplica, todavia, ao relógio biológico humano. Sugere-se que nossa espécie teria uma imunidade especial às leis da natureza - capaz, portanto, de discernir conjuntos de matéria com ou sem este privilégio (p. 56).

O que podemos concluir é que pela relatividade de Einstein pode existir uma mudança na duração do *tempo*.

Toda esta teoria foi baseada em alguns experimentos e demonstrações matemáticas através de cálculos que corroboram no sentido de sua aceitação. Tais cálculos podem ser facilmente encontrados em livros de Física do ensino médio, como exemplo, para uma consulta preliminar e em livros de Física do ensino superior, como exemplo para uma consulta de nível mais elevado. Acreditamos, no entanto, que esses cálculos não são o objetivo e nem estão no nível do presente trabalho, podendo ser consultados, caso se queira, apenas para uma comprovação matemática do aqui exposto, de forma simples, como teoria.

Apesar da validação matemática e de algumas comprovações experimentais essa teoria deve ter validade universal, ou seja, por exemplo realizar dentre outras a experiência do paradoxo dos gêmeos, demonstrando que o gêmeo que fica na Terra envelhece mais que o que viaja ao espaço, com velocidade próximas a da luz.

A ciência deve ser aberta aos contrários; e, pela falta dessa experiência, por exemplo, muitas vezes até hoje se levantam discordando e pondo em dúvida a referida teoria.

O que temos hoje como proposto pela Teoria da Relatividade comprova as mudanças dos intervalos de duração do *tempo*, sendo um descrédito para a Teoria do *Tempo Absoluto*, conforme diz Hawking (2002):

Entretanto, em 1905, como vimos o conceito de tempo absoluto foi derrubado pela teoria da relatividade restrita, na qual o tempo deixou de ser uma quantidade independente para ser apenas uma direção em um continuum quadrimensional denominado espaço-tempo. Na relatividade restrita, diferentes observadores viajando em diferentes velocidades percorrem o espaço-tempo em diferentes trajetórias. Cada observador tem sua própria medida de tempo ao longo da trajetória que está seguindo, e diferentes observadores medirão diferentes intervalos de tempo entre eventos (p. 108).

A Teoria da Relatividade de Einstein fundamentalmente mudou nossa concepção de *tempo* e descortinou um mundo novo. Conta a história da Física que, no fim do século XIX, todos acreditavam ela estar com sua obra finalizada, muito pouco ainda poderia ser descoberto ou desenvolvido. Então foram apresentadas duas novas teorias: a da Relatividade e a da Mecânica Quântica, que vieram a criar um novo ramo na Física denominado de Física Moderna; e toda a Física anterior ficou

denominada como Física Clássica. Esse fato recente de nossa história comprova a dinâmica das ciências e mostra que conceitos e teorias estão sujeitas a comprovações e provas constantemente. Ai esta a face mais visível do que teorias imprimem na Física e, conseqüentemente, no comportamento da sociedade, pois a partir de então, não se tendo mais certeza de existir o espaço e *tempo* absolutos, por dedução, passou-se a duvidar de todo o restante.

Representante do *tempo* na Teoria da Relatividade

Albert Einstein (14-3-1879 –18-4-1955) físico, matemático e filósofo alemão, nascido em Ulm, Alemanha, de uma família de classe média judia, recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921 e teve como principais obras: Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos Móveis (1905) e O Fundamento da Teoria Geral da Relatividade (1916). Einstein é reconhecido como o cientista mais popular de nossos tempos, tendo sua silhueta desarrumada e seus cabelos despenteados sido o estereótipo do cientista no século XX. Ele modificou a concepção de *tempo* em virtude de suas teorias. Foi reconhecido como um físico extremamente rico em idéias, identicamente a Newton. Possivelmente, o emprego no departamento suíço de patentes em Berna, Suíça, no início de sua vida profissional deu um grande impulso em suas teorias, pois nele escreveu seus três principais artigos, conforme afirma Hawking (2002):

Dois anos depois, ele enfim obteve uma vaga no departamento suíço de patentes, em Berna. Foi durante o tempo em que esteve nesse emprego, que em 1905, escreveu três artigos que tanto o tornaram um dos maiores cientistas do mundo como também iniciaram duas revoluções conceituais que mudaram nossa compreensão do tempo, do espaço e da própria realidade (p. 04).

Einstein possuía como vantagem para sua inteligência a habilidade de visualizar os problemas com os quais trabalhava, e facilmente traduzia essas imagens visuais na linguagem abstrata da Matemática. Um de seus exemplos mais famosos é a Teoria Especial da Relatividade que, segundo relatos, foi desenvolvida a partir de devaneios aos 16 anos sobre o que seria viajar através do Universo em um feixe de luz. Outro feito dele foi também conseguir tornar popular uma equação da Física que trata da relação de massa e energia: $E=mc^2$. Sua personalidade foi alvo de várias biografias e, de acordo com o testemunho de antigos professores, não foi um brilhante aluno, recebendo críticas por não ter sido um prodígio. Supomos que tais

críticas são exageradas e existem por compararem um possível aluno mediano com o que ele viria a ser como cientista. Saiu da escola antes de se formar e teve dificuldades de ingressar em um curso técnico superior, tendo em suas aulas de Física um motivo a mais para não se interessar pelos estudos, por mais complexo que isso possa nos parecer. Ao se formar, deu aulas particulares e dedicou-se à Filosofia e a Música, em que se revelou um bom violinista amador. Einstein é hoje em dia uma figura tão popular quanto uma estrela de cinema ou um político a nível mundial, fato raro nas nossas ciências.

O referido cientista incentivou o governo de Franklin Roosevelt (1882–1945) dos Estados Unidos a construir a bomba nuclear, com receio de que pudesse ser feita antes pelo governo alemão através dos nazistas. Esse posicionamento o obrigou a sair da Alemanha e ir passar seus últimos 20 anos de vida refugiado em Nova Jersey, EUA, de onde não mais retornou a Alemanha. Após a Segunda Guerra Mundial, incentivou um movimento de controle atômico pelos aliados, tendo ainda em 1948 lhe sido oferecida a presidência do novo Estado de Israel, o que não aceitou.

O feito de Einstein tem seu valor reconhecido e enaltecido por diversos cientistas não apenas pela grandiosidade de sua obra, mas também pelo fato de a mesma ter sido quase integralmente feita apenas por ele, segundo nos diz Capra (1975):

Na origem da física moderna situa-se a extraordinária façanha intelectual de um homem: Albert Einstein. Em dois artigos publicados em 1905, Einstein deu início a duas tendências revolucionárias do pensamento. Uma delas foi a sua teoria especial da relatividade; a outra era uma maneira nova de conceber a radiação eletromagnética, que viria a se tornar característica da teoria quântica, a teoria dos fenômenos atômicos. Toda a teoria quântica foi desenvolvida 20 anos mais tarde por um grupo de físicos. A teoria da relatividade entretanto, foi construída em sua forma completa, quase inteiramente por Einstein. Os textos científicos de Einstein permanecem no alvorecer do século XX, como imponentes monumentos intelectuais, as pirâmides da civilização moderna (p. 53).

2005 foi considerado pela ONU o Ano Mundial da Física e marcado no mundo pelos 100 anos da Teoria da Relatividade e pelos 50 do falecimento de Einstein. Em 1999, ele foi eleito pela revista Time como o “homem do século 20”.

Morreu em 18 de Abril de 1955, aos 76 anos, vítima de um aneurisma da aorta abdominal. Seu cérebro, objeto de estudos, foi retirado sem autorização da família pelo médico legista, no hospital de Princeton, Nova Jersey, que o fotografou inteiro e depois cortou em 240 pedaços como objeto de estudos, ficando em seu poder por mais de 40 anos. Seu corpo foi cremado em Trenton, Nova Jersey, sendo suas cinzas espalhadas. Alguns relatos são de que elas teriam sido lançadas em lugares não revelados; outros dizem que, em um rio, pois ele não queria venerações ao seu túmulo.

2.3.7.3– A noção de *tempo* subjetivo e Santo Agostinho

O *tempo* filosófico também é conhecido como o *tempo* subjetivo. Muitos filósofos deixaram sua impressão e sob essa perspectiva, destacaremos aqui Santo Agostinho (354 d.C. – 430 d.C.) como o principal representante com sua concepção teológico-filosófica de *tempo*. Sua presença será marcante no texto do *tempo* subjetivo ou o *tempo* medido pela alma do observador, internamente.

No sentido de entendê-lo como uma noção construída pelo nosso espírito, porém baseada em objetos realmente existentes, partimos da noção de *tempo* subjetivo como uma relação de coexistência e de sucessão. Assim nos afirma Santos (1967):

Teoria escolástica: Esta concepção, também chamada de *teoria da elaboração dos dados subjetivos*, considera o espaço e o tempo como noções estabelecidas pelo nosso espírito, mas baseadas nos seres e fenômenos realmente existentes. O espaço é uma relação de coexistência entre corpos e o tempo uma relação de sucessão entre fenômenos (p. 262).

O surgimento do relógio mecânico como um instrumento para medição da duração do *tempo* passou a concorrer com o espírito humano nessa finalidade. Muita importância foi dada à precisão na medida dos relógios. Galileu chegou a construir os seus, o que diminuiu o aprofundamento do tema em sua essência filosófica valorizando a tecnológica.

O entendimento do *tempo* naquela época foi equiparado cada vez mais a uma crescente maior precisão de medida. O movimento pendular, que era o artifício em que os relógios se baseavam para realizar a medição, não tem relação alguma com os movimentos astronômicos. Nesse sentido nos afirma Piettre (1997):

O aparecimento da idéia de que a medida do tempo poderia ser estabelecida pelo espírito sem se referir a um movimento privilegiado existente na natureza foi contemporânea (nos séculos XV, XVI e XVII) do aperfeiçoamento do relógio, cujo funcionamento mecânico preciso assegurava a contagem do tempo. Assim, o critério de confiabilidade de um relógio não residia principalmente em sua conformidade aos movimentos do céu, mas na correta regulação mecânica de seus movimentos internos. O tempo se torna quase uma questão técnica de medida, relegando ao esquecimento a questão filosófica de sua essência. Galileu e Huygens, por exemplo, procuraram fabricar seus próprios relógios para dispor de instrumentos de medida no curso de suas experiências. Huygens construiu o primeiro relógio de pêndulo (1657). Ora, o isocronismo do pêndulo (as oscilações de amplitude diferente empregam o mesmo tempo) se explicava pela lei da queda dos corpos, estabelecida por Galileu, e não por alguma regularidade misteriosa do movimento dos astros (p. 79).

Assim, Agostinho, por ser bastante religioso em sua época, acreditava que a criação do *tempo*, espaço e tudo mais seria obra de Deus, tendo seu começo (do *tempo*) coincido com o momento da criação, como nos diz Flaherty (1993):

Pela lógica de Agostinho, os cristãos acreditavam que Deus criara o céu e a Terra e também o tempo e o espaço. Assim o tempo seria uma progressão linear, que se iniciara no momento da criação(p. 38).

Esse filósofo responsabilizava a alma por ser um pré-requisito para a existência do *tempo*, nela estando inscritos passado, presente e futuro. Afirmava ainda que o presente não tinha duração, conforme nos afirma Durozoi (1993):

O tempo é identificado por Agostinho com a própria vida da alma que se estende para o passado ou para o futuro (*extensio* ou *distensio animi*). S. Agostinho diz: “De que modo diminui e conserva-se o futuro que ainda não existe? E de que modo cresce o passado que já não é mais senão porque na alma existem as três coisas, presente, passado e futuro? A alma de fato espera, presta atenção e recorda, de tal modo que aquilo que ela espera passa, através daquilo a que ela presta atenção, para aquilo que ela recorda. Ninguém nega que o futuro ainda não exista, mas na alma já existe a espera do futuro; ninguém nega que o passado já não exista, mas na alma ainda existe a memória do passado. E ninguém nega que o presente carece de duração porque logo incide no passado, mas dura a atenção por meio da qual aquilo que será passa, afasta-se em direção ao passado (p. 947).

Nesse sentido, ele acreditava em um *tempo* marcado interiormente para cada um de nós, próprio de nossa experiência pessoal, medido pelo espírito.: “É em ti, meu espírito, que meço o tempo. Não me objetes nada, pois é assim” (AGOSTINHO, 2003, p. 280).

Em concordância com a noção de *tempo* poder ser medido pela alma do observador, temos, por um lado, relógios precisos que medem o intervalo de uma hora ou várias horas sempre com a mesma duração. Por outro lado, temos o *tempo* como uma sensação de duração variável dependendo do que a pessoa esteja fazendo. Para pessoas cujas atividades são ligadas à natureza (como os agricultores), o *tempo* não se apresenta constante, a duração dos períodos de Sol durante o ano não são os mesmos, épocas são mais longos e épocas são menores. Para eles, o *tempo* varia, conforme diz Gribbin (1979):

O tempo pode ter sempre corrido inexorável para frente, mas para o camponês cujo único relógio era o Sol o tempo certamente não fluía constante. Em algumas estações há mais trabalho a ser realizado no campo e a proporção de dia e noite varia ao longo do ano, de modo que o tempo subjetivo passa mais depressa em alguns dias, meses ou anos de que em outros. Naturalmente “sabemos” que “em verdade” todas as horas tem a mesma duração, que todos os dias têm 24 destas horas e que o tempo corre constante e inexorável. Mas tal “conhecimento” é até certo ponto fruto de nosso meio de vida. O tempo subjetivo é igualmente real – mais real, em certo sentido – para as pessoas. Há muito os filósofos discutem a relação entre os tempos subjetivo e objetivo; mais recentemente os psicólogos vieram a se dedicar ao mesmo problema; e, no mundo da Física e da Matemática, onde a fria objetividade supostamente reina sobre todas as coisas, os cientistas aceitam agora a idéia de dilatar e comprimir o fluxo do tempo...(p. 24).

Após essa visão de *tempo* subjetivo, concluímos nos alinhando ao pensamento de Agostinho. Temos dúvidas para explicar o que é o *tempo* e seus diversos aspectos. Acreditamos num *tempo* registrado em nossa alma. Seria algo que não existe fora da nossa experiência, sendo, portanto, mais uma característica antrópica. Criamos em nossa mente a idéia de passado, presente e futuro.

O *tempo* subjetivo é o que existe pelo fato de o homem pensar que ele existe. Nesse caso, o fato da existência dessa alma, consciência ou mente é pré-requisito para a existência de *tempo*: ele só existe nisso e por causa disso. Com essa visão do *tempo* inventado pelo ser humano, criação nossa, observamos um paralelo com dois *tempos* chamados de real e imaginário, como afirma Hawking (1994):

Pode ser que o tempo imaginário seja realmente o tempo real e que o tempo real não passe de uma invenção de nossas imaginações. No tempo real, o universo tem um início e um fim. No tempo imaginário, não há singularidades ou limites. Assim, pode ser que o chamado tempo imaginário seja mais fundamental e que o chamado tempo real não passe de idéia que inventamos para nos ajudar a descrever o aspecto que atribuímos ao Universo (p.122).

As contribuições de Agostinho e outros sobre o *tempo*, o passado, o presente, o futuro etc. ainda nos são muito atuais. Muito a ciência divulga e estuda, contudo ainda sem conclusões unânimes, restando-nos continuar os estudos de Santo Agostinho, Newton e Einstein, como exemplos. Possivelmente tais trabalhos tiveram raízes em Aristóteles e tantos outros. Respeitando sempre e analisando as opiniões divergentes, ressalte-se que muito ainda há que se estudar e descobrir tanto na Filosofia quanto na Física sobre o tema.

Ao longo da evolução da ciência muito já foi explicado sobre a noção do *tempo*. Objetivamente, porém, não o deciframos. Este é um objeto de estudo que a muitos atrai desde o início da caminhada humana. Muitas abordagens são feitas sob as mais diversas ópticas, porém temos a sensação de que, quando estamos bem perto, parece que a atração se transforma em repulsão.

O *tempo*, quando apresentado por inteiro ou em toda a sua extensão, possivelmente não nos preocupava. Talvez ainda hoje nem tivéssemos a consciência de sua existência.

À medida que precisávamos nos relacionar com as suas diversas frações, tivemos que dar existência a uma nova grandeza. A noção de *tempo* sofreu e vem sofrendo evolução ao longo da história; e é possível que enquanto o tratarmos como transeunte ou fração, tenhamos pouca chance de defini-lo.

Representante do *tempo* subjetivo

Santo Agostinho nasceu chamado Aurelius Augustinus em Tagaste, hoje Souk-Ahrás, atual Argélia, em 13 de Novembro de 354 d.C. Viveu por 76 anos (HUISMAN, 2001). Possui um vasto e substancial acervo de obras, sendo a primeira *De Pulchro et Apto* (Sobre o belo e o ordenado), da qual não existem exemplares, ainda tendo escrito *Do Livre-Arbitrio*, *De Trinitate* (Da Trindade), *Contra os Acadêmicos*, *Solilóquios*, *Espírito e Letra*, *Retratações*, *Civitas Dei* (A Cidade de Deus) e as suas duas mais destacadas obras que são: *De Magistro* (Do Mestre) e *As Confissões* (400 d.C).

As Confissões, uma das maiores obras da literatura universal, veio a ser considerada a primeira autobiografia no sentido moderno, com forte enfoque na forma de pensar religiosa e na filosofia cristã (MAGEE, 2001). Nela Santo Agostinho deixa seu pensamento sobre o tema. Acreditava saber o que era o *tempo*, a menos que tivesse que explicá-lo. Para ele, o passado, o presente e o futuro eram enigmas quanto a sua existência, conforme o mesmo afirma (2003):

Que é, pois, o tempo? Se ninguém me pergunta, eu sei; mas se quiser explicar a quem indaga, já não sei. Contudo afirmo com certeza e sei que, se nada passasse, não haveria tempo passado; que se não houvesse os acontecimentos, não haveria tempo futuro; e que se nada existisse agora, não haveria tempo presente. Como então podem existir estes dois tempos, o passado e o futuro, se o passado já não existe e o futuro ainda não chegou? Quanto ao presente se continuasse sempre presente e não passasse ao pretérito, não seria tempo, mas eternidade. Portanto, se o presente para ser tempo, deve tornar-se passado, como podemos afirmar que existe, se sua razão de ser é aquela pela qual deixará de existir? Por isso, o que nos permite afirmar que o tempo existe é a sua tendência para não existir (p. 267.)

Ele só acreditava em um presente infinitamente pequeno, sem divisões, para que não tivesse nenhuma duração e assinala ainda (2003):

Se pudéssemos conceber um lapso de tempo que não possa ser subdividido em frações; por menores que sejam, só esta fração poderia ser chamada de presente, mas sua passagem do futuro para o passado seria tão rápida, que não teria duração (p. 269).

Agostinho (2003) expunha suas dúvidas sobre a existência ou não do passado, do presente e do futuro. Dialogando com Deus de forma respeitosa, assim ele as revelava (2003):

Pai, apenas pergunto, não estou afirmando; meu Deus, ajuda-me, dirige-me. Quem ousaria afirmar que não existem 3 tempos, como aprendemos na infância e como ensinamos às crianças, o passado, o presente e o futuro? Será que só o presente existe, porque os demais, o passado e o futuro, não existem? Ou será que eles também existem, e então o presente provém de algum lugar oculto, quando de futuro se torna presente, e também se retira para outro esconderijo, quando de presente se torna passado? (p. 270).

Nesse sentido, Agostinho (2003) conclui defendendo que o passado e o futuro apenas existiam como representações na alma humana e desconfiava se poderia prever os acontecimentos futuros da mesma forma que recordava dos acontecimentos do passado:

Quando relatamos acontecimentos verídicos do passado, o que vem a nossa memória não são os fatos em si, que já deixaram de existir, mas as palavras que exprimem as imagens dos fatos, que, através de nossos sentidos, gravaram em nossos espíritos suas pegadas. Minha infância, por exemplo, que não existe mais, pertence a um passado que também desapareceu; mas quando eu a evoco e passo a relatá-la, vejo suas imagens no presente, imagens que ainda estão em minha memória. E a predição do futuro, meu Deus, seguiria um processo análogo? Os fatos que ainda não existem, serão representados em nossos espíritos como imagens já existentes? Eu o ignoro. O que sei é que habitualmente premeditamos nossas ações futuras, e que essa premeditação pertence ao presente, enquanto a ação premeditada ainda não existe, pois ainda é futura. Quando emprendermos e começarmos a realizar a ação premeditada, então esta começará a existir, pois então não será mais futura, mas presente (p. 271).

Santo Agostinho é considerado doutor na Igreja Católica e patrono dos teólogos, um dos principais líderes da antiga igreja cristã e um grande ícone da Filosofia, dividindo o pódio com São Tomás de Aquino, pela fama de serem os dois maiores filósofos cristãos por um período de cerca de 1600 anos desde a época de Aristóteles (MAGEE, 2001). Morreu de derrame cerebral, após a cidade onde estava ser invadida por vândalos em 28 de agosto de 430 d.C.

Apresentamos apenas um resumo do pensamento de Santo Agostinho sobre o *tempo* e sua biografia de forma sucinta para uma iniciação do aluno, tornando assim uma aprendizagem significativa em relação ao tema. Neste trabalho, não pretendemos esgotar o tópico, pois o *tempo* subjetivo é vasto e uma segunda leitura mais profunda seria importante para todos os que se interessam pelo filósofo, pelo religioso e pelo tema.

2.3.8- Representantes da Física e Filosofia sobre o *tempo*

Parmênides (540 a.C. – 470 a.C) filósofo grego, fez parte da Escola Eleática, não acreditava no *tempo*, pois tinha a crença de que apenas as coisas eternas existiam, como refere Flaherty (1993):

Parmênides, um dos primeiros filósofos, registrou seu pensamento em longos poemas nos séculos VI e V a.C.; ele afirmava que apenas as coisas permanentes e imutáveis podiam ser reais. Uma vez que o tempo – fluindo do passado, através do presente e para o futuro – estava sempre mudando, ele não poderia ser real. E, se o tempo não é real, não podia existir movimento no espaço, posto que isso implicaria necessariamente em tempo (p. 38)

Platão de Atenas (427 a.C.– 347 a. C.), cujo nome verdadeiro era Arístocles, tornou-se conhecido por Platão em virtude de um apelido por possuir os ombros largos (de omopl~~atas~~**atas**). Foi discípulo de Sócrates e entre suas obras destacam-se: A República e o Banquete. Fundou sua própria escola, a Academia, conhecida por esse nome (COTRIN, 1987).

Sua concepção de *tempo* fundamenta-se em que este reproduz no movimento a imutabilidade do ser eterno, na forma dos períodos planetários, nos ciclos das estações, definindo-o como “a imagem móvel da eternidade” (ABBAGNANO, 2000 p. 945). Segundo Platão, o tempo que conhecemos estaria, portanto, preso ao mundo físico e acabaria se a Terra acabasse (FLAERTY, 1993)

Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) é outro representante para o *tempo* absoluto, tendo antecedido Newton em muitos séculos. Aristóteles fazia parte do período socrático da Filosofia e era um ávido conhecedor do mundo pela experiência. Também deixou registrado seu pensamento sobre o *tempo*. Nasceu na cidade de Estagira, na Grécia, e seu pai era médico, tendo morrido quando ele era ainda um garoto. Foi criado por um tutor que o mandou aos 17 anos para Atenas estudar na academia de Platão (428/427 a. C. – 347 a.C). Aristóteles é considerado um dos gigantes da Filosofia em um lista com possivelmente apenas meia dúzia de nomes. Seu nome está ligado a uma linhagem intelectual muito especial da Filosofia: era discípulo de Platão, que por sua vez foi discípulo de Sócrates (470/469 a.C. -399 a.C.). Aristóteles foi ainda preceptor de Alexandre Magno (356 a.C. – 323a.C.), tendo um grande destaque tanto na Física quanto na Filosofia e um livro seu chamado A Física de Aristóteles foi quem batizou essa ciência. Aristóteles deu nome ainda a inúmeros termos técnicos nessa área do conhecimento tal como conhecemos até hoje: energia, categoria e universal, conforme nos diz Magee (2001):

A vontade de Aristóteles de conhecer o mundo da experiência era como um desejo insaciável. Ao longo de sua vida, lançou-se à pesquisa com paixão e energia irrefreáveis, abarcando uma amplitude quase inacreditável de temas. Ele mapeou pela primeira vez vários dos campos básicos da investigação, e sua própria obra sobre eles forneceu os nomes pelos quais são chamados até hoje: entre eles estão a Lógica, a Física, a Ciência Política, a Economia, a Psicologia, a Metafísica, a Meteorologia, a Retórica e a Ética. É uma proeza inacreditável para um único indivíduo. Também inventou termos técnicos nestes campos que tem sido usados desde então, termos que em

outras línguas são derivados ou de sua forma grega ou de seus equivalentes latinos subseqüentes: energia, dinâmica, indução, demonstração, substância, atributo, essência, propriedade, acidente, categoria, tópico, proposição e universal (p. 32).

No pensamento de Aristóteles sobre o *tempo*, esse é um número, de acordo com o que relata Piettre (1997): “O tempo é o número do movimento conforme o anterior e o posterior” (p. 24).

Simplesmente, o que Aristóteles queria dizer com o “número do movimento” é o que ele chama de mudança. Ele acreditava que só se percebe o transcorrer do *tempo* se existir alguma mudança ou movimento de qualquer natureza.

O movimento tem uma relação essencial com o assunto, como nos afirma Mora (2001):

Aristóteles observa que o tempo e o movimento são percebidos juntos. É certo que podemos estar na escuridão e não perceber nenhum movimento por não enxergar nenhum corpo que se mova. Mas basta um movimento na mente para nos darmos conta de que passa o tempo. Por conseguinte, o tempo tem de ser movimento ou algo relacionado com o movimento. Como não é o movimento tem de ser a outra alternativa, isto é, o relacionado com o movimento (p. 672).

O pensamento de Aristóteles relacionando o *tempo* com o movimento recebe um aprofundamento que vamos encontrar em Piettre (1997):

1- Aporia da análise aristotélica do tempo

Aristóteles, de fato, pôs em evidência uma dificuldade intrínseca ao conceito de tempo: a aparente subjetividade do tempo (“o tempo não existe fora do espírito”, “se nós não percebêssemos a mudança em nós, não teríamos consciência do tempo”) não basta para explicar sua natureza. Se há tempo, é porque existe uma realidade objetiva do movimento (no sentido amplo de mudança); se o tempo é uma medida do movimento, isto significa que algo do movimento se deixa medir como sendo o tempo; (p. 65).

O pensamento de Aristóteles se alinha com o de Agostinho (354 d.C. – 430 d.C.) quando ele admite que o *tempo* tem relação com a alma de quem o mede, segundo Piettre (1997):

Um movimento será privilegiado por estabelecer a medida do tempo: é o movimento eterno e regular da esfera celeste e, mais precisamente do sol em torno da terra. Assim, o tempo, medida do movimento astronômico, torna-se a medida uniforme de todos os outros movimentos. Isso não significa que o tempo se confunde com o movimento astronômico, pois existem vários movimentos astronômicos que podem servir de referência

para fixar a medida do tempo (poderá ser o movimento da Lua seguido pelo calendário lunar); não, o tempo é uma medida fixada pelo espírito humano a partir de um movimento astronômico. Mas sem a regularidade do movimento do céu e dos astros que arrasta consigo, o espírito não poderia fixar nenhuma medida universal do tempo – embora Aristóteles pareça ter se deixado cair em um círculo vicioso: o movimento é medido pelo tempo, e o tempo pelo movimento.

Mas, segundo Aristóteles, o tempo não existe sem o espírito, não existe fora da alma, ao contrário do movimento. Se o tempo é um número, ele não pode existir sem a alma que numere. Para que uma coisa seja numerada ou simplesmente numerável, é necessário existir um ser que numere (p. 21).

Também é percebida a relação Aristóteles-Agostinho quando o primeiro afirma que, além disso, se o *tempo* é número ou medida do movimento, supõe-se haver uma realidade “numerante”, sem a qual não haveria *tempo* (Mora, 2001).

Observamos que, à época de Aristóteles, não havia relógios mecânicos para medir o *tempo* e que o mesmo era medido geralmente com relógios de Sol, sendo plausível a relação daquele com movimento, conforme visto, neste caso utilizando-se o movimento do Sol. Aristóteles deixou sua interpretação para a noção de tempo, mas equivocou-se ao aceitar o movimento aparente do Sol como prova de que a Terra era estática, conforme afirma Hawking (1988):

Aristóteles acreditava que a Terra era estática e que o Sol, a Lua e as estrelas se deslocassem, em órbitas circulares, à sua volta. Acreditava nisso por supor, apoiado em razões místicas, que a Terra fosse o centro do Universo e o movimento circular o mais perfeito (p. 16).

Aristóteles, junto com os antigos gregos, discutia o *tempo*, envolvendo-o na Filosofia. Neste sentido, afirma Scientific American Brazil (2004):

Os gregos antigos discutiam calorosamente a origem do tempo. Aristóteles, partidário do tempo sem início (eterno), invocava o princípio de que do nada, nada vem. Se o Universo não poderia nunca ter passado do não ser para o ser, deveria ter existido sempre. Por essas e outras razões, o tempo deve se expandir eternamente pelo passado e pelo futuro (p. 41).

Aristóteles morreu aos 62 anos de idade na ilha de Eugéia, e sua escola em Atenas, chamada Liceu, foi descoberta através de escavações arqueológicas em 1996.

Santo **Agostinho** (354 – 430) foi apresentado com destaque no *tempo* subjetivo. Aqui apenas registramos um de seus pensamentos sobre o *tempo*: É a duração de natureza finita que não pode acontecer simultaneamente (AGOSTINHO, 2003).

Tomáz de Aquino (1225 – 1274) italiano e representante da filosofia medieval entre outras obras é autor da *Summa theologica* (Santos,1967). Em seu pensamento sobre o *tempo*, ele diz: O presente momento do tempo: ele é e não é, foge constantemente.

Thomas **Hobbes** (1588 – 1679), inglês e filósofo do materialismo moderno, defendia que a única forma de conhecimento é a experiência e ela só nos atesta a existência dos corpos. Suas principais obras foram: *Leviathan sive de materia* e *Elementa philosophica* (Santos, 1967). Ele propunha que a matéria física é tudo o que existe e que tudo pode ser explicado em termos de matéria em movimento. Seu pensamento sobre o *tempo* assim resumia-se: O tempo é o fantasma do movimento numerado.

Jonh **Lock** (1632 – 1704) inglês, estudou Medicina na Universidade de Oxford, Inglaterra. Filósofo empirista e liberal, seu objetivo na Filosofia era antes de tudo observar a origem, a natureza e a extensão do conhecimento humano, sua principal obra foi Ensaio sobre o entendimento humano (Santos, 1967). Este era seu pensamento sobre o *tempo*: A duração, a distância que separa duas idéias em nosso espírito.

Gottfried Wilhelm **Leibniz** (01/07/1646-14/11/1716). Alemão, matemático, filósofo, teólogo e historiador moderno, anterior a Kant. Teve como obras principais *Essai de theodicée* e *Monadologia* e *Nouveaux essais sur l'entendment humain* (Santos, 1967), foi pioneiro na lógica matemática, negava a existência do espaço e do *tempo*, pois afirmava que apenas existiam como relações entre objetos e eventos, como nos diz Flaherty (1993):

O que as pessoas consideravam como espaço, segundo ele, não era uma coisa ou substância, mas um sistema de relações entre objetos. Empregando o mesmo tipo de argumentos semânticos, Leibniz afirmava que tampouco o tempo existia, pois seria uma mera relação entre eventos (p. 42).

Immanuel **Kant** (1724-1804) alemão e professor universitário, é uma referência filosófica. Nasceu, viveu e morreu em Koenigsberg. Publicou entre outros: A crítica da razão pura (1781) um dos livros de maior repercussão na Filosofia, expôs ali que

o *tempo* possuía um significado independente do Universo (Hawking, 2002). Ele acreditava que só conseguimos entender algo que exista no mundo da *experiência*, que é a forma com que nós seres humanos percebemos as coisas, como afirma Magge (2001):

Não conseguimos conceber nada específico que exista sem ser *algo*, sem ter uma identidade real. Não conseguimos conceber efeitos sem causas. Estas são categorias de nosso entendimento, sem as quais não conseguiríamos apreender nada do mundo a nossa volta.

De modo igual não conseguimos conceber nenhum objeto real que não exista no espaço – ou que não se mova no tempo. Espaço e tempo são formas de nossa sensibilidade sem as quais não conseguiríamos perceber ou aprender nada no mundo (p. 135).

Ainda na Teoria Subjetivista defendida por Kant, o espaço e o *tempo* são formas da nossa sensibilidade, como nos diz Santos (1967):

Teoria subjetivista: Para Kant, o espaço e o tempo são formas *à priori* da nossa sensibilidade, não possuindo portanto, nenhuma objetividade. O *espaço* nos permite apreender os seres e fenômenos exteriores, mediante sua justaposição uns com os outros; o *tempo* nos faculta perceber nossas transformações interiores, colocando umas depois das outras. Essas formas pertencem à própria estrutura do nosso espírito, nada tendo, portanto, com a realidade exterior (p. 260).

Henri **Bergson** (1859-1941), filósofo francês contemporâneo, dedicou-se à filosofia da vida era filho de pai judeu-polonês e mãe inglesa. Foi escritor e professor universitário de Filosofia. Entre suas obras destacam-se: Ensaio Sobre os dados Imediatos da Consciência (1889) e Matéria e Memória (1896) (Huisman, 2001).

Com relação à noção de *tempo*, ele acreditava ser um *continuum* presente apenas em nosso intelecto, como afirma Magee (2001):

No mundo íntimo de nosso conhecimento imediato tudo é *continuum*, tudo é fluido, fluxo perpétuo. No mundo externo apresentado a nós por nossos intelectos há objetos separados ocupando determinadas posições no espaço por períodos mensuráveis de tempo. Mas, é claro, este tempo externo, o tempo dos relógios e do cálculo, é um construto intelectual, e não é de modo algum o mesmo tempo “real” de cujo fluxo contínuo temos experiência íntima direta (p. 215).

Recebeu o Prêmio Nobel de Literatura em 1927 e, em seu pensamento, acreditava existir um impulso permanente dentro da nossa evolução rumo a uma maior complexidade, sendo chamado de “força vital” e se destacou como teórico da

intuição. Segundo Bergson: “O tempo é uma invenção, ou não é absolutamente nada” (PIETTRE, 1997, p. 156).

Martin **Heidegger** (1889 – 1976), filósofo alemão, discípulo de Edmund Husserl (1859 – 1938). Suas principais obras foram: “Ser e Tempo” (1927) e “Que é Filosofia” (1956) (COTRIM, 1987).

A análise de Heidegger sobre o *tempo* fundamenta-se ser ele como um círculo fechado, em que a perspectiva para o futuro é aquilo que já passou, e por sua vez, o que já passou é a perspectiva para o futuro (ABBAGNANO, 2000).

3 - METODOLOGIA

3.1- Considerações iniciais

Nossos procedimentos metodológicos desenvolveram-se ao longo de vários estágios. Adotamos como linha metodológica uma pesquisa bibliográfica em virtude de ser a mais adequada para a realização de nosso trabalho. Uma pesquisa bibliográfica se diferencia positivamente como método, por permitir um contato direto entre o pesquisador e a fonte-objeto da pesquisa ou as fontes primárias. Não é preciso lidar nesse momento com fenômenos, experiências ou intervenção didática, que poderá ser fruto de um trabalho posterior, com a atenção para que tais fontes estejam a nível de obra científica, conforme nos afirma Oliveira (2005):

A principal finalidade da pesquisa bibliográfica é levar o pesquisador(a) a entrar em contato direto com obras, artigos ou documentos que tratem do tema em estudo. O mais importante para quem faz opção por uma pesquisa bibliográfica é ter certeza de que as fontes a serem pesquisadas já são reconhecidas do domínio científico (p.76).

A pesquisa nos livros didáticos reportou-se a uma abordagem qualitativa, na qual devemos priorizar uma análise crítica através de um posicionamento holístico e sistêmico (OLIVEIRA, 2005).

Caracterizamos a abordagem qualitativa “como sendo um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação” (OLIVEIRA, 2005, p. 41). É relevante referir ainda que uma abordagem qualitativa se caracteriza pela delimitação do espaço e tempo, ou melhor, o corte epistemológico espaço-temporal, definindo assim o período e o lugar da pesquisa (OLIVEIRA, 2005.).

3.2- Da seleção dos livros didáticos de Física

O livro didático de Física do ensino médio é um importante recurso para a educação. Observamos que ele apresenta o conteúdo numa seqüência lógica e organizada.

Para a maioria dos professores, freqüentemente o livro é o principal recurso didático e, às vezes, o único.

Neste sentido, dada à importância do livro didático, nossa preocupação consistiu em selecionar os mais atuais e freqüentemente adotados. O livro didático foi, portanto, o ponto de partida de nossa pesquisa para escolha da primeira amostra.

3.2.1- Metodologia para escolha da primeira amostra dos livros didáticos

Precisávamos de livros didáticos representativos dentro da Física do ensino médio. Acessamos, então o site (ver nas Referências) das principais editoras: Saraiva, Atual, Formato, Ática, Scipione, Moderna, FTD, Harbra, Ibep e Nova Geração, solicitando por e-mail a lista de suas três principais obras de Física para o ensino médio, segundo os critérios: as mais freqüentemente adotadas pelos professores e as mais atualmente editadas. Praticamente todas as editoras não nos enviaram a resposta, o que nos redirecionou de volta às listas originais dos livros didáticos presentes nos sites.

Dessa forma, reunimos todos os títulos disponíveis das diversas editoras e elaboramos uma grande lista (aproximadamente 40 títulos) bastante significativa e a apresentamos a treze professores(as) de Física do ensino médio (principalmente por e-mail) para que respondessem: qual(ais) destes livros didáticos listados são os três que eles mais adotam atualmente e, no caso de ainda existirem outros livros preferidos fora da lista que os mesmos fossem citados adicionalmente.

Demos a essa lista de aproximadamente 40 títulos, o nome de “Grande Lista de Livros Didáticos”.

Dos professores consultados, dez responderam. Lecionando em diversas escolas em Recife e na região metropolitana, também em cidades do interior como Caruaru e Palmares, acreditamos refletirem um quadro bastante abrangente. Com as respostas dos professores, surgiu uma lista de livros didáticos votados, atualmente editados e adotados, que organizamos por ordem decrescente de votação. Demos à listagem o nome de Primeira Lista de Livros Didáticos Escolhidos, totalizando 8 títulos:

3.2.1.1- Primeira lista de livros didáticos escolhidos pelos professores(as)

Os Fund. da Física. Vol. 1 e 3.	Ramalho, Ferraro, Toledo. 2003.	Ed. Moderna.
Física. Volume único.	Sampaio e Calçada. 2003.	Editora Atual.
Física. Volume único.	Luz. 2003.	Ed. Scipione.
Física. Novo fund. Vol. único.	Bonjorno. 1999.	Ed. FTD.
Física. História e Cotidiano. Vol.1 e 3.	Bonjorno, Clinton. 2003.	Ed. FTD.
As Faces de Física. Volume único.	Carron. 2002.	Ed. Moderna.
Física p/ o Ensino Médio. Vol. único.	Paraná. 1999.	Ed. Ática.
Física Mecânica. Vol. 1 e 3.	Gaspar. 2003.	Ed. Ática.

3.2.2- Metodologia para escolha dos tópicos sobre o tema *tempo*

Após a seleção da primeira lista de livros escolhidos, precisávamos de um roteiro para analisar aquelas obras e efetivamente iniciar o trabalho. Observamos que, quando a noção de *tempo* é apresentada logo no primeiro ano do ensino médio, não obedece a uma seqüência ou metodologia padrão. Cada autor lido em nossa pesquisa decide dar uma seqüência própria para abordagem do tema. Isso significa, por exemplo, que um autor qualquer pode iniciar expondo o *tempo* como sendo uma das unidades do Sistema Internacional, e um outro autor abordando-o como uma medição precisa no relógio atômico de césio. O *tempo* também é destaque no terceiro ano do ensino médio no conteúdo da Teoria da Relatividade de Einstein, sendo igualmente analisado neste momento.

Realizamos uma primeira leitura geral do livro didático sobre o tema em questão na primeira lista dos livros didáticos escolhidos citados anteriormente (8 títulos) com isso objetivamos traçar nossa estratégia de trabalho, obter uma equalização dos principais tópicos envolvidos e identificar os principais cientistas em Física e Filosofia que trabalham o tema. À medida que interagimos com o assunto nas citadas obras, abordagens recorrentes e pertinentes apareceram. Então

classificamos e nomeamos tais assuntos como tópicos, que foram após desenvolvidos e estão presentes na fundamentação teórica (capítulo 2).

3.2.2.1- Lista de tópicos sobre o tema *tempo*

- 1 - O Birô Internacional de Pesos e medidas (BIPM).
- 2 - O Sistema Internacional de Unidades (SI),
- 3 – Idéia de *tempo* ligado ao movimento dos corpos celestes.
- 4 – Matematizar o *tempo*. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos.
- 5 – A irregularidade na duração da rotação da Terra.
- 6 - Uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio de césio.
- 7 .1 - O *tempo* absoluto.
- 7 .2 - A noção de *tempo* relativo/relativístico. O *tempo* variável.
- 7 .3 - A noção de *tempo* subjetivo. O tempo dependendo do observador.

Obs.: O tópico 7.3 não foi encontrado em nenhum livro didático, mas foi acrescentado à lista de tópicos para lhe dar mais abrangência, visto ser um item que fundamentalmente resgata a concepção filosófica de *tempo*, justificando também seu desenvolvimento estar presente na fundamentação teórica.

3.2.3- Metodologia para inclusão de outros livros didáticos

Durante a consulta aos professores(as), alguns títulos foram informalmente citados, mas que excediam o total possível de três livros escolhidos. Baseados nesses materiais didáticos lembrados, fizemos um acréscimo de mais 10 (dez) outros livros, totalizando 18 (dezoito) títulos, pois acreditamos que a ampliação da base da pesquisa enriqueceria mais o nosso trabalho. Essa lista foi denominada de lista de livros didáticos adicionados.

3.2.3.1- Lista de livros didáticos adicionados

Física completa. Volume único.	Bonjorno. 2001.	Ed. FTD.
Física. Mecânica módulo 1.	Talavera. 2002.	Ed. Nova Geração.
Física. Ciência e Tecnologia. Vol. único.	Torres, 2001.	Ed. Moderna.

Física. Ensino Médio.	Aragão. 2004.	Ed. CIB.
Física Básica. Volume único.	Ferraro, Toledo. 2004.	Ed. Atual.
Física. volume único.	Paraná. 2005.	Ed. Ática.
Física. Ensino Médio. Vol. 1 e 3	Guimarães, Fonte Boa. 2004.	Ed. Futura.
Física. Volume único.	Carron, Guimarães. 1999.	Ed. Moderna.
Física. Volume único.	Scandelari. 2004.	Ed. IBEP.
Física. Curso Completo.	Anjos. 2005.	Ed. IBEP.

3.2.3.2- Lista total de 18 livros* didáticos pesquisados

- A - Física Completa. Volume único. Bonjorno. 2001. Ed. FTD.
- B – Física. VOL. 1 e 3. Gaspar. 2003. Ed. Ática.**
- C - Os Fund. da Física. Vol. 1 e 3. Ramalho, Ferraro, Toledo. 2003. Ed. Moderna.**
- D – Física. Mecânica módulo 1. Talavera. 2002. Ed. Nova Geração.
- E – Física. Ciência e Tecnologia. Vol. único. Torres, 2001. Ed. Moderna.
- F – Física. Ensino Médio. Aragão. 2004. Ed. CIB.
- G – Física Básica. Volume único. Ferraro, Toledo. 2004. Ed. Atual.
- H – Física. volume único. Paraná. 2005. Ed. Ática.
- I – Física p/ o Ensino Médio. Volume único. Paraná. 1999. Ed. Ática.**
- J – Física. Ensino Médio. Vol. 1 e 3 Guimarães, Fonte Boa. 2004. Ed. Futura.
- K – Física. História e Cotidiano. Vol 1 e 3. Bonjorno, Clinton. 2003. Ed. FTD.**
- L – Física. Novo fundamental. Vol. único. Bonjorno. 1999. Ed. FTD.**
- M - Física. Volume único. Carron, Guimarães. 1999. Ed. Moderna.
- N - Física. Volume único. Scandelari. 2004. Ed. IBEP.
- O - Física. Curso Completo. Anjos. 2005. Ed. IBEP.
- P - Física. Volume único. Luz. 2003. Ed. Scipione.**
- Q - As faces de Física. Vol. Único. Carron. 2002. Ed. Moderna.**
- R - Física. Volume único. Sampaio e Calçada. 2003. Editora Atual.**

*Obs. Dados dos livros completos nas referências.

3.2.4- Metodologia para construção do quadro I

Naquele momento, tínhamos uma lista total de 18 (dezoito) livros didáticos que apresentamos. Em negrito estão os da lista dos escolhidos pelos professores.

Dispúnhamos também dos tópicos sobre o tema *tempo* identificados e organizados e montamos um quadro que registra, de forma prática, quando um tópico está presente no livro didático. Tal apresentação pode ser desde apenas a forma mais simples possível, só com uma simples citação ou até um material mais substancial (em qualquer das formas haverá o registro no quadro).

Assim realizamos uma segunda pesquisa na lista total de livros didáticos de Física do ensino médio (18), com vistas a identificar quais os que apresentavam os tópicos listados quando da abordagem do tema *tempo*, resultando no quadro I LIVROS x TÓPICOS.

3.2.4.1- Quadro I: Livros Didáticos x Tópicos

Cada **X** do quadro indica quando um livro na coluna aborda um tópico da linha.

Tópicos: 1 2 3 4 5 6 7.1 7.2 7.3

Livros:

A		X		X					
B		X		X	X	X	X	X	
C		X		X		X		X	
D		X		X					
E	X	X	X	X	X	X		X	
F			X			X	X	X	
G			X	X	X	X		X	
H			X	X		X		X	
I		X	X	X		X		X	
J		X							
K	X	X						X	
L		X		X					
M		X		X				X	
N	X	X	X					X	
O		X							
P	X	X							
Q	X	X	X	X		X		X	
R		X		X				X	
Quantidade:	5	15	7	12	3	8	2	12	0
Por cento %:	28	83	38	66	17	44	11	66	0

O percentual acima refere-se a quantos livros abordam cada tópico.

Obs.: Os livros A, J, L, O e P não apresentam o conteúdo da Teoria da Relatividade, portanto não poderia haver registros na coluna do tópico 7.2.

O livro D ainda não oferece o volume 3, que se refere ao conteúdo de relatividade, portanto também não pôde ter o registro na coluna do tópico 7.2.

3.2.5- Metodologia para desenvolvimento do texto proposto dos tópicos

Com a lista de tópicos identificados, esses foram alvo de uma nova pesquisa bibliográfica, agora bem mais ampla e profunda em outros títulos de Física e Filosofia, em textos e periódicos científicos e em sites, todos presentes nas referências. Nosso objetivo nesta pesquisa era elaborar um novo texto sobre cada um deles, sendo apresentado na fundamentação teórica, como possível proposta para abordagem do tema pelo livro didático. Consideramos ser essa a parte principal de nosso trabalho. Nele procuramos imprimir, entre outros aspectos, um resgate histórico e evolutivo do tema.

Procuramos abordar a noção de *tempo* desde a Antigüidade com Aristóteles, passando por Agostinho e Newton e, finalmente, com Einstein nos dias atuais. Tal resgate cronológico na Física e Filosofia está em consonância com o referencial teórico de Ausubel e revela a linha teórica aqui adotada, formando um conjunto que acreditamos imprimir predicados ao tema, tudo com vistas a uma aprendizagem mais significativa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1- Introdução

Observamos, como primeiros aspectos e de uma forma geral, que esses tópicos tratados nos livros didáticos para apresentação da noção de *tempo* são por vezes minimamente citados, como também, por vezes estão pontualmente isolados, resultando numa apresentação superficial e pouco contextualizada.

Acreditamos que, se os livros didáticos desenvolvessem um texto histórico mais profundo e crítico, esse representaria uma alternativa para apresentação do tema com um alinhamento com a proposta teórica da aprendizagem significativa de Ausubel.

Caso o conteúdo dos livros didáticos resgatasse a história da Física, usando-a como subsunçor, seria ele mais fértil, representando uma estratégia mais eficaz no processo de ensino-aprendizagem.

Desta forma, principalmente observamos aspectos como o uso da história da Física e a contextualização ao apresentar o tópico.

4.2- Análise do Quadro I Livros Didáticos x Tópicos

Realizamos esta análise baseados apenas no resultado quantitativo ou estatístico dos tópicos. O aprofundamento do tópico está contido na fundamentação teórica e aqui nos limitamos a analisar apenas os registros dos tópicos no quadro de uma forma absoluta.

Algumas informações são relevantes antes do início da análise do quadro.

Existem dois momentos distintos em que o livro didático aborda o *tempo*: uma no primeiro ano do ensino médio ao apresentá-lo dentro das unidades fundamentais do SI, onde poderão ser abordados os tópicos listados de 1 a 6. Noutra quando aborda

o assunto da relatividade no terceiro ano, podendo citar os tópicos 7.1, 7.2 e 7.3. Dessa forma, separamos a análise.

Na primeira abordagem, quando o livro didático faz sua apresentação do tema sempre recorre a pelo menos um dos tópicos listados de 1 a 6 (livros J e O). Ainda nessa fase, os livros didáticos recorrem em média à metade dos tópicos listados de 1 a 6 para apresentá-lo, o que nos faz acreditar que os escolhidos comprovam ser representativos no contexto.

O livro didático E foi o único que abordou em seu conteúdo todos os 6 tópicos listados, seguido pelo livro Q com 5 tópicos e pelos livros B, G e I com 4 tópicos. Todos os outros livros (13) abordaram 3 ou menos tópicos quando da apresentação inicial do tema *tempo*, portanto número igual ou menor que a média.

Como primeiro sub-grupo dos tópicos mais registrados, temos o 2 e o 4, percebemos um acentuado número de registros do tópico 2 (o Sistema Internacional de Unidade) e do tópico 4 (matematizar o *tempo*). Quanto à importância da presença marcante do 2, podemos tentar explicar parcialmente, pois o S.I está presente não somente naquele momento da aprendizagem, como também em suas unidades ao longo de toda a Física e em outras disciplinas, como também no nosso dia-a-dia. Já com relação ao grande número de livros que recorrem ao tópico 4, acreditamos ser em função da facilidade de relação deste com horas, dias e segundos, pois é comum, quando pensamos em *tempo*, logo o relacionarmos com o relógio e suas subdivisões.

Nos dois casos, notamos que os possíveis motivos que os autores tiveram para apresentação do tema é a forte presença desse em nosso cotidiano.

No segundo sub-grupo dos tópicos menos registrados, estão os 1, 3, 5 e 6 com menos da metade dos livros incluindo-os. Constatamos nesse sub-grupo um razoável número de incidência no tópico 6, diminuindo gradativamente por 3, 1 e finalmente 5. Nesse caso, em que evidentemente os livros didáticos não apresentam os tópicos, notamos que outros diferentes dos nossos também não são abordados,

dessa forma, o que nos leva a concluir que o livro didático deixa lacunas em aspectos relevantes.

Quando da segunda abordagem do tema *tempo* pelo livro didático, esperávamos encontrar os tópicos 7.1, 7.2 e 7.3 como mais um sub-grupo, motivo por que o criamos.

Separamos propositalmente tais tópicos visto cada um representar um pensamento distinto sobre o *tempo*. Com relação ao 7.3, não há registros nos livros didáticos analisados, embora a noção do tempo subjetivo seja muito difundida na Filosofia, disciplina que terá a sua inclusão e obrigatoriedade no ensino médio.

Quanto à noção do *tempo* absoluto, há poucos registros nos livros didáticos. Esse tópico pode até ter sido menos valorizado com o advento da Teoria da Relatividade de Einstein, mas não deve deixar de ter seu lugar de destaque no livro didático. A teoria do *tempo* absoluto muito representou na história da Física e seu principal representante, Newton, sempre será uma referência nesta disciplina. Quanto ao *tempo* representado dentro da Teoria da Relatividade de Einstein, esteve evidenciado em praticamente todos os livros didáticos pesquisados. Observamos que alguns livros ainda não incluíam o assunto relatividade, como os livros A, J, L, O e P; livros editados em 2003, 2004 e 2005 e que obviamente não há registros do tópico 7.2. Justifica-se o grande número de registros desse tópico pela importância daquela teoria em nossa civilização, sendo atual e contemporânea, juntamente com o gênio que foi Einstein.

Observando o quadro de uma maneira geral, constatamos que em média apenas metade dos tópicos são contemplados quando da apresentação do tema, deixando espaços e dúvidas do porquê da não identificação dos outros demais.

Abordando todos os mencionados tópicos de uma forma mais profunda, será possível um melhor entendimento da noção do *tempo*. Em razão disso, elaboramos a proposta de seqüência da apresentação da noção do tempo (ver 4.4).

4.3- Análise do Livro Didático quanto à Abordagem dos Tópicos

Os livros didáticos abordam o tema alvo desta pesquisa recorrendo a alguns dos itens listados em 3.2.2.1 (lista de tópicos sobre o tema *tempo*). Devido ao grande número de livros didáticos e, por sua vez, também ao número de tópicos, escolhemos dois trechos de apenas dois livros didáticos para cada análise.

Desta forma, apresentaremos o texto do livro didático seguido de sua análise, podendo este trecho ser comparado com o texto proposto na fundamentação teórica (2.3.1 a 2.3.7.3, tópicos sobre o tempo).

4.3.1-O Birô Internacional de Pesos e Medidas (BIPM)

Livro E - Torres (2001):

Uma primeira tentativa de padronização, com a criação de um sistema de unidades, ocorreu na França, em 1790, na época da revolução Francesa. O sistema então criado pela Academia de Ciências de Paris, denominado **sistema métrico decimal** e que gradativamente passou a ter aceitação mundial, adotava como unidades de medida o metro (m), o quilograma (kg) e o segundo (s) (p. 17).

No texto do livro didático acima transcrito, o autor recorre ao BIPM. Observamos que ele não contextualiza a razão de sua criação e que a Academia de Ciências de Paris é apresentada como a criadora do sistema métrico decimal. Além disso, a assertiva de que tal sistema teria passado a ser adotado pelo mundo todo é equivocada.

Livro K - Bonjorno (2003):

Para tentar resolver esses problemas, o governo republicano francês pediu à Academia de Ciências da França, em 1789, que criasse um sistema baseado numa constante “natural”. Assim foi criado o sistema métrico decimal, constituído de três unidade básicas:

O metro (m)....

.... a ambição dos franceses era tornar o sistema *universal* (usado em todo mundo). Apesar de diversos países importantes aderirem a proposta no século XIX, divergências políticas impediram o sonho de se concretizar.

O Brasil, por exemplo, aderiu à chamada convenção do metro em 20 de maio de 1875, quando 17 países apoiavam a proposta. Nessa convenção criou-se o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), com sede perto de Paris, com a missão de assegurar a unificação mundial das medidas físicas (p. 22).

Analisando esse outro texto, é revelada que a criação do mencionado sistema métrico ocorreu antes do BIPM, pacificamente por um pedido do governo francês, apenas em virtude da vontade de os franceses normatizarem as medidas para torná-las universais, deixando principalmente de contextualizá-las com a Revolução Francesa.

4.3.2 -O Sistema Internacional de Unidades (SI), incluindo o *tempo* como uma das 7 unidades fundamentais

Livro D - Talavera (2002):

Em 1960, foram redefinidos os padrões de comprimento e de intervalo de tempo. O conjunto de padrões e normas de uso passou a ser denominado **Sistema Internacional de Unidades**, cuja sigla oficial é **SI** (P.11).

Nesse texto, como exemplo de apresentação do SI nos livros didáticos do ensino médio, observamos que é registrada a nova denominação dos padrões de unidades em 1960, bem como redefinidos seus padrões.

Livro J- Guimarães (2004):

O Sistema Internacional de Unidades (SI) surgiu da necessidade de padronização, para evitar que os diversos países utilizassem unidades diferentes para uma mesma grandeza. Por exemplo: enquanto carros fabricados no Brasil têm seus velocímetros graduados em quilômetros por hora (km/h), os velocímetros de alguns carros importados são graduados em milhas por hora (mph) (p. 07).

Na transcrição acima, é ressaltada a qualidade do SI, que objetiva unificar as medidas em aparatos tecnológicos, porém observamos que o mesmo texto apresenta exemplos em que as unidades não são padronizadas, explicitando que o objetivo do SI não foi atingido.

4.3.3- A idéia de *tempo* ligado ao movimento dos corpos celestes

Livro H - Paraná (2005):

Os conhecimentos atuais sobre a duração do ano, sua divisão em meses, estes limitados por dias, que se dividem em horas e minutos, apresentam uma exatidão que não se diferencia muito da que foi alcançada na Antigüidade. Os egípcios, por exemplo, que não tinham uma tendência

voltada para as reflexões filosóficas e sim para os aspectos práticos, não se detinham em teorias sobre o Sol e a Lua ou sobre o movimento dos planetas quando estudavam os astros; procuravam bases utilitárias e uma delas era a marcação do tempo. Assim esse povo foi um dos primeiros a construir o relógio de sol - instrumento constituído por uma vareta que projeta sua sombra num anteparo dividido em doze partes iguais; à medida que o Sol caminha no céu, a vareta projeta sucessivamente uma linha de sombra nos espaços divididos, indicando a hora do dia (p. 08).

Aqui se lê que a precisão atual da medição da duração do *tempo* não se diferencia muito da conseguida antigamente, o que é questionável. É referido também que os egípcios não tinham o hábito de observar os astros para filosofar sobre eles e apenas os estudavam com fins utilitários. Registra, por exemplo, que seus movimentos eram utilizados como uma medida do *tempo* e que os egípcios foram os primeiros a construir gnômons.

Livro E - Torres (2001):

A medida do tempo, desde a Antiguidade, sempre foi baseada no movimento dos corpos celestes e nos de translação e de rotação da Terra. Assim o dia solar corresponde ao tempo necessário para a Terra completar uma volta ao redor de seu próprio eixo e o Sol voltar a ocupar a mesma posição no firmamento; o ano é o tempo necessário para a Terra completar uma volta em seu movimento de translação ao redor do sol. O **segundo (s)** foi originalmente definido como 1/86.400 do dia solar médio (p. 19).

Nesse outro texto há idênticamente o registro da ligação do *tempo* com os movimentos astronômicos. O dia é função de uma rotação da Terra e o ano de uma translação. Já o segundo teve sua origem de medida no dia solar. Acreditamos que falta aprofundamento na explicação dos movimentos astronômicos, pois seria adequado para dar mais significado ao tema.

4.3.4– Matematizar o *tempo*. O dia com 24 horas, 1440 minutos ou 86.400 segundos

Livro C - Ramalho (2003):

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ min} & = & 60 \text{ s.} \\
 1 \text{ h} & = & 60 \text{ min} \quad = 60 \cdot 60 \text{ s} \quad = 3.600 \text{ s} \\
 1 \text{ dia} & = & 24 \text{ h} \quad = 24 \cdot 3.600 \text{ s} \quad = 86.400 \text{ s (p. 05)}
 \end{array}$$

Um outro aspecto da apresentação do *tempo* no livro didático que abordaremos é o destaque dado a sua visão matemática. Nele freqüentemente são apresentadas

contas de como se calculam as horas, minutos e segundos, de uma forma isolada e ocultando-se diversos aspectos que enriquecem o tema, como o geográfico, visto a explicação envolver a rotação da Terra.

Livro A - Bonjorno (2001):

grandeza	nome	símbolo	valor em unidades SI
tempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 hora = 60 min = 3 600 s
	dia	d	1 dia = 24 h = 86400s (p.12).

Nos dois livros textos exemplificados neste tópico, teremos o *tempo* reduzido apenas a uma conta matemática. E em ambos estas são efetuadas tentando transformar a Física em uma disciplina de Matemática Aplicada.

Vale registrar que até os valores são iguais nos livros C e A.

4.3.5– A irregularidade na duração da rotação da Terra

LIVRO G - Ferraro (2004):

A unidade de tempo no SI é o segundo (s). Primitivamente, era definido como sendo a fração **1/86 400 do dia solar médio** sendo este relacionado com a duração de rotação da Terra.

Em virtude das irregularidades do período de rotação terrestre, a definição acima não apresentava a exatidão requerida. Em 1967, estabeleceu-se uma definição mais precisa, baseada na duração da transição entre dois níveis de energia de um átomo (p. 08).

O autor ao abordar o tema no livro didático diz que a irregularidade da rotação da Terra fez esse movimento ser preterido na medição do *tempo* por um outro movimento, o atômico, tendo tais unidades sido estabelecidas através de definições, sem citar por quem ou qual o elemento atômico escolhido.

Livro B- Gaspar (2003):

Assim, o segundo foi definido como sendo a fração 1/86 400 da duração do dia solar médio. No entanto o período de rotação da Terra varia e os dias não são todos exatamente iguais. Por isso em 1956 foi escolhido como padrão o dia solar médio do ano de 1900. O aparecimento dos relógios atômicos, no entanto, permitiu a definição atual, mais precisa, estabelecida em 1967: Segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos de uma determinada radiação ocorrida no átomo de césio 133 (p. 26).

Em outro livro didático, vemos que é citada a irregularidade na rotação, mas não explica como ocorre. Dá a entender que a solução veio ao adotar-se um dia solar médio padrão de um determinado ano, subentendendo-se que todos os outros anos foram relegados pela possibilidade de estarem errados e que depois foi estabelecido um novo padrão, agora atômico.

4.3.6- Uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio atômico de césio

Livro I - Paraná (1999):

Observações:

1) Em 1967, o segundo foi redefinido em termos do período de vibração dos elétrons nos átomos de césio 133 (**exatamente** 9 192 631 770 desses períodos) (p. 15).

Observamos que, coincidentemente nos dois textos dos livros didáticos, a apresentação da unidade de medida oficial e atual do *tempo*, o segundo, medido pela oscilação do átomo de césio, não vem no corpo do texto e sim como uma nota de observação após o texto e abaixo. Sendo essa a medida oficial e atual, deveria certamente receber destaque.

Livro Q - Carron (2002):

Segundo*

Duração de 9 162 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio-133. Definição ratificada pela décima terceira C.G.P.M., em maio de 1967 (p. 07).

O mesmo fato dessa separação é constatado no texto do livro analisado acima.

4.3.7 – Análise do tópico das principais teorias sobre a natureza do *tempo*.

4.3.7.1 – O *tempo* absoluto

Livro B - Aragão (2004):

Para Newton, os fenômenos físicos ocorriam no espaço tridimensional descrito pela geometria de Euclides (280 a. C.), espaço que deve ser absoluto, inalterável e imóvel. **O tempo para Newton, também é absoluto,**

sem ligação com o mundo material, independente do fenômeno que nele ocorra. Portanto, a mecânica de Newton, é caracterizada por serem o espaço e o tempo absolutos (p.137).

Em ambos os textos do livro didático, percebe-se que a explicação é muito resumida. No primeiro, o espaço e o *tempo* absolutos coincidem com o descrito na geometria de Euclides (280 a.C.): o espaço é tridimensional, absoluto, inalterável e imóvel sem qualquer ligação com o mundo material.

Livro F- Gaspar(2003):

“...uma idéia que contraria as mais arraigadas convicções do ser humano – a do tempo absoluto e imutável” (p.313).

Em outro texto do livro didático, que também dedica pouco espaço para o *tempo* absoluto, apenas um simples comentário com poucas palavras é apresentado. Explica inicialmente o *tempo* ser relativo na teoria einsteiniana.

Ambos os textos não aprofundam o *tempo* absoluto, nem seu personagem principal, Newton, aparenta que a apresentação do *tempo* absoluto ocorre apenas para servir como comparação com o *tempo* da Teoria da Relatividade.

4.3.7.2- A Noção de *Tempo* na Teoria da Relatividade de Einstein

Livro N- Scandelari (2004):

A física moderna considera o tempo uma **quarta dimensão** e, por intermédio de cálculos e experiências, prova que quanto maior for a velocidade do corpo, mais lentamente o tempo escoar para ele (p. 306).

Num primeiro texto do livro didático, constatamos que quando se fala de “mais lentamente o *tempo* escoar em função de um aumento na velocidade”, o mesmo não dá maiores explicações antecipadamente sobre a quais níveis de velocidades se refere, por serem velocidades de veículos e velocidades próximas a da luz bastante diferentes, possibilitando dúvidas.

Livro R- Sampaio (2003):

Vamos supor que queiramos medir o intervalo de tempo gasto para ocorrer um fenômeno. Uma das conseqüências do postulado de Einstein é que o valor desse intervalo de tempo vai depender do referencial em que está o observador. Se tivermos dois observadores situados em dois referenciais inerciais diferentes, um tendo velocidades constante em relação ao outro, os intervalos de tempo medidos por esses observadores serão diferentes (p. 393).

Em outro texto, nota-se que o autor, nas primeiras linhas, falando ainda em referenciais e velocidades, introduz o tópico como se o aluno já tivesse os conhecimentos prévios do assunto sem maiores explicações de quanto é o seu valor.

4.3.7.3 – A Noção de *Tempo* Subjetivo

O *tempo* subjetivo é um tópico cuja presença não foi observada nos livros didáticos, motivo pelo qual não apresentaremos exemplos do mesmo com a respectiva análise. Esse fato pode ser constatado conforme o quadro I.

4.4 - Proposta de seqüência para apresentação da noção do *tempo*

Baseados nas análises dos livros didáticos e em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, apresentamos nossa proposta no sentido de dar mais significado ao texto. Elaboramos essa seqüência na qual objetivamos um ordenamento dos assuntos e um encadeamento das idéias de forma a mostrá-los do mais simples e presente no cotidiano do aluno até o mais complexo, dividindo-os em duas partes. A primeira parte contendo os tópicos de 1 a 6, geralmente presentes no primeiro capítulo do livro didático de física no primeiro ano do ensino médio. A segunda parte com os tópicos de 7.1 a 7.3 contemplados para a parte do livro didático que aborda a teoria da relatividade de Einstein geralmente apresentada no terceiro ano do ensino médio.

4.4.1- Primeira parte da apresentação da noção do *tempo*

I- Propomos iniciar pelo tópico 2, o Sistema Internacional de Unidades. Apresentaríamos o *tempo* como uma das sete unidades fundamentais com

contextualizações, visto a Física se ocupar principalmente com os fenômenos e suas medições e com isto precisa dessas unidades. Muito do dia-a-dia do aluno envolve as unidades fundamentais, como, por exemplo, a duração das partidas de futebol ou o peso nas embalagens dos alimentos, isso resgata significação para o aluno e está em consonância com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (ver 2.1).

Passaríamos ao tópico 4, com a matematização do *tempo*, em que o mesmo tem sua aplicação prática nos relógios que o fracionam em horas, minutos e segundos. Passaríamos ao tópico 3 com o *tempo* ligado aos movimentos astronômicos, por serem as horas que os relógios medem sincronizadas com esse movimento. Observemos que o movimento de rotação da Terra não é regular, havendo instituições internacionais que acertam as horas do relógio em relação a esse movimento. Assim teríamos abordado o tópico 5, a irregularidade da duração da rotação da Terra, dentro do contexto das horas marcadas no relógio. Naquele momento, abordaríamos o tópico 1, O Birô Internacional de Pesos e Medidas, uma organização internacional, em que cientistas em reuniões freqüentes organizam todo esse complexo conhecimento, não só com vistas à apresentação no livro didático, como também para toda a ciência e a tecnologia. Com relação ao *segundo*, decidiu-se, em uma das reuniões do BIPM, que seria pontuado em função da duração da rotação da Terra e que é uma das sete unidades fundamentais de medidas, decididas da mesma forma.

Finalmente continuaríamos explicando que as unidades fundamentais não são definitivas e que o BIPM pode mudar a forma de medi-las. Foi o que aconteceu com a unidade de *tempo* quando, em virtude da irregularidade na rotação da Terra, foi substituída pelo padrão atômico. Abordaríamos, a seguir o tópico 6, uma medição mais precisa para o *tempo* com o relógio atômico de césio. Sendo muito mais preciso, foi preferido em lugar do anterior, concluindo a primeira parte da apresentação.

4.4.2- Segunda parte da apresentação da noção do *tempo*

II - A segunda parte seria iniciada com a abordagem de que a noção do *tempo* e do espaço sempre foi objeto de muitos estudos por diversos cientistas, resultando em algumas teorias.

Iniciáramos com a teoria do tópico 7.1, o *tempo* absoluto defendido por Newton, que é a que mais se identifica com o constante nos tópicos de 1 a 6, estando esse presente em nosso senso comum e tendo também vários pontos relevantes dentro da história da Física. Essa é uma noção de *tempo* constante e passando invariavelmente.

Como forma de comparação, passaríamos ao tópico 7.2, a noção de *tempo* na Teoria da Relatividade de Einstein e o que conjuntamente representou na mudança da mentalidade no mundo problematizando com as medidas do comprimento e da massa.

Encerraríamos a segunda parte de nossa apresentação do tema com uma visão filosófica do *tempo*, tópico 7.2, com Santo Agostinho, juntamente com vários outros importantes representantes, que podem vir a ser registrados nos livros didáticos do ensino médio, em função da inclusão da Filosofia nos currículos.

5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O *tempo* e seu estudo, como vimos, coabitam nossa mente desde os primórdios da civilização. Em toda sociedade encontramos uma noção de *tempo* fortemente influenciada pelo senso comum. Nas ciências, principalmente a Física e a Filosofia, têm despontado nos estudos desse tema. Através dos livros didáticos, nesse caso os de Física, os alunos recebem as primeiras lições sobre o tema e de como funciona a ciência.

Dessa forma nosso trabalho, que consiste de uma pesquisa bibliográfica, vem a contribuir com o livro didático para apresentar cientificamente um tema que socialmente recebe grande indução pelo senso comum.

Para possibilitar essa contribuição recorreremos, principalmente, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel utilizando a história da Física como um subsunçor para abordagem do tema.

Do presente no trabalho podemos concluir que:

C.1. A utilização da parte histórica e conceitual da Física nos livros didáticos é discreta e incipiente.

O estudo histórico e conceitual de um tema, pode ser feito recorrendo-se a história da Física, este deve anteceder a aplicação matemática, pois as propriedades de um fenômeno ou de um conceito devem ser aprendidas previamente, antes que suas aplicações algébricas, devido a sua importância e relevância para a construção do conhecimento.

C.2. As operações algébricas tendem a ocultar a complexidade e conceituação do conhecimento das ciências Físicas.

Tal fato pode ser parcialmente explicado pela demanda dos alunos com relação aos exercícios sobre um tema; esses quando realizados de modo correto, dão a pseudo impressão de um eficiente aprendizado.

Recorrer prematuramente ao algebrismo tradicional, possibilita falhas na construção do saber, pela não construção da ponte significativa entre o trabalho abstrato matemático e a essência conceitual da ciência. Não que a Matemática tenha diminuída sua importância ou que seja a responsável por todos os problemas de aprendizagem em Física mas, é consenso que só os bem treinados nela conseguem enxergar tudo o que os números revelam.

C.3. A utilização da História da Física funciona como um eficiente subsunçor ao ser aplicada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel quando da transposição didática do *tempo*.

Com o uso da História da Física podemos elaborar para o tema um texto mais significativo recorrendo, por exemplo, a algo presente no cotidiano do aluno que coincida com o abordado, no sentido de minimizar dificuldades de aprendizagem, conforme presente na fundamentação teórica.

C.4. Constatamos a ausência no livro didático de Física de uma abordagem do tema sob a óptica da filosofia juntamente com seus personagens.

Evidentemente, tal exclusão vai de encontro ao agora preconizado pelo PCN em que aquela ciência participará dos conteúdos programáticos do ensino médio.

Concluimos, por fim, nesta pesquisa, que existe a percepção de nosso objeto de estudo de duas formas: sendo absoluto ou objetivo quando relacionado com algo material (por exemplo, o movimento de rotação da Terra), tendo sua passagem constante comprovada por uma máquina (o relógio) onde acreditamos que suas frações tem a mesma duração.

E em outros momentos nos parece subjetivo, quando relacionado com nossa sensação de sua passagem, como na espera por um bom acontecimento como uma festa ou o recebimento de um prêmio (passa devagar), ou então na espera de uma importante avaliação em um concurso (passa rápido). Por que temos a sensação da passagem do *tempo* diferentemente?

Em ambos os exemplos o entendemos como *tempo*, porém, no futuro, se pudermos aprofundar os estudos, pesquisaremos no sentido de buscar limites dessa sensação distinta.

Do que foi exposto no presente trabalho vislumbramos como perspectivas:

P.1. Aplicar uma transposição didática do presente trabalho em uma turma de ensino médio para a comparação de resultados com uma transposição do apresentado pelo livro didático.

P.2. Prosseguir as pesquisas estendendo para as sete grandezas fundamentais visto serem continuamente utilizadas tanto no ensino médio quanto no superior.

P.3. Ampliar as pesquisas no sentido de realizar um corte epistemológico nas concepções e personagens principais sobre as teorias da natureza do *tempo* em busca dos fundamentos dessa noção.

Do que foi exposto no presente trabalho apresentamos como sugestão:

S.1. Utilização da seqüência de roteiro elaborada em nossa pesquisa para aplicação numa transposição didática numa noção de *tempo* no ensino médio.

Identificamos a necessidade de uma seqüência para a apresentação do tema *tempo* juntamente com o respectivo desenvolvimento dos tópicos relevantes sobre o mesmo que acreditamos úteis quando de sua apresentação.

Ao terminar nosso trabalho de pesquisa para apresentação da noção do *tempo* no livro didático, acreditamos que demos um passo importante, mas persiste a pergunta sobre o que ele é?

Realmente esta pergunta não fazia parte de nosso problema, porém devido a dinâmica da pesquisa foi iminente e inevitável nossa aproximação dela; e até por mais faces do que imaginava nossa expectativa.

Ao nos aproximar do *tempo* através do relógio, vimos que esse é um aparato físico que exhibe apenas um movimento regular. Ele pode ser de água, areia ou césio. Porém, não encontramos nesses movimentos a devida relação com o *tempo*. Se tentamos uma outra aproximação pelo evoluir dos astros, veremos que durante o dia há o aparente cruzar do Sol e de noite, o evoluir das estrelas. E nisso também não conseguimos uma analogia com o *tempo*.

Se tentamos, por fim, uma aproximação, essa com um viés mais científico, através do BIPM, veremos que a unidade de *tempo* vem de um consenso entre os homens (cientistas). O que eles (cientistas) passam a chamar de *tempo* é o que nós devemos entender como sendo *tempo*. Nisso tudo constatamos que não estamos medindo durações de *tempo* e não encontramos "o vínculo original". Dessa forma nunca medimos o *tempo* genuíno.

O *tempo*, que em nossa pesquisa ensejamos ao menos uma aproximação, pareceu realmente ter várias facetas. Provavelmente, como defendia Newton, é alheio a tudo isso, é externo. Como defendia Agostinho, possivelmente é interno, medido pela nossa alma. E por mais paradoxal que seja, pode também ser uma invenção de nossa imaginação ou não ser absolutamente nada, como nos dizia Bergson. Difícil até de, ao menos, provarmos sua realidade.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. Quarta edição. São Paulo: SP. Ed. Martins Fontes. 2000. 1014 p.

AGOSTINHO, Santo. **As Confissões**. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. Martin Claret.. 2003. Trad. Alex Martins. 432 p.

ANJOS, Ivan Gonçalves do. **Física para o Ensino Médio**. Segunda edição. São Paulo: SP. Editora IBEP. 2005. 448 p.

ARAGÃO, Heliete M. C. Arruda. Pedro Henrique A. Aragão. **Física: Ensino Médio**. Primeira edição. Brasília: Editora CIB- Cis Brasil. 2004. 383 p.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: RJ. Editora Interamericana. 1980. 527 p.

BONJORNO, José Roberto. ... [et al.]. **Física Fundamental**. Vol. Único. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. FTD. 1999. 672p.

BONJORNO, Regina Azenha ... [et al.]. **Física Completa**. Vol. Único. Segunda edição. São Paulo: SP. Ed. FTD. 2001. 551 p.

BONJORNO, José Roberto. ... [et al.]. **Física: História e Cotidiano**. Vol. 1 Mecânica. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. FTD.2003. 488p.

BONJORNO, José Roberto. ... [et al.]. **Física: História e Cotidiano**. Vol. 3 Mecânica. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. FTD. 2003. 456 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de educação Média e tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Mais**. Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: DF. 2004. 141p.

CAPRA, Fritjof. **O Tao da Física**. 22a edição. São Paulo: SP. Editora Cultrix. Trad.: José Fernandes Dias. Rev. Técnica: Newton Roberval Eichenberg. 1975. 274p.

CARRON, Wilson e Guimarães, Osvaldo. **Física**. Vol. Único. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. Moderna. 1999. 264p.

CARRON, Wilson e Guimarães, Osvaldo. **As Faces da Física**. Vol. Único. Segunda edição. São Paulo: SP. Ed. Moderna. 2002. 742 p.

CHIQUETTO, Marcos José. **Breve História da Medida do Tempo**. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. Scipione. 1996. 55 p.

COTRIM, Gilberto. **Fundamentos da Filosofia**. Segunda edição. São Paulo: SP. Ed. Saraiva. 1987. 224p.

DUROZOI, Gérard e Roussel, André. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: SP. Ed. Papirus. Campinas. 1993. 511 p.

FERRARO, Nicolau Gilberto e TOLEDO, Paulo Antônio. **Física Básica**. Vol. único. Segunda edição. São Paulo: SP. Editora Atual. 2004. 639 p.

FERREIRA, A. B. de Holanda. **Novo Aurélio Século XXI**. Terceira Edição. Rio de Janeiro: RJ. Ed. Nova Fronteira. 1999. 2128 p.

FLAHERTY, Thomas H. **Mistérios do Desconhecido: tempo e espaço**. Quarta edição. São Paulo: SP. Editora Abril. 1993. 144 p.

FREITAG, Barbara.; MOTTA, Valéria Rodrigues e COSTA, Wanderly ferreira da. **O livro didático em questão**. Terceira Edição. São Paulo: SP. Cortez editora. 1997. 159 p.

GASPAR, Alberto. **Física**. Mecânica. Vol. 1. Quarta impressão. São Paulo: SP. Ed. Ática. 2003. 384 p.

GASPAR, Alberto. **Física**. Vol. 3. Quarta impressão. São Paulo. São Paulo: SP. Ed. Ática. 2003. 448 p.

GRIBBIN, Jonh. **Tempo: o Profundo Mistério do Universo**. Trad.: Aldo Bocchini Neto. Revisão: Oscar Pereira. Segunda edição. Rio de Janeiro: RJ. Ed. Francisco Alves. 1979. 111p.

GRIBBIN, Jonh. Gribbin, Mary. **Aventura na Ciência: Tempo e espaço**. Rio de Janeiro: RJ. Ed. Globo. 1994. 64p.

GUIMARÃES, Luiz Alberto Mendes. FONTE BOA, Marcelo Cordeiro. **Física: Mecânica. Vol. 1**. Segunda edição. Rio de Janeiro: RJ. Editora Futura. 2004. 497 p.

GUIMARÃES, Luiz Alberto Mendes. FONTE BOA, Marcelo Cordeiro. **Física: Eletricidade. Vol. 3**. Segunda edição. Rio de Janeiro: RJ. Editora Futura. 2004. 326p.

HAWKING, Stephen W. **Uma breve história do tempo**. Trad.: Maria Helena Torres. São Paulo: SP. Circulo do livro S. A. Editora EDUSC.1988. 184p.

HAWKING, Stephen W. **Guia do leitor para uma breve história do tempo de Stephen Hawking**. Trad.: Maria Luiza X. de A. Borges. Torres. Rio de Janeiro: RJ. Ed. Rocco. 1994. 171p.

HAWKING, Stephen W. **O Universo numa Casca de Noz**. Trad.: Ivo Korytowski. Rev. Técnica: Augusto Damineli. São Paulo. SP. Editora Arx. 6a Edição.. 2002. 215p.

HAWKING, Stephen W. **Uma Nova História do Tempo**. Rio de Janeiro: RJ. Editora Ediouro. 2005. 173p.

HAWKING, Stephen W. ...[et al.]. **O futuro do espaço-tempo**. Trad.: José Viegas Filho. São Paulo: SP. Ed. Companhia das letras. 2005. 242p.

HUISMAN, Denis. **Dicionário dos filósofos**. São Paulo: SP. Ed. Martins Fontes. 2001. 1053 p.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; e ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física: volume único**. Primeira edição, Quarta impressão. São Paulo: SP. Editora Scipione. 2003. 415 p.

MAGEE, Bryan. **História da Filosofia**. Trad.: Marcos Bagno. Terceira edição. São Paulo: SP. Edições Loyola. 2001. 240p.

MORA, José Ferrater. **Dicionário de Filosofia**. Quarta edição. São Paulo: SP. Ed. Martins Fontes. 2001. 741 p..

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **A Aprendizagem Significativa. A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: SP. Editora Moraes. 1982. 112 p.

NUÑEZ, Isauro Beltrán. Ramalho, Betania Leite (orgs). **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o Novo Ensino Médio**. Primeira Edição. Porto Alegre: RS. Editora Sulina. 2004. 300 p.

OLIVEIRA, M. Marly de, **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. Primeira Edição. Recife: PE. Editora Bagaço. 2005. 192 p.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física para o Ensino Médio**. Vol. único. São Paulo: SP. Ed. Ática. Segunda edição. 1999. 664p.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física**. Série novo ensino médio. Vol. Único. Sexta edição. São Paulo. São Paulo: SP. Ed. Ática. 2005. 400 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Sobre a utilização didática da história da ciência** In. PIETROCOLA. M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: SC. Editora UFSC. 2001. 236 p.

PIETTRE, Bernard. **Filosofia e ciência do tempo**. Trad.: Maria Antônia Pires de Figueiredo. Bauru: SP. Editora EDUSC. 1997. 224p.

RAMALHO, Francisco. FERRARO, Nicolau Gilberto. TOLEDO, Paulo Antônio. **Os Fundamentos da Física**. Vol. 1. Oitava edição revista e ampliada. São Paulo: SP. Editora Moderna. 2003. 446 p.

RAMALHO, Francisco. FERRARO, Nicolau Gilberto. TOLEDO, Paulo Antônio. **Os Fundamentos da Física**. Vol. 3. Oitava edição revista e ampliada. São Paulo: SP. Editora Moderna. 2003. 480 p.

RAY, Christopher. **Tempo Espaço e Filosofia**. Campinas: São Paulo. Editora Papirus. 1993. 313 p.

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houaiss de Física**. Primeira edição. Rio de Janeiro: RJ. Editora Objetiva. 2005. 264 p.

SAGAN, Carl. **Pálido ponto azul: o futuro do homem no espaço**. Trad. Rosaura Eichenberg. São Paulo: SP. Editora companhia das letras.1996. 496p.

SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. Volume único. Primeira edição. Quarta reimpressão. São Paulo: SP. Editora Atual. 2003. 472 p.

SANTOS, Theobaldo M. **Manual de Filosofia**. 15 Edição. São Paulo: SP. Companhia Editora Nacional.1967. 524 p.

SCANDELARI, José Roberto. **Física. Volume único**. Primeira Edição. São Paulo: SP. Editora IBEP. 2004. 408 p.

SMART. J. J. C. **Nosso Lugar No Universo: Uma Questão De Espaço e Tempo**. São Paulo. SP. Editora Siciliano. 1991. 261p.

TALAVERA, Álvaro Caspo e POZZANO, Luciano. **Física Mecânica 1**. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. Nova Geração.2002. 128 p.

TORRES, Carlos Magno Azinaro...[et al]. **Física Ciência e tecnologia**. Vol. Único. Primeira edição. São Paulo: SP. Ed. Moderna. 2001. 665p.

Revistas:

Scientific American Brasil. Duetto editorial. São Paulo: SP. Junho de 2004.

Sites:

www.atica.com.br. [Acessado em 03/04/2006].

www.atualeditora.com.br. [Acessado em 02/04/2006].

www.bipm.fr. [Acessado em 02/05/2006].

www.cdcc.usp.br. [acessado em 05/06/2006].

www.editoraibep.com.br. [Acessado em 31/03/2006]

www.editorasaraiva.com.br. [Acessado em 02/04/2006]

www.encyclopedia.tiosam.com [Acessado em 07/06/2006]

www.formatoeditorial.com.br. [Acessado em 02/04/2006]

www.ftd.com.br. [Acessado em 31/03/2006]

www.inmetro.gov.br. [Acessado em 01/05/2006]

www.moderna.com.br. [Acessado em 03/04/2006].

www.pcds01.on.br [Acessado em 01/05/2006]

www.wikipedia.org: [Acessado em 05/06/2006].

www.scipione.com.br. [Acessado em 03/04/2006].

