

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
Faculdade de Física
Curso de Licenciatura em Física
Disciplina: Monografia - Licenciatura

Eduardo Sörensen Ghisolfi

SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE TEMPO E UMA
INVESTIGAÇÃO DO SEU SIGNIFICADO ENTRE ESTUDANTES DE
DIFERENTES NÍVEIS DE ESCOLARIDADE

Porto Alegre
2008.

Eduardo Sörensen Ghisolfi

SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE TEMPO E UMA
INVESTIGAÇÃO DO SEU SIGNIFICADO ENTRE ESTUDANTES DE
DIFERENTES NÍVEIS DE ESCOLARIDADE

Trabalho apresentado à banca examinadora
como pré-requisito para a aprovação na
disciplina de Monografia - Licenciatura

Orientadora: Profa. Dra. Sayonara Salvador Cabral da Costa

Porto Alegre
2008.

GHISOLFI, Eduardo Sörensen

Sobre a Evolução Histórica do Conceito de Tempo e uma Investigação do Seu Significado entre Estudantes de Diferentes Níveis de Escolaridade Eduardo Sörensen Ghisolfi. – Porto Alegre: FAFIS-PUCRS, 2008.

157 p.

Monografia – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Física, Curso de Graduação em Licenciatura em Física. Porto Alegre, BR-RS, 2008.

Orientação da Profa. Dra. Sayonara Salvador Cabral da Costa.

1. Conceito de Tempo. 2. Evolução Histórica. 3. Conceito de tempo entre estudantes. I. da Costa orientadora, Sayonara Salvador Cabral. Dra.

“Não sei como o mundo me vê; mas eu me sinto como um garoto brincando na praia, contente em achar aqui e ali uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita, tendo sempre diante de mim, ainda por descobrir, o grande oceano da verdade.”

Isaac Newton
(1643-1727)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado:

Aos meus pais, Gisela e Reginaldo, pelo exemplo e dedicação, e, também, porque são os responsáveis pelo início dos “tempos”, para mim.

Aos meus irmãos, Aldo e Alexandre, pelo estímulo de sempre e por terem me ensinado a manter o “tempo”, pelo menos na música.

À minha esposa, Sheila, pelo amor e paciência incondicionais, que transcendem o próprio “tempo”.

A todos os colegas e amigos, em especial a Rita de Cássia da Costa, Gabriel Fernando Pereira e Camila Bento dos Santos, pela colaboração ímpar, por terem dedicado seu afeto e o seu “tempo”, sem os quais este trabalho não se teria realizado.

À minha orientadora, Profa. Sayonara, pela enorme sabedoria e capacidade de colaboração e, também, pela paciência, quando o “tempo” simplesmente parecia fluir mais rápido do que se desejava...

Aos professores Délcio Basso e Maria Eulália Tarragó, pelas sugestões, críticas e pelos tantos momentos de inspiração.

Ao professor Cláudio Osório, cujos ensinamentos – que facilmente vão da Psiquiatria à Física – são atemporais.

Ao professor Renato Dutra Dias, representando os colegas da Faculdade de Biociências, que me apoiaram integralmente nestas aventuras pela Física.

A todos os estudantes – alunos, colegas, professores – que voluntariamente participaram com a sua opinião sobre o “tempo”.

E a todos que pensam sobre ele, desde os mais remotos “tempos”!

RESUMO

O tempo é um conceito primitivo de amplo uso e cujo significado é construído desde a infância. Em Física, o tempo é uma grandeza fundamental, uma das grandezas de base do SI (Sistema Internacional de Unidades) e muitas outras são dele derivadas. Trata-se de um conceito que ocupa a mente dos pensadores (filósofos, cientistas, artistas...) desde as mais remotas eras. A sua natureza tem sido, por vezes, entendida como linear ou cíclica, como contínua ou descontínua, como reversível ou como irreversível. Alguns lhe associam um aspecto real, como um ente físico, outros lhe atribuem um carácter abstrato, por vezes idealizado; para alguns só existe na mente humana, para outros é uma realidade do mundo físico. Pouco se sabe sobre como os estudantes de um modo geral conceituam o tempo. Acredita-se que tal conhecimento poderia auxiliar o professor de Física a aprimorar sua prática. Este estudo é dividido em três partes: i) uma breve revisão sobre a evolução do conceito de tempo ao longo da história; ii) um breve estudo sobre como os livros-textos abordam o conceito; iii) uma investigação sobre como os estudantes (n=298) de diversos níveis de escolaridade conceituam o tempo. Um questionário predominantemente objetivo foi construído e utilizado para investigar as características relacionadas ao tempo. A maioria dos estudantes entende o tempo como um ente que existe, mas que também representa uma convenção, que é contínuo e irreversível e que pode ser determinado tanto pelos fenômenos da natureza, quanto pelos aspectos psicológicos da sua percepção pelos seres humanos, quanto ainda pela sua própria natureza, como um ente físico. A maioria dos estudantes também acredita que ele sempre tenha existido e, como grupo, se dividem quanto ao fato dele poder existir separadamente ou apenas em conjunto com o espaço. Também são divididas as opiniões a respeito da possibilidade de haver dilatação ou contração do tempo. Uma proporção minoritária, mas significativa, dos estudantes de Física acredita que o tempo não existe. Os estudantes de Filosofia são os que mais pensam o tempo como sendo cíclico. Os conceitos mais fortemente relatados pelos estudantes são o tempo como convenção e como a passagem das coisas. Os conceitos de um tempo-relógio, de um tempo referencial, de um tempo como ente autônomo, de um tempo que é psicologicamente relativo e de um tempo que está associado à vida também são bastante relacionados. Os conceitos menos presentes na manifestação dos estudantes foram aqueles ligados à transcendência do tempo, ao chamado tempo-clima, ao tempo como grandeza fundamental, ao tempo como quarta dimensão e também a idéia de que o tempo não existe. O conceito de tempo dos estudantes se assemelha

ao newtoniano, porém incorpora também elementos que seriam mais caracteristicamente atribuído à Espinoza, Kant ou Bergson. Embora, de certa forma, o tempo possa ser considerado intangível, o conceito que os estudantes dele fazem não é inatingível, pode ser conhecido. Neste sentido, são necessários mais estudos.

Palavras-chave: Conceito de Tempo. Evolução Histórica. Conceito de tempo entre estudantes.

ABSTRACT

Time is a primitive notion, widely used and its meaning is constructed since childhood. In Physics, it is a fundamental quantity of the SI System; several other quantities are derived from time. It is a notion that ever occupies thinkers' minds (philosophers, scientists, artists...) since the dawn of civilization. Its nature sometimes has been understood as linear or cyclic, as continuous or not, as reversible or irreversible. Some people give it a real character, others an abstract one, perhaps idealized; for some, it exists only in human mind, others has been considered time as a real physical entity. Not much is known about how students conceive time. We believe that this kind of knowledge could improve Physics teachers work. This study is composed by three branches: i) a brief review on the time notion evolution through history; ii) a brief research of textbooks of Physics: how they define and present time; iii) an investigation of students' concepts about time: 298 students from different educational levels were evaluated. A mostly objective questionnaire was construct and applied. Majority of students understand time as an entity which truly exists but also as something that represents a convention, something that is continuous and irreversible, determined by nature events as well as by psychological features of human perception or by its own characteristics, as a physical entity. Most of the students also believe that time had ever been present and, as a group, they are divided regarding time existence dependence on the space and also regarding to the contraction and dilatation of time. A minority but significant proportion of Physics students believe that time do not exist. Philosophy students are the most prone to believe that time is cyclic. Concepts more often evoked by students are time as a convention and time as the passage of things. Other concepts were also representative: a clock-time, a referential time, time as an autonomous entity, a psychological determined time and a life related time. Less quoted opinions were such related to the transcendence of time, to weather, to time as a fundamental physical quantity or as a fourth dimension or even as the non-existence of time. Students conceive time as Newtonian, however some characteristics that they attributed to time, in certain way, resemble Espinoza, Kant and Bergson. One could state that time is intangible, nevertheless students' concepts are perfectly reachable, they could be known. Further studies are necessary.

Key-words: Time concept. Historical evolution. Time concept among students.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Fundamental.....	53
Quadro 2 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Médio.	54
Quadro 3 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Superior.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de estudantes avaliados em cada um dos grupos de interesse.	73
Tabela 2 - Proporção dos gêneros em cada um dos grupos investigados.....	74
Tabela 3 - Crença na existência do tempo em cada um dos grupos investigados.	77
Tabela 4 - Crença na existência do tempo estratificada por gênero dos estudantes.....	78
Tabela 5 - Opinião sobre a utilidade do tempo estratificada conforme a crença na sua existência.	82
Tabela 6 - Características demográficas dos grupos constituídos pelos casos incluídos (estudantes que acreditam na existência do tempo).....	83
Tabela 7 - Características demográficas dos grupos constituídos pelos casos incluídos. (estudantes que acreditam na existência do tempo e na existência do espaço).	100
Tabela 8 - Opiniões sobre a relação entre o tempo e o espaço.	103
Tabela 9 - Correlação entre a caracterização do tempo e a sua possibilidade de contrair/dilatar.	107
Tabela 10 - Correlação entre a caracterização do tempo e como ele poderia ser determinado.	108
Tabela 11 - Correlação entre a caracterização do tempo e a possibilidade de viagens no tempo.	109
Tabela 12 - Correlação entre a maneira como o tempo flui e a sua relatividade pessoal/interpessoal.	110
Tabela 13 - Correlação entre a maneira como o tempo flui e a possibilidade de encolher/dilatar.	111
Tabela 14 - Correlação entre relatividade pessoal/interpessoal do tempo e a sua possibilidade de encolher/dilatar.	112
Tabela 15 - Diferentes conceitos sobre o tempo.....	126
Tabela 16 - Por que acreditar, ou não, na existência do tempo.	128

LISTA DE ABREVIATURAS

CDC – Centro de Controle de Doenças e Prevenção (*Center for Disease Control and Prevention*), de Atlanta, nos Estados Unidos da América.

CEA – Comissariado para a Energia Atômica (órgão governamental francês)

FAI – Física Auto Instrutivo

Fem. – gênero feminino

FENAME – Feira Nacional do Material Escolar

GREF – Grupo de Re-elaboração do Ensino da Física

GTEF – Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física

IC- Intervalo de Confiança (medida estatística)

IFUSP – Instituto de Física da USP

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

Masc. – gênero masculino

MEC – Ministério da Educação e Cultura

PSSC – Physical Science Study Committee

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

SI – Sistema Internacional de Unidades

t. – tempo

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	O CONCEITO DE TEMPO EM SUA PERSPECTIVA HISTÓRICA	18
2.1	SOBRE AS DIFICULDADES EM SE ENTENDER O TEMPO	19
2.2.	O CONCEITO DE TEMPO AO LONGO DA HISTÓRIA	22
3	O CONCEITO DE TEMPO NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	41
3.1	COMO O TEMA TEMPO É TRATADO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA	41
3.1.1	Livros para o Ensino Fundamental	42
3.1.2	Livros para o Ensino Médio	43
3.1.3	Livros para o Ensino Universitário.....	48
3.1.4	Outras Obras de Interesse	52
3.1.5	Sinopse dos Resultados das Análises dos Livros Didáticos.....	53
3.1.6	Discussão	55
4.	O CONCEITO DE TEMPO ENTRE OS ESTUDANTES	59
4.1	FUNDAMENTAÇÃO	59
4.2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
4.2.1	Instrumento para Coleta de Dados	61
4.2.2	Análise dos Dados	71
4.3	RESULTADOS	72
4.3.1	Descrição da Amostra Investigada.....	72
4.3.2	Avaliação dos Conceitos sobre o Tempo.....	75
4.3.2.1	Crença na existência do tempo	75
4.3.2.2	Questão I.....	78
4.3.2.3	Questão II	80
4.3.2.4	Questão 1	83
4.3.2.5	Questão 2	85
4.3.2.6	Questão 3	87
4.3.2.7	Questão 4	88

4.3.2.8	Questão 5	90
4.3.2.9	Questão 6	91
4.3.2.10	Questão 7	93
4.3.2.11	Questão 8	95
4.3.2.12	Questão 9	97
4.3.2.13	Questão 10	98
4.3.2.14	Questão 11	100
4.3.2.15	Questão 12	102
4.3.2.16	Questão 13	103
4.3.2.17	Questão 14	105
4.3.2.18	A caracterização do tempo e a sua possibilidade de contrair/dilatar	107
4.3.2.19	A caracterização do tempo e como ele poderia ser determinado.	108
4.3.2.20	A caracterização do tempo e a possibilidade de viagens no tempo.....	109
4.3.2.21	A maneira como o tempo flui e a sua relatividade pessoal/interpessoal	110
4.3.2.22	A maneira como o tempo flui e a possibilidade de encolher/dilatar	111
4.3.2.23	A relatividade pessoal/interpessoal do tempo e a sua possibilidade encolher/dilatar	112
4.3.3.24	Avaliação sobre o conceito de tempo através das questões dissertativas.....	113
4.3.3.25	Definição das categorias relativas aos conceitos sobre o tempo (referentes à primeira questão dissertativa)	114
4.3.3.26	Definição das categorias relativas à justificativa da crença (ou descrença) na existência do tempo	121
4.3.2.27	Categorias relativas aos conceitos sobre o tempo e à justificativa da crença (ou descrença) na existência do tempo (Resultados)	124
4.4	CONCLUSÕES	129
5	DISCUSSÃO	130
	REFERÊNCIAS	135
	APÊNDICE – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	139

1 INTRODUÇÃO

O tempo é um conceito importantíssimo para o entendimento da maioria dos processos físicos, senão de todos eles, ao menos em alguma instância. Constitui-se em uma das grandezas fundamentais do sistema internacional de unidades (SI), a partir da qual muitas outras são derivadas, mas trata-se ainda – e antes de qualquer outra coisa – de um conceito de uso intuitivo, presente em nossas mentes e reforçado pela nossa interação com o mundo.

Embora a natureza psicológica do conceito de tempo, da sua gênese e da sua repercussão, seja um assunto inerentemente interessante, ele foge ao escopo primário deste trabalho. É o aspecto mais técnico da terminologia e do conceito subjacente, bem como o seu uso em Ciências, que será primeiramente considerado quando falamos do tempo em Física e também do desdobramento deste conceito, do seu entendimento e das dificuldades envolvidas, na prática de um professor de Física.

Pode ser particularmente útil lembrarmos que a idéia de tempo também possa – e quiçá mesmo deva – ser entendida e pensada como um conceito primitivo¹ (como uma palavra primitiva), não admitindo definição possível a partir de elementos prévios mais primitivos, mas, assumindo apenas a possibilidade de uma enunciação na forma de um conceito. Com isto em mente, espera-se deixar claro que não se pretende aqui procurar qual é, ou seria, o “verdadeiro” conceito de tempo, mas – antes disso – buscar compreender como o tempo vem sendo entendido ao longo da história e como os estudantes de Física pensam o tema.

¹ “Para assinalar a prioridade conceitual de certas noções, como por exemplo, as que representam os atributos principais da substância pensante ou da substância extensa, Descartes introduziu o conceito de noção primitiva. Esse conceito encontra a sua origem no que foi denominado *Regulae* de natureza simples, que são noções que não podem ser decompostas (clara e distintamente) pelo intelecto em noções ainda mais simples. Neste sentido, as naturezas simples não podem ser derivadas de outras noções, devendo, então, ser consideradas como noções primitivas ou elementares... As noções primitivas são as categorias básicas ou elementares do sistema cartesiano; não pressupõem nenhum outro conceito, e delas derivam todas as outras noções. Nesta definição, o termo ‘primitivo’ é usado segundo a sua significação literal: as noções primitivas são elementares, isto é, não são noções derivadas, e delas se derivam todos os outros conceitos do sistema. Nas *Meditações*, as noções primitivas são denominadas de idéias primeiras e principais. Pelo fato de serem primitivas, elas não podem ser causadas por outras idéias. Assim, elas requerem, como causa, realidades em si (realidades formais)”. (LANDIM FILHO, 1992). Segundo este mesmo autor, as idéias relativas aos conceitos primitivos, a partir da concepção do filósofo, físico e matemático francês René Descarte (1595-1650), são retomadas posteriormente por Baruch de Espinoza (1632-1677), filósofo holandês, e por Ludwig Wittgenstein (1889-1951), filósofo austríaco com trabalhos importantes na área da lógica, da linguagem e da epistemologia, e também por outros filósofos de tendência analítica. Descartes e Espinoza são considerados representantes da escola conhecida como Filosofia Moderna enquanto Wittgenstein pertence àqueles que representam a Filosofia Analítica.

De qualquer forma, parece incontestável que o uso do tempo como conceito seja necessário, quer para a organização das atividades humanas (rotineiras ou não), quer para a empreitada de se elaborar modelos (mais ou menos sofisticados) que sirvam para descrever o cosmo, ou parte dele, na atividade científica.²

Como o uso do conceito de tempo é inevitável e a sua natureza é primitiva, podemos imaginar que as dificuldades envolvendo o seu emprego sejam comuns. Também é possível que estas dificuldades acabem por se transmitir ao entendimento dos próprios fenômenos físicos, cuja descrição, muitas vezes, exige o uso de uma base temporal – ou mesmo em uma base derivada (como, por exemplo, o domínio frequência, que é utilizado na descrição de fenômenos oscilatórios).

Fundadas nestas mesmas dificuldades, inerentes à tarefa de se conceituar o tempo e à necessidade premente de utilizá-lo, outras, de ordem didático-pedagógica, são igualmente prováveis. Como ensinar um conceito assim? Como construí-lo no ensino de Ciências e, particularmente, no ensino da Física?

Parece oportuna a pergunta: como o tema é abordado nos livros didáticos? Ademais, também parece ser de especial relevância que o professor de Física procure conhecer as concepções que seus alunos, de diferentes níveis de escolaridade, trazem em sua bagagem cognitiva.

O tema suscita muitas indagações que projetam os mais variados caminhos de abordagem. Optou-se por apresentar nesse trabalho uma pesquisa bibliográfica explorando o processo histórico do desenvolvimento do conceito de tempo e os resultados de uma investigação a respeito de algumas concepções possíveis entre estudantes de diferentes níveis de escolaridade. Acredita-se que essas concepções possam ser um bom ponto de partida para o aprimoramento da prática docente que envolve a Física, a qual, inextricavelmente, também envolve e é envolvida pelo conceito de tempo.

Com isto em mente, esta monografia foi organizada e desenvolvida em três partes principais.

Na primeira (que corresponde ao título 2 desta monografia) investiga-se o desenvolvimento do conceito do tempo e o seu entendimento ao longo da história. A maioria dos pensadores que escreveram sobre o tempo o fez de uma perspectiva que atualmente seria descrita como própria da Física ou mesmo da Filosofia. É preciso lembrar, contudo, que muitos deles viveram em uma época em que esta distinção não era tão clara. Mesmo hoje, este

² Alguns pensadores talvez preferissem falar na descrição do mundo, ou da natureza.

é um aspecto que acaba sendo do interesse de muitas áreas do conhecimento, pela própria natureza primitiva e necessária do conceito. Nesta primeira parte, procurou-se construir uma história que seguisse o mais fielmente possível o curso cronológico dos acontecimentos e a genealogia das idéias. É preciso registrar que se trata de um trabalho que se iniciou um ano atrás, por ocasião da disciplina intitulada “Origens e Desenvolvimento da Física”, ministrada pelo Prof. Délcio Basso, que serviu de ponto de partida para o atual trabalho.

Deve-se também, por questão de justiça, ressaltar que – embora muitos livros tenham sido lidos e consultados, a maioria deles trazendo contribuições próprias – a construção do entendimento aqui proposto foi feita, em grande parte, a partir dos trabalhos de Étienne Klein³, de Gerald James Whitrow⁴ e de Richard Morris⁵. Mais especificamente, foram muito relevantes os livros “O tempo” (KLEIN, 1995), “O Tempo na História” (WHITROW, 1993) e “Uma Breve História do Infinito” (MORRIS, 1998).

A segunda parte desta monografia (título 3) enfoca uma breve revisão sobre a maneira como os livros didáticos abordam e utilizam o conceito de tempo. Trata-se da parte mais curta deste trabalho e, de modo algum, pretende se constituir em uma revisão exaustiva da bibliografia, mas, antes disso, em uma investigação preliminar, cujo levantamento procurará responder a alguns quesitos básicos, elencados a seguir:

- a) Como o tempo é conceituado?
- b) Em que contexto ou circunstância, o conceito é introduzido?
- c) Ele é desenvolvido no momento em que é apresentado? Ou, a obra volta a abordar o conceito em outros momentos, aprofundando o seu entendimento?
- d) Qual é o tipo de conceito utilizado?
- e) O conceito é explicitamente discutido, desenvolvido e exemplificado?

Entende-se que a análise dos livros didáticos seja importante face à influência que exercem na dinâmica de sala de aula dos professores.

Estas duas primeiras partes podem, em conjunto, ser consideradas como o próprio marco referencial teórico que embasa o presente esforço.

³ Étienne Klein é físico da Direção das Ciências da Matéria, do Commissariado para a Energia Atômica (CEA) e responsável pelos cursos de Física Quântica e de Física das Partículas na *École Centrale de Paris*, onde também ensina Filosofia das Ciências. Fundou, juntamente com Marc Lachièze-Rey, a Associação Kronos, que reúne investigadores de todas as disciplinas que se interessam pela questão tempo (KLEIN, 1995).

⁴ Gerald James Whitrow é professor emérito da Universidade de Londres e pesquisador do *Imperial College of Science and Technology*, também em Londres. Escreveu, entre outros títulos, *The Natural Philosophy of Time* (1961).

⁵ Autor de livros de divulgação científica.

Na terceira e última parte, são registrados e comentados os resultados de um estudo-piloto de campo, que buscou avaliar a natureza do conceito de tempo utilizado por estudantes de diversos níveis de escolaridade. Mais especificamente foram avaliados os seguintes grupos:

- i) estudantes do Ensino Médio de uma escola privada;
- ii) estudantes do Ensino Médio de uma escola pública;
- iii) estudantes do Ensino Fundamental desta mesma escola pública;
- iv) estudantes de um curso de Pós-Graduação (Especialização) em Filosofia de uma universidade privada; e
- v) estudantes do Ensino Superior de uma universidade privada (do curso de Física).

O intuito presente na escolha destes grupos foi o de formar um pano de fundo, ainda que modesto, abrangente, capaz de revelar e contrastar as concepções que os estudantes tem a respeito do tempo.

Na discussão que encerra esta monografia, faz-se uso também de elementos – os quais serão oportunamente referidos – de uma outra obra, que foi obtida e lida posteriormente ao planejamento e à própria coleta de dados que são aqui analisados. Trata-se do livro “O tempo físico” de André Ferrer P. Martins⁶, que relata a sua experiência no desenvolvimento de uma tese de doutoramento, abordando também o conceito de tempo entre alunos do Ensino Médio, os quais foram entrevistados de forma mais aberta pelo autor da obra. Trata-se de um trabalho muito interessante, mas algo diferente daquele que aqui registramos. Martins usa um referencial pedagógico bachelardiano⁷ e está mais interessado na gênese da construção do conceito de tempo pelos alunos. Além disso, como faz a investigação do conceito através de entrevistas abertas, ao mesmo tempo em que permite aprofundar a investigação, limita o número de pessoas investigadas (MARTINS, 2007). No presente trabalho, a investigação foi planejada de maneira mais estruturada, com o uso de um questionário quase totalmente objetivo, o que, por um lado, permitiu coletar rapidamente um número maior de respostas, mas, por outro, certamente limitou a possibilidade e a compreensão das repostas obtidas. Contudo, foi o procedimento adotado por ser capaz de compatibilizar os prazos operacionais envolvidos na execução de uma monografia, no tempo que lhe é destinada em nosso curso.

⁶ André Ferrer Pinto Martins é um físico brasileiro, doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP) e atualmente professor na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

⁷ Gaston Bachelard (1884-1962) foi um filósofo e poeta francês que estudou as Ciências e a Filosofia, interessando-se especialmente pelas questões relacionadas à Filosofia da Ciência e tendo influenciado muitos educadores da atualidade.

Ainda que pesem as diferenças entre os dois trabalhos existem muitas pontes de contato, as quais serão trazidas em conjunto ao final da monografia, em sua discussão.

2 O CONCEITO DE TEMPO EM SUA PERSPECTIVA HISTÓRICA⁸

SOBRE AS DIFICULDADES EM SE ENTENDER A NATUREZA DO TEMPO E A EVOLUÇÃO DO SEU CONCEITO ENTRE OS FILÓSOFOS E OS FÍSICOS

“Os deuses instilaram ansiedade no primeiro homem que descobriu como distinguir as horas.

Produziram também, ansiedade naquele que neste lugar construiu um relógio de sol, para cortar e picar meus dias tão desgraçadamente em pedacinhos!”

Plauto⁹

O tempo é, sem dúvida, um dos conceitos mais utilizados pelo ser humano em seus afazeres e planejamentos, estando presente de forma explícita ou indelével na grande maioria das nossas atividades, desde as mais corriqueiras – como a escolha de um instante em que, supostamente, deveríamos acordar no dia seguinte, ou o controle do período de cozimento de um pacote de macarrão ‘instantâneo’ – às mais complexas, como o planejamento de uma vida ou de uma nação, na medida em que isto seja possível.

Apesar da sua aparente universalidade e da ampla aceitação com que é vivenciado, o que, verdadeiramente, sabemos sobre o tempo?

Para a Física, o tempo é dos conceitos mais importantes, a partir do qual muitos outros são definidos. Podemos até nos sentir reconfortados com o fato de que a sua existência seja aceita pela maioria, praticamente da mesma forma, mas uma velha questão sempre volta à tona: o que é o tempo?

A preocupação com a natureza do tempo é um dos questionamentos mais presentes nas lides humanas, para onde quer que dirijamos os nossos olhares, para a música, a literatura, a Física, a Biologia, a Psicologia, o cinema, a Química... Podemos generalizar sem medo de errar, para toda e qualquer forma de arte ou de ciência. Seria tarefa fácil, embora exaustiva, construir uma lista dos conceitos – e mais frequentemente ainda – das indagações sobre o tempo que têm sido formuladas pelos mais influentes pensadores de nossa espécie, sejam eles artistas, ou cientistas, de todas as épocas. Não tão fácil assim, contudo, é a tarefa de encontrar

⁸ Este trabalho foi elaborado como parte do curso Origens e Desenvolvimento da Física, disciplina do curso de Física da PUCRS, ministrada pelo Prof. Délcio Basso em 2007/2, e apresentado em 12 de novembro de 2007.

⁹ Titus Maccius Plautus (também referido como Plauto), escritor e dramaturgo romano, 254-184 a.C.

uma trama que permita descrever a evolução do conceito de tempo, pelo menos de acordo – senão com o próprio tempo físico – com o, assim chamado, tempo histórico.

2.1 SOBRE AS DIFICULDADES EM SE ENTENDER O TEMPO

A grande dificuldade da metafísica se encerraria justamente nas “múltiplas dificuldades, todas elas enormes”, e que são intrínsecas à análise do tempo, de acordo com Étienne Klein (1958-)¹⁰, que em sua obra aponta algumas (KLEIN, 1995):

- i) “...não podemos nos distanciar em relação ao tempo, como faríamos em relação a um objeto comum. Podemos medi-lo, é certo, mas não observá-lo, criando um distanciamento entre ele e nós: ele nos afeta continuamente.”;
- ii) “Também não podemos apreender o tempo. Por mais que a palavra *maintenant* seja o particípio presente do verbo *maintenir*”, que, em francês, significa ‘agora’, mas também ‘ter em mãos’, “um *main tenant* como diz Michel Serres”¹¹;
- iii) “Uma terceira dificuldade advém do fato do tempo não ser uma ‘matéria’ apreensível por nenhum dos cinco sentidos. Só é perceptível enquanto fenômeno em bruto, ainda que o homem seja o mais ‘temporal’ dos animais, aquele que tem maior consciência do tempo que passa. Apenas os seres dotados, no mínimo, de memória são capazes de apreender a passagem do tempo”;
- iv) “Por último, o tempo apresenta-se-nos de uma forma quase sempre ambígua, desconcertante, e, por vezes, contraditória. É simultaneamente evidente e impalpável, substancial e fugaz, familiar e misterioso, e, embora a sua direção seja ‘orientada por uma seta’, como dizem os

¹⁰ O prefácio de seu livro – intitulado, de maneira clara e direta, *Le Temps*, de 1995, já traduzido para o português, e largamente utilizado como fonte ao longo desta monografia – inicia com uma pequena, mas interessante conjectura, que vale a pena ser aqui transcrita, sobre o tempo, as nossas experiências e o lugar que ele ocupa: “A nossa experiência primordial faz-nos experimentar a sensação de um tempo sem o qual a nossa experiência não teria nem textura, nem vivência, e ao qual nos sentimos inelutavelmente submetidos. A nossa experiência de um tempo tirânico que nos arrasta até a morte é irrecusável. É sem dúvida por isso que os homens têm tentado desde sempre, aliás sem grande sucesso, elaborar um discurso coerente sobre o tempo. Basta ver o lugar extraordinário e único que este último ocupa na literatura, na arte, na música de todas as épocas. E intervém em tantas expressões da linguagem corrente que, pensamos, se tornou parte integrante dos nossos conceitos familiares. O tempo é um desses seres domésticos que cremos poder domar. Toda a gente compreende do que se fala quando se fala do tempo, sem que se torne necessário explicitá-lo. Isso deveria bastar para resolver de uma vez por todas o problema que ele levanta, de uma forma clara e distinta. Mas há que se ter em conta o fato de que os conceitos comuns serem freqüentemente os mais misteriosos. Tal é particularmente verdade no que toca ao tempo. Todos sentimos que sob a sua aparência familiar e a sua inocência, não é uma coisa como as outras, e que nunca deixaremos de o questionar. Seremos capazes de definir o tempo a não ser através de metáforas dele mesmo?”

¹¹ Michel Serres (1930-) filósofo e epistemólogo francês.

físicos, continua a ser um objeto impossível de encontrar.¹² Então como explicar o tempo?”

Outras dificuldades podem ser atribuídas à própria relação entre a Física e o tempo¹³, já que essa ciência constrói as suas teorias quase sempre alicerçadas em uma noção do tempo e muitas das suas grandezas, formulações e equações dela dependem, por derivação. Assim sendo, a natureza do tempo é essencialmente capaz de determinar a própria natureza – e a validade – das nossas teorias a respeito do mundo.

Mas qual é a natureza do tempo? Ele é rígido ou é flexível? Tem um início ou um fim? Reversível ou irreversível? Existe a tal seta do tempo? Pode ou não ser definido? Se for considerado um conceito primitivo, no sentido semântico e, mesmo, epistemológico, qual seria a sua formulação mais adequada? Existe algum consenso a respeito do tempo?

Uma das maiores dificuldades para compreender o tempo, ou – ao menos – assemelhar-lhe a algum tipo de conceito consensual, certamente reside no difícil distanciamento crítico do observador, na sua imparcialidade em relação a ele.

Santo Agostinho (354–430 d.C.), talvez um dos pensadores que mais se dedicou ao tema do tempo, observa que a palavra ‘tempo’ não diz praticamente nada a respeito da coisa que pretende exprimir. É célebre a sua consternação, expressa em *Confissões*: “Se não me perguntarem julgo saber o que é o tempo, mas se perguntarem, deixo de saber”. Ele mesmo, então, se pergunta: “Como posso estar no presente e ter simultaneamente o distanciamento suficiente para me aperceber que o tempo passa?” (AGOSTINHO, 1999 p.322).

O paradoxo do tempo é que o passado já não existe mais e o futuro ainda não existe, só existe o presente, mas este, por sua vez, quando se torna consciente – para nós – já deixou de existir, já é passado... e o futuro – do qual nada sabemos – já é, por sua vez, então, o presente, por uns instantes... Como nos diz Leonardo da Vinci (1452-1519), em seus *Fragmentos*: “O instante não tem tempo” (DA VINCI, apud KLEIN, 1995).

Como é próprio da nossa época, existe entre nós um sentimento que pode ser lisonjeiro e grandioso – ao contemplarmos o que o ser humano tem conseguido elaborar e construir com

¹² “Como poderá haver uma existência do tempo se o tempo é apenas feito de inexistências?” (KLEIN, 1995, p. 77).

¹³ Sobre a relação entre a física e o tempo, “Esta procura, embora sem o confessar eliminar o tempo. Porque o tempo é o variável, o instável, o efêmero, enquanto a física, essa, procura relações que possam ser subtraídas à mudança. Mesmo quando envereda por processos que tem que têm uma história ou uma evolução ou uma evolução, fá-lo para discernir quer substâncias e formas, quer leis e regras independentes do tempo. Eis porque a física aspira ao imutável e ao invariante, ou pelo menos, ao reversível. No espírito de muitos daqueles que a praticam, o seu objetivo continua a ser reduzir o mutável ao permanente através do estabelecimento de leis eternas, isto é, libertas do tempo, a partir de fenômenos que são, por seu turno, passageiros. Quem busca a verdade não deve visar o intemporal?” (KLEIN, 1995, p.11).

o seu intelecto – e, ao mesmo tempo, pode se mostrar como um sentimento de incerteza e de dúvida, por vezes até, de impotência – ante a complexidade e a inacessibilidade da natureza íntima das coisas. Esse sentimento permeia desde as angústias dos poetas e romancistas aos devaneios dos cientistas mais rigorosos. George Musser, atualmente editor da prestigiosa revista de divulgação da ciência, *Scientific American*, escreveu um artigo intitulado *Um buraco no coração da Física*, em que retrata esse sentimento “de que os físicos estão perdendo, literalmente, o tempo” e propõe “será que os filósofos podem ajudar nisso?” (MUSSER, 2007).

Paul Davies (1946–)¹⁴, em seu artigo *Esse fluxo misterioso*, é outro que se junta a esse coro (DAVIES, 2007):

“Para sermos perfeitamente honestos, precisamos admitir que tanto cientistas quanto filósofos não sabem ao certo o que é o tempo, ou por que ele existe. O máximo que eles podem dizer é que o tempo é uma dimensão extra, semelhante (porém não idêntica) à do espaço.”

Muitas são as questões que ainda estão abertas... como já resumia Blaise Pascal (1623-1662) em seus *Pensées*, “existem opiniões bastante diferentes no que toca à essência do tempo”! (PASCAL, apud KLEIN, 1995, p. 75).

Vejamos também o que diz Pascal¹⁵ na mesma obra (PASCAL, 1980), ao, primeiro, se debater com as angústias geradas pelos conceitos primitivos (por ele chamados de “princípios primeiros”) e, por fim, chegar a uma certa ataraxia (paz) no embate entre a razão e a emoção:

“Conhecemos a verdade não somente pela razão, mas ainda pelo coração; é desta última maneira que conhecemos os primeiros princípios, e é em vão que o raciocínio, que deles não participa, tenta combatê-los. Os pirrônianos, que só tem isso, trabalham inutilmente. Sabemos que não sonhamos, por maior que seja a impotência em que estamos de prova-lo pela razão; essa impotência não conclui outra coisa, senão a fraqueza da nossa razão, mas não a incerteza de todos os nossos conhecimentos como eles pretendem. **Pois o conhecimento dos primeiros princípios, como o de que há espaço, tempo, movimento, números, é tão firme, como nenhum dos que nos dão os nossos raciocínios** (grifo nosso). E é sobre esses conhecimentos do coração e do instinto que é preciso que a razão se apóie e funde todo o seu discurso... É então ridículo que a razão peça ao coração provas dos seus primeiros princípios, para querer consentir neles, quanto seria ridículo que o coração pedisse à razão um sentimento de todas as preposições que ela demonstra, para querer recebe-los.”

¹⁴ Paul Davies é físico teórico no Centro Australiano de Astrobiologia da Universidade Macquarie, em Sydney e um conhecido escritor de livros populares sobre física, como *Enigma do Tempo*, *Os Últimos Três Minutos*, *Outros Mundos* e *Superforça: em Busca de uma Teoria Unificada da Natureza*.

¹⁵ Blaise Pascal (1623-1662), filósofo, físico e matemático francês.

Este excerto é capaz de mostrar um pouco da inquietação que as noções primitivas têm gerado em todos aqueles que com elas se deparam.

2.2. O CONCEITO DE TEMPO AO LONGO DA HISTÓRIA

Assim como o conceito de tempo suscita várias interpretações e referências particulares – daí falarmos de um tempo dos filósofos, de um outro tempo dos físicos ou mesmo de um tempo psicológico – o conceito também está sujeito a uma suscetibilidade cultural que depende em grande parte da sociedade que observamos¹⁶. Assim, como uma aproximação, ainda que grosseira, nestas linhas estaremos considerando a sociedade ocidental como o nosso grupo de referência, o que inclui, de fato, um vasto grupo de sociedades e situações distintas que vão, por exemplo, dos gregos antigos – e os seus relógios solares – aos físicos modernos, com seus aceleradores de partículas e os seus relógios em órbita. Certamente considerá-los como um mesmo grupo poderia ser uma aproximação algo primária, senão pelo fato de que, apesar dos desenvolvimentos tecnológicos, muitos dos problemas conceituais – e existenciais – associados à passagem do tempo persistem, muito provavelmente porque a natureza humana – de fato – pouco mudou, em essência, nestes anos todos.

Duas são as palavras mais freqüentemente associadas à idéia do transcorrer do tempo, a palavra grega *cronos* e a latina *tempus*.^{17, 18}

Para os físicos, hoje, o tempo é quase sempre uma variável, representada pelo famoso parâmetro *t*, um número real. Dizer que ele apresenta apenas uma dimensão é uma das primeiras matematizações – ou, mais especificamente, uma das primeiras geometrizações – do

¹⁶ “O que é o tempo? A resposta depende de diferentes sociedades.”, como diz Carol Ezzell em um artigo chamado *Tempo e Cultura* (EZZEL, 2007).

¹⁷ O vocábulo grego *cronos* denota, de acordo com a Grande Enciclopédia Larousse Cultural (p. 1709-1710), um deus da mitologia grega: “Cronos ... cujo nome significa ‘Tempo’. Filho de Urano, o Céu, e de Gaia ou Gea, a Terra, casado com Rhea ou Réia. Ocupou o trono do pai, mas Gaia profetizou que Cronos seria destronado por um filho; assim ele devorava os filhos logo que nasciam; mas quando nasceu Zeus, Rhea deu a Cronos uma pedra envolta em cueiros. O menino cresceu numa caverna na ilha de Creta, amamentado pela cabra Amaltéia. Em um ano tornou-se o mais forte dos deuses e destronou o pai, ocupando o seu lugar. Em Roma foi identificado com Saturno.” Por sua vez, o vocábulo latino *tempus*, ou *temporis*, originária, de acordo com a mesma obra (p. 5633) a palavra tempo, em português, com os vários sentidos e usos aos quais estamos habituados.

¹⁸ Étienne Klein – aproveitando-se da eventual diferença – refere-se a *cronos* como o tempo que pode ser cronometrado, que é marcado pela cadência dos nossos relógios e refere-se ao *tempus* como o tempo evocado, aquele psicologicamente experimentado, “no interior de nós mesmos”.

seu conceito. O tempo tem necessariamente uma estrutura ordenada, os eventos, as datas, podem ser facilmente encadeados pela comparação dos seus valores em t . Isto não seria possível se houvesse mais de uma dimensão envolvida. Esta topologia permite poucas opções: ou a linha aberta ou a fechada; ou o tempo linear, ou o tempo cíclico.

Vejamos como estes conceitos parecem evoluir ao longo da história!

Sobre a noção de instante, Parmênides (515-440 a.C.) defendia o ponto de vista de que todas as transformações observáveis no mundo físico seriam devidas à nossa própria percepção, isto é, resultantes do nosso funcionamento mental. Para ele a realidade seria ao mesmo tempo indivisível e, de certa forma, atemporal (ROCHA et al., 2002, p.55)

Coube a Zenon de Eléia (provavelmente, 505-425 a.C.), um discípulo de Parmênides a elaboração do célebre paradoxo que envolve a corrida entre Aquiles e a tartaruga, que é por ele utilizado para provar que o encontro não poderia acontecer pois Aquiles nunca alcançaria a tartaruga (MORRIS, 1993, p.21). Este paradoxo pode ser hoje facilmente entendido como uma comparação de séries que convergem para o mesmo limite, mas de modo diferente, já que a série de Aquiles depende daquela da tartaruga. E ele está sempre um movimento¹⁹, uma iteração, atrasado.

Para Platão (427–348 a.C.) o tempo teria uma origem cosmológica, e divina, pois teria se originado quando um ser superior – através da sua intervenção – teria colocado ordem e estrutura no caos primitivo. Platão, que procurava diferenciar o ‘mundo do ser’ do ‘mundo do não ser’, acreditava que o primeiro seria o fundamental, o eterno e imutável, o mundo das idéias, que poderia ser apreendido apenas pela inteligência e pela razão. Já o ‘mundo do não ser’ seria o resultado do primeiro sobre os nossos sentidos, e as sensações seriam irracionais, dependendo de cada pessoa e, por isso, para ele, irrealis. (ROCHA et al., 2002, p.60). O tempo, assim, faria sentido apenas neste segundo mundo, dominado pelas sensações.

Parece ser próprio do pensamento filosófico mais antigo considerar que o tempo e o espaço sejam construções da mente humana, pelo menos até Aristóteles (384-322 a.C.), que considerava importante o mundo observável e entendia que o tempo era intrínseco ao universo. Na filosofia aristotélica o mundo existia desde sempre, na forma de um universo geocêntrico com a Terra fixa em seu centro. À semelhança da maioria dos pensadores gregos da época, Aristóteles também não acreditava em um início dos tempos sob a forma de um momento inicial da criação do universo, o que é uma das idéias basilares nas tradições

¹⁹ Aqui se utiliza a expressão “um movimento”, da mesma forma como se usa para descrever “um movimento” de uma peça em um tabuleiro de xadrez, ou “um movimento” como uma estratégia de um exército.

judaico-cristãs. Ainda assim, como a sua cosmovisão se baseava ao princípio de que havia dois mundos, duas esferas, a dos fenômenos terrenos e uma outra, mais elevada, que poderia ser associada aos eventos divinos, pode se entender melhor a razão do seu sucesso como modelo filosófico oficialmente adotado pela cristandade em seus primórdios.

Aristóteles, seguido em particular por Schopenhauer (1788-1860), afirma que o tempo presente é o único que é verdadeiro, no entanto afirma também que “o instante é, num sentido o mesmo, mas noutra sentido não; dado que varia de um momento para o outro, é diferente; quanto ao seu objeto, é o mesmo”. Também é de Aristóteles a idéia de que “o tempo é o número do movimento, segundo o antes e o depois” (ARISTÓTELES apud KLEIN, 1995 p.79).

Seria esta uma solução, ou preferiríamos a de Platão? Este nos faz, em *Timeu*, uma célebre analogia: “a imagem móvel da eternidade imóvel”, ficando a meio caminho entre Heráclito (550-480 a.C.) – que defendia a mobilidade – e Parmênides (515-440 a.C.) – que defendia a imobilidade (ARISTÓTELES apud KLEIN, 1995 p.79).

Outra questão pertinente a este período da história é a que pergunta se o tempo é cíclico ou não? Esta é uma idéia²⁰ que surge em função de uma infinidade de fenômenos naturais que são observados pelo homem desde os primórdios da sua trajetória e que se repetem, evocando ciclos de toda ordem, desde os fenômenos diários, as enchentes periódicas, o suceder das estações, o movimento dos astros, os ciclos que envolvem toda forma de vida – e de morte – enfim, fenômenos que se repetem, que sejam recorrentes. São os relógios – mais ou menos precisos, mais ou menos confiáveis – da natureza e do cosmos.

A idéia de ciclos e do círculo como figura geométrica perfeita faz parte da tônica do pensamento filosófico dos gregos antigos. Em seu livro *Física*, Aristóteles afirma que “existe um círculo em todos os objetos que têm um movimento natural. Isto se deve ao fato de os objetos serem discriminados pelo tempo, o início e o fim estando em conformidade com um círculo; porque até mesmo o tempo deve ser pensado como circular” (ARISTÓTELES apud KLEIN, 1995 p.79, ARISTÓTELES apud WHITROW, 1993).

A idéia de ciclos também reverberava sobre os estóicos que acreditavam que quando os planetas se alinhavam novamente em uma mesma posição – quando esta se repetisse – o universo recomeçaria, inúmeras vezes (MORRIS, 1998). São representantes da escola estóica, os gregos Zenão de Cicio (340-264 a.C.) e Cleanto de Assos (300-220 a.C.), Epicteto (55 –

²⁰ Sobre a concepção estóica do tempo, o tempo linear e o tempo circular, sugere-se a leitura do livro de Richard Morris, intitulado *Uma breve história do infinito – dos paradoxos de Zenão ao universo quântico*, p. 32-44.

130 d.C.), um romano de origem grega, e o romano Marco Aurélio (121-180 d.C.). Na América Central, os Maias, também tinham desenvolvido sofisticados calendários e o tempo desempenhava um papel muito importante em sua civilização; acreditavam que a história se repetia em ciclos, alguns mais curtos, como os de 260 dias, e outros mais longos, com até vários milhares de anos (WHITROW, 1993).

Vale lembrar que, de tempos em tempos, pelo menos, esta idéia parece ressurgir, tendo seduzido também pensadores mais recentes, do calibre de Comte²¹ (1798 -1857) e de Nietzsche²² (MORRIS, 1998).

A idéia de um tempo linear, sem retornos, parece ter sido aceita, na Antigüidade Clássica, mais substancialmente apenas entre os hebreus e os persas zoroastras, tendo sido, depois, incorporadas pelos cristãos, que a adotaram facilmente, por estar em acordo com a ocorrência de eventos que seriam supostamente únicos, como a crucificação, a ressurreição, ou mesmo o gênesis e o apocalipse. A Física contemporânea parece não pensar de modo muito diferente, na medida em que a cosmologia atual se assenta na idéia de um *big bang* e de um *big crunch*. O primeiro, um evento colossal tendo ocorrido há, supostamente, cerca de 15 bilhões de anos atrás, antes dos quais sequer o tempo garante existência na teoria; e o último, outro evento de proporções colossais, que ninguém parece disposto a pré-datar, e, muito menos, parece capaz de antecipar o que existirá depois, se é que o próprio tempo ainda se faria presente, de acordo com a cosmovisão contemporânea.

A concepção de um tempo repetitivo, embora sedutora para alguns, tem sido abandonada, no presente, em favor do que se designa por princípio da causalidade, que seria infringido na concepção de um tempo cíclico. Esta violação só poderia ser evitada se o tempo cíclico fosse aplicado apenas em relação à totalidade do universo, então um ‘universo oscilante’ como o astrônomo norte-americano Allan Sandage (1928-) chegou a propor, o que na terminologia atual seria uma alternância entre dilatações e contrações; entre *big-bangs* e *big-crunchs*.

²¹ Auguste Comte²¹ (1798 -1857), filósofo francês.

²² Friedrich Nietzsche²² (1844 -1900), filósofo alemão.

Valendo-nos ainda das idéias de Étienne Klein²³, podemos perceber que, de outra forma, a representação figurada do tempo por uma linha geométrica, levaria naturalmente à postulação de que exista apenas um tempo e que este tempo seja contínuo. Esta abordagem permitiria *a priori* um tratamento algébrico simples do tempo. Ainda assim, restariam muitas questões em aberto no que concerne: i) à própria universalidade do tempo (para cada grande área da Física parece existir apenas um tempo, mas estes seriam um só, realmente?); ii) à temporalidade das leis físicas (o sistema formal, as leis universais são compatíveis com a temporalidade?); e iii) à natureza reversível ou não do tempo.

Coube ao físico inglês Arthur Eddington (1882-1944) usar pela primeira vez a idéia de uma seta do tempo²⁴ (KLEIN, 1995, p. 12).

A idéia da seta era até então mais usualmente encontrada na mitologia, em que Eros, o deus do Amor, geralmente representado por uma criança alada atingia os corações com suas setas aguçadas, a própria figura do cupido. Mais uma vez é Étienne Klein quem chama a atenção para que a seta do tempo já não representa mais, infelizmente, o desejo amoroso, mas sim, uma fuga inexorável do tempo, que corre. Esta posição, em grande parte, faz eco às idéias de Sigmund Freud (1856-1939)²⁵, segundo o qual a Arte e a Ciência seriam formas de escapar da morte – aqui poderíamos ler “tempo” em lugar de “morte”, ou seja, ... formas de

²³ Deixemos que ele próprio nos explique melhor: “Encontramos o parâmetro que representa o tempo em todas as equações da física, de um modo mais ou menos explícito: por exemplo, pode estar oculto sob a forma de variável independente nas noções de velocidade ou de aceleração instantâneas. Esta onipresença do tempo no formalismo das teorias levanta diversas questões graves. Em primeiro lugar podemos nos perguntar se ela constitui a marca de uma universalidade do tempo ou se reflete uma justaposição de estatutos particulares. Todos estes termos que surgem nas equações são idênticos ou distintos? O tempo da termodinâmica é o mesmo da mecânica ou da cosmologia? Em seguida podemos perguntar-nos se a presença do tempo no seio da física não será incongruente, na medida em que esta última tende a negar o tempo fazendo apelo a ‘ideais imóveis’ (princípios, leis, teorias), sem qualquer referência à noção de acontecimento datado. Como poderá a noção de lei universal ser compatível com a de temporalidade? Para responder a esta última questão seria necessário examinar de que modo o conceito de história, que pressupõe que o mundo sofre alterações ao longo do tempo, está ligado ao de lei, que, pelo contrário remete para a imutabilidade ou a estabilidade. Tal permitiria compreender se a física tem vocação para descrever o imutável ou se, muito pelo contrário, se deverá transformar na legislação das metamorfoses. Deverá ser o formalismo do intemporal ou o protocolo das modificações? Por outras palavras dever-se-á ver o mundo como um sistema ou como uma história? Este debate não foi ainda encerrado (poderá sê-lo algum dia?). A física dos nossos dias permanece dolorosamente esquartejada entre dois pilares do pensamento grego: de um lado, Parmênides (515 – 440 a.C.), o filósofo do Ser e da imobilidade fundamental; do outro lado, o seu contemporâneo Heráclito (550 – 480 a.C.), o filósofo do Devir e da mudança. Sem que nenhuma ciência tenha conseguido escapar às suas origens ou esquecer os seus velhos antagonismos, este debate não deixou nunca de opor, através dos tempos, dois campos: de um lado aquele a que pertencem Isaac Newton e Albert Einstein, partidários de uma erradicação do tempo na física; do outro, aquele que conta com físicos como Ilya Prigogine, convencidos de que a irreversibilidade está, de fato, presente em todas as escalas da física, e que fizemos mal em esquece-la ou não a ver.” (KLEIN, 1995, p. 20-21).

²⁴ Embora Zenão houvesse falado em uma seta disparada, era a uma seta real, de madeira, a que ele se referia – e não à seta do tempo – a qual se movia ao longo deste e que não podia ser encontrada nunca pois a cada instante se deslocava; se pudesse ser fixada, determinada, não estaria, então em movimento.

²⁵ Um neurologista alemão que acabou sendo mais conhecido por ter fundado a psicanálise.

escapar do “tempo”, da ação do tempo – buscando, na imortalidade das idéias e das produções humanas, sobreviver ao próprio tempo. Neste sentido, escapar da flecha é que seria ligado a Eros, ao instinto de vida, às pulsões que, de acordo com Freud, nos governam.

Contrariamente ao espaço que pode ser considerado isotrópico (suas propriedades não variam à medida que transladamos por ele, independentemente da direção ou do sentido escolhidos), o tempo parece possuir um sentido privilegiado de escoamento. Contudo, o problema da seta do tempo não foi ainda resolvido de modo unânime e satisfatório. Voltaremos a ele mais tarde.

O tempo como grandeza física fundamental^{26, 27} parece surgir pela primeira vez com Galileu (1564-1642), entendendo-se por isto uma grandeza mensurável em toda uma série de sistemas físicos, capaz de relacioná-los e de propiciar uma descrição matemática dos mesmos.

Galileu – cujos trabalhos²⁸ já contavam com relógios mecânicos que podiam, de certa forma, materializar o tempo – pôde fazer dele a medida do movimento, como desejaria poder fazer Aristóteles no século IV a.C. Vale lembrar que, embora os relógios mecânicos tenham se tornado disponíveis no Ocidente ao final do século XIII, foi apenas no século XV que foram definidos os minutos e os segundos.

²⁶ A propósito, o tempo é considerado uma das grandezas físicas fundamentais e a sua unidade de medida, o segundo, é uma das sete unidades de base do Sistema Internacional de Unidades (SI), juntamente com o metro, o quilograma, o ampère, o kelvin, o mol e a candela. Assim se pronuncia o SI, atualmente, sobre a unidade de medida do tempo, enunciada como consenso das reuniões das Conferências Gerais de Pesos e Medidas (CGPM): “Primitivamente, o segundo, unidade de tempo, era definido como a fração 1/86 400 do dia solar médio. A definição ‘exata’ do dia solar média fora deixada aos cuidados dos astrônomos, porém os seus trabalhos demonstraram que o dia solar médio não apresentava as garantias de exatidão requeridas, por causa das irregularidades de rotação da Terra. Para maior exatidão à definição da unidade de tempo, a 11ª CGPM (1960) sancionou outra definição fornecida pela União Astronômica Internacional, e baseada no ano trópico. Na mesma época as pesquisas experimentais tinham já demonstrado que um padrão atômico de intervalo de tempo, baseado numa transição entre dois níveis de energia de um átomo, ou de uma molécula, poderia ser realizado e reproduzido com precisão muito superior. Considerando que uma definição de alta exatidão para a unidade de tempo do Sistema Internacional, o segundo, é indispensável para satisfazer às exigências da alta metrologia, a 13ª CGPM (1967) decidiu substituir a definição do segundo pela seguinte: **‘O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.’** Na sessão de 1997, o Comitê Internacional confirmou que **‘Essa definição se refere a um átomo de césio em repouso, a uma temperatura de 0 K’...**”. Esta definição pode ser facilmente encontrada no *website* do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), , como uma tradução para a língua portuguesa, da 7ª edição original – em francês - *“Le Systeme International d’Unités”*, elaborada pelo *Bureau International des Poids et Mesures –BIPM* (<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/SI.pdf>).

²⁷ Uma intensa e acalorada discussão – que, entretanto, foge aos propósitos imediatos deste trabalho – poderia ser estabelecida sobre a validade desta definição, especialmente tendo-se em conta que a unidade de tempo é definida em função do comportamento ondulatório de uma emissão atômica – o qual certamente também interage com o espaço – e que, além disso, esta definição vale para um átomo de césio a 0 K, temperatura muito difícil de ser atingida, de modo que o comportamento da emissão pudesse ser medido, replicado e usado como padrão.

²⁸ Um dos famosos resultados de Galileu é o de que a altura da queda livre de um objeto é proporcional ao quadrado do tempo de sua queda.

A história dos dispositivos para medição do tempo²⁹ é, por si só, um assunto muito interessante, mas que fugiria – pela extensão do tema – aos propósitos deste trabalho. Os avanços na área da cronometria continuam. A rapidez que se consegue atingir através da construção de dispositivos, especialmente os ópticos, tem dado a muitos cientistas a esperança de poder desvelar melhor a natureza íntima de muitos fenômenos e quiçá do próprio tempo.³⁰

31

Foi Isaac Newton (1642-1727), contudo, o primeiro a dar uma conceituação explícita do tempo da mecânica nos seus célebres *Principia*³², através de um postulado bastante complexo. Segundo ele o tempo escoia uniformemente (não é elástico), é universal, absoluto e invariável, isto é, independe do referencial. O tempo para Newton é um conceito idealizado que de certa forma evoca aos ideais platônicos. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) foi um dos que contestaram – contemporaneamente a Newton – o caráter absoluto do tempo (newtoniano). Para Leibniz, nem o tempo, nem o espaço, nenhum deles teria existência real, além da ilusão que é gerada pelo fato de que se podem inferir (constatar) a existência de objetos que eles (o espaço e o tempo, como construtos) permitem relacionar logicamente.

A questão da natureza do tempo volta com força, ao final do século XVIII, na obra de Immanuel Kant (1724-1804)³³. Muito antes, Santo Agostinho, ao subordinar o tempo à alma e ao separá-lo, assim, do movimento das coisas, abriu caminho para a perspectiva “transcendental” de Kant, para quem “o tempo não é senão uma condição subjetiva da nossa (humana) intuição (que é sempre sensível, isto é, que se produz na medida em que somos afetados pelos objetos), e não é nada em si, fora do sujeito” (KANT, 1999);. Para Kant³⁴, ao

²⁹ Sugere-se, no sentido de se conhecer melhor a história da medição do tempo e o seu desenvolvimento, a consulta aos livros *O que é o tempo?* (WHITROW, 1993) e *A história do tempo* (WHITROW, 1993), ambos de G. J. Whitrow, bem como aos artigos de *Uma crônica do registro do tempo* (ANDREWES, 2007) A e *A última palavra em relógios*, (GIBBS, 2007).

³⁰ “Uma equipe da França e da Holanda conseguiu estabelecer um novo recorde de velocidade na subdivisão do segundo, ao anunciar, em 2001, que uma luz estroboscópica de laser emitira pulsos com a duração de 250 attosegundos – o que significa 250 bilionésimos de um bilionésimo de segundo. Esse estroboscópio poderá no futuro ser a base para a construção de uma máquina capaz de fotografar os movimentos dos elétrons individuais.” (STIX, 2007)

³¹ Uma interessante lista que descreve o significado de vários intervalos de tempo, exemplificados por eventos específicos, em uma escala que vai de 1 attosegundos (10⁻¹⁸ segundos) a 1 bilhão de anos, foi elaborada pelo escritor e pesquisador David Labrador, e aparece num pequeno artigo intitulado *Do instantâneo ao eterno* (LABRADOR, 2007).

³² Forma com que usualmente se faz referência ao seu famoso livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, de 1686.

³³ “... que é, sem dúvida, o filósofo que os físicos melhor conhecem.” (KLEIN, 1995, p. 81).

³⁴ Em sua *Crítica à Razão Pura*, cuja primeira edição é de 1781, Kant dedica toda uma seção à discussão do tempo, algumas das suas idéias essenciais são apresentadas no § 4, intitulado Exposição metafísica do conceito de tempo. Pode ser interessante que o leitor, então, se depare mais diretamente com o texto do próprio Kant: “1) O tempo não é um conceito empírico abstraído de qualquer experiência. Com efeito a simultaneidade ou a

mesmo tempo em que não há experiência possível sem o tempo, que nos fornece a sucessão dos eventos, é o espaço que permite, por sua vez, a noção de simultaneidade. Esta representação de um tempo relacionado a um espaço pode ser considerada um *a priori*³⁵, uma condição estabelecida por convenção, a partir do qual se constrói toda Ciência³⁶ (KLEIN, 1995).

A força do conceito newtoniano se deve ao poder das explicações e das previsões que a mecânica proporciona. Newton postula que o tempo flui uniformemente do passado para o futuro, deixando entender que segue sempre um mesmo sentido; contudo, matematicamente, a exploração do tempo passado e do tempo futuro se faz do mesmo modo e, para a mecânica, a evolução é simétrica, sendo tão fácil determinar os eventos futuros (como, p. ex., a previsão de um eclipse), quanto determinar os eventos passados (p. ex., a ocorrência de outros eclipses, já passados). O tempo newtoniano, no caso ideal, na ausência de forças dissipativas, seria

sucessão nem sequer se apresentaria à percepção se a representação do tempo não estivesse subjacente *a priori*. Somente a pressupondo pode-se representar que algo seja num e mesmo tempo (simultâneo) ou em tempos diferentes (sucessivo). // 2) O tempo é uma representação necessária subjacente a todas intuições. Com respeito aos fenômenos em geral, não se pode suprimir o próprio tempo, não obstante se possa do tempo muito bem eliminar os fenômenos. O tempo é, portanto, dado *a priori*. Só nele é possível toda a realidade dos fenômenos. Estes podem todos em conjunto desaparecer, mas o próprio tempo (como a condição universal da sua possibilidade) não pode ser supresso. // 3) Sobre essa necessidade *a priori* também se funda a possibilidade de princípios apodícticos das relações do tempo, ou de axiomas do tempo em geral. Ele possui uma única dimensão: diversos tempos não são simultâneos, mas sucessivos (assim como diversos espaços não são sucessivos ms simultâneos). Esses princípios não podem ser tirados da experiência, pois esta não forneceria nem universalidade rigorosa, nem certeza apodíctica. Poderíamos apenas dizer: assim o ensina a percepção comum; não porém: as coisas têm que se passar assim. Esses princípios valem como regras sob as quais em geral são possíveis experiências e não pelas mesmas. // 4) O tempo não é um conceito discursivo ou, como se diz, um conceito universal, mas uma forma pura da intuição sensível. Tempos diferentes são apenas partes precisamente do mesmo tempo. A representação que só pode ser dado por um único objeto é, porém, intuição. A proposição de que tempos diferentes não podem ser simultâneos, também não se deixaria derivar de um conceito universal. A proposição é sintética e não pode originar-se unicamente de conceitos. Está, portanto, contida imediatamente na intuição e representação do tempo. // 5) A infinitude do tempo nada mais significa senão que toda a magnitude determinada do tempo só é possível mediante limitações de um tempo uno subjacente. A representação originária tempo, portanto, tem que ser dada como ilimitada. Mas onde as próprias partes e cada magnitude de um objeto podem ser representadas apenas por limitação, a inteira representação não tem que ser dada por conceitos (pois estes só contém representações parciais), mas tem que lhes subjazer uma intuição imediata.” (KANT, 1999, p. 77-78).

³⁵ “... não existe representação sem este *a priori* transcendental que possibilita os enunciados da ciência ...” (p. 81-82), “... e que fica perfeitamente de acordo com o esquema da física clássica...” (KLEIN, 1995).

³⁶ Sobre o esquema kantiano, “O tempo não é um conceito, é uma representação pura. Daí a tese kantiana da idealidade transcendental do tempo: o tempo é ideal no sentido em que não é um ser ou uma coisa passível de ser compreendida através de conceitos (ideal opõe-se aqui a real) e é transcendental dado que é pré-existente em relação aos objetos da experiência (é *a priori*) e condiciona o seu conhecimento. Para grande alívio de todo tipo de sábios, esta idealidade transcendental do tempo garante o realismo empírico exigido por toda a ciência, uma vez que a apreensão do mundo sensível encontra nele a sua condição necessária. // Esta tese é sedutora e, graças a ela, tudo poderia correr pelo melhor no melhor dos mundos... se não fosse a relatividade restrita de Einstein. Ao misturar o espaço e o tempo, esta parece, com efeito, recusar a tese de Kant, que considerava estas duas entidades como dois *a priori* distintos e separados da sensibilidade, ponto de vista que só é compatível com o esquema newtoniano. Então, o que resta do esquema kantiano? Os seus fundamentos mais sólidos não são abalados? O que resultaria, neste ponto, de um diálogo entre físicos e filósofos? Ou, ainda melhor, de uma discussão?” (KLEIN, 1995, p. 82).

potencialmente reversível. É isto que dá origem no pensamento de Pierre Simon (1749-1827), o marquês de Laplace, ao conhecido ‘demônio de Laplace’, enunciado por ele da seguinte forma, em 1814, em seu *Essai philosophique sur les probabilités*: “Uma inteligência que, por um instante, conhecesse todas as forças que animam a natureza, e a situação respectiva dos seres que a compõem, se fosse suficientemente vasta para submeter esses dados à análise, abarcaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos celestes e os do mais diminuto átomo: nada seria incerto para ela, e tanto o futuro como o passado seriam presente aos seus olhos” (LAPLACE, apud KLEIN, 1995, p. 27-28).

Na física newtoniana não parece haver qualquer dificuldade com a noção de simultaneidade, mas o tempo absoluto acabaria por fazer com que o próprio universo não tivesse história, pois o tempo é eterno e imperturbável, fluindo igual a si próprio; assim, de certo modo, Newton acaba colocando o tempo fora do tempo. Caberia um questionamento: será isso mesmo? Ou seria o caso de alguns pensadores que, a essa maneira, pareceriam sentir a falta de uma base, uma referência temporal, para o próprio tempo?³⁷

A ausência de uma seta para o tempo no esquema newtoniano foi fortemente sentida por vários cientistas do século XIX, citando alguns: Ludwig Boltzmann (1844-1906), Willard Gibbs (1839-1903), Ernst Zermelo (1871-1953) e Joseph Loschmidt (1821-1895). Mais recentemente Ilya Prigogine (1917-2003) se juntaria a eles, denunciando-a como antinatural. Baseiam-se no fato de que a grande maioria dos acontecimentos que vivenciamos são irreversíveis.

A pergunta, que naturalmente irrompe, é: como determinar esta seta?

Uma das primeiras evidências mais contundentes da seta do tempo foi dada por Sadi Carnot (1796-1832), no início do século XIX, que, ao calcular o rendimento térmico das máquinas a vapor, deu-se conta de que a transformação do calor em energia mecânica estava limitada pelo sentido irreversível em que se efetuam as transferências de calor (unicamente da fonte quente para a fonte fria).^{38, 39}

³⁷ Outras considerações também se insurgem: “... se uma tal concepção de universo, visto como fixo e eterno, não constitui um argumento inconsciente contra as teorias evolucionistas de toda a espécie (darwiniana, cosmologista), a juntar-se aos argumentos da Igreja”. (KLEIN, 1995, p. 28).

³⁸ “O seu livro, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, editado em 1824, contém as premissas do que viria a ser o segundo princípio da termodinâmica. Este foi enunciado na sua forma definitiva pelo físico alemão Rudolf Clausius, em 1865. Esta lei macroscópica postula, antes de mais, a existência, para qualquer sistema físico, de uma grandeza denominada ‘entropia’, determinada pelo estado físico do sistema, e que representa, grosso modo, o grau de desordem ou de acaso presente no sistema ... que só pode aumentar quando da ocorrência de qualquer acontecimento físico... Assim, uma vez que só pode haver aumento de entropia com o passar do tempo, este último é orientado por uma seta... desordem é mais provável que ordem... Assim aquilo que se chama seta termodinâmica do tempo não é mais do que a seta que vai do improvável para o provável... O segundo princípio

Entretanto, o que parece ser uma irrefutável evidência do sentido preferencial do tempo quando seguimos as leis macroscópicas, pode não se verificar para leis no campo microscópico, onde o tempo parece adquirir, muitas vezes, senão todas as vezes, um caráter reversível, sem uma direção predeterminada. O que intriga é que *a priori* poderíamos esperar que as leis macroscópicas decorressem das microscópicas, pelo menos se o reducionismo fosse crível. Contudo, freqüentemente, o todo se demonstra maior do que a soma das suas partes. Nele emergem novas propriedades. Na tentativa de integrar os mundos e, mais do que isso, integrar – de fato – as interpretações físicas dos aspectos microscópicos e dos aspectos macroscópicos do mundo observado, Boltzmann teve de lançar mão de recursos estatísticos. Ao estudar a evolução das velocidades das moléculas de um gás diluído, em 1872, pôde construir uma grandeza matemática, designada pela letra H, que vai diminuindo ao longo das transformações que o gás sofre até que se estabilize, e desta forma ele pôde postular um equivalente que se poderia dizer ‘quase-microscópico’ da entropia, isso porque, contudo, continua a se manifestar apenas para os grandes números. Assim, de acordo com a teoria de Boltzmann, dado que um sistema evolui de um macroestado pouco provável para um outro mais provável, a entropia, em conseqüência, aumenta – e a idéia de uma seta do tempo se fortalece, embora a questão ainda não se resolva por completo.⁴⁰

Um dos maiores defensores da idéia de flecha do tempo, nos últimos tempos, vinha sendo Ilya Prigogine, segundo o qual – tendo estudado sistemas caóticos, que são extremamente sensíveis às condições iniciais – “ou a irreversibilidade existe a todas as escalas, ou não existe de todo”. Muitos físicos estão dispostos a admitir que “não existe seta do tempo, mas que o nível macroscópico cria a ilusão da sua existência”; Prigogine, de outra

parece, portanto, harmonizar-se com a nossa sensação de uma direção perfeitamente estabelecida do tempo. Pelo menos à primeira vista...” (KLEIN 1995, p. 29).

³⁹ Sugere-se também a leitura do artigo *Sobre Lázaro e Sadi Carnot e suas contribuições à termodinâmica*, de Délcio Basso.

⁴⁰ “A irreversibilidade seria portanto apenas uma ilusão estatística, uma propriedade emergente apenas característica dos sistemas complexos. Não existiria na base das coisas, uma autêntica seta do tempo, apenas a aparência de uma seta a uma escala maior. A irreversibilidade sê-lo-ia de fato e não por princípio. Edificada com base em leis que a negam explicitamente, estaria, na realidade, densa de reversibilidade e saturada de simetria temporal.// Por este fato, a forma de distinguir o verdadeiro curso do tempo do seu inverso, ou seja, o aumento de entropia, perde a sua força. Daí a afirmar que o próprio tempo não passa de uma ilusão vai apenas um passo, dado por alguns que não são figuras menores. Não escreveu o próprio Einstein, na sua correspondência privada (carta escrita a 21 de março de 1955, após a morte do seu amigo Michele Besso, à família deste último, que: ‘para nós, físicos convictos, a distinção entre passado, presente e futuro não passa de uma ilusão, ainda que tenaz?’... Einstein esperava eliminar a noção de irreversibilidade reduzindo a física a uma pura geometria, isto é, uma forma ‘sem história’// Outros físicos, em contrapartida, recusam-se obstinadamente a chamar de ilusão este tempo que consideram a experiência primordial de toda a vida humana. Afirmam que um verdadeiro tempo escoou realmente... Afirmam que qualquer coisa de essencial deve ter escapado à física...” (KLEIN, 1995, p. 36-37).

forma, prefere crer que “existe uma seta do tempo mas o nível microscópico cria uma ilusão da sua inexistência”.⁴¹

Os defensores da reversibilidade poderiam ainda invocar o teorema de Poincaré (1854-1912), também conhecido como teorema da recorrência, demonstrado em 1889, que nos diz que qualquer sistema clássico que evolua segundo leis deterministas (sob as quais, conhecendo-se as condições iniciais do sistema, é possível, em princípio, calcular toda a sua evolução posterior) acaba por passar por um estágio tão próximo quanto se queira do seu estado inicial, ao cabo de um tempo finito, mais ou menos longo.⁴²

Contudo há uma limitação importante no teorema de Poincaré (KLEIN, 1995, p. 41), que acaba por conferir-lhe um caráter, de fato, antípoda, ou, ao menos, janusiano⁴³, que é o fato de que “os tempos de recorrência são muito longos, superiores à idade do universo, mesmo no caso de sistemas com apenas algumas partículas. Dado que a recorrência teórica invocada pelo teorema de Poincaré não tem tempo para se produzir, equivale a uma irreversibilidade de fato”.

Mas não é apenas na física clássica que as considerações sobre o tempo permanecem insolúveis.⁴⁴ A grande novidade da Relatividade Restrita de Albert Einstein (1879-1955) pode ser considerada o fato de que não mais se fazia referência a um éter, como um meio onde as coisas acontecem, mas então se fala do contínuo espaço-tempo⁴⁵, em que espaço e tempo assumem uma natureza – ao menos parcialmente – comum⁴⁶. Ao mudar-se o referencial no espaço-tempo, o tempo se transforma parcialmente em espaço, e o espaço, parcialmente, em

⁴¹ Se concordarmos com Prigogine: “... a irreversibilidade deixa de ser uma questão de ponto de vista, torna-se inerente à natureza. // O segundo princípio da termodinâmica torna-se o primeiro princípio de toda a física; o conceito de devir (o crescimento da entropia) supera o de ser (as partículas e os outros objetos físicos), a idéia de evolução supera a de existência; Heráclito, o zelador do movimento, faz esquecer Parmênides, o devoto do imobilismo... A noção de idade dos sistemas adquiriria, também ela, um sentido pelo menos no que diz respeito aos sistemas que não estão em equilíbrio.” (KLEIN, 1995, p. 39).

⁴² “Ou seja, a entropia poderia diminuir e regressar ao seu valor inicial. O eterno retorno, de certa forma...” (KLEIN, 1995, p. 40).

⁴³ Termo de uso mais ou menos tradicional, para denotar antíteses, ou evidenciar contradições ou complementariedades, evocando ao deus romano Janus que possuía duas faces, uma de cada lado da cabeça – uma na frente e outra no que se esperaria ser a nuca – cada uma delas olhando em uma direção oposta.

⁴⁴ “Albert Einstein (1879-1955), como bom discípulo (pelo menos na época) de Ernst Mach (1838-1916), não vê o tempo e o espaço como *a priori*. Para ele, o tempo é apenas aquilo que medimos com os nossos relógios; o espaço aquilo que medimos com as nossas réguas. É portanto de uma forma muito pragmática que se interessa pelas durações medidas entre dois acontecimentos por observadores situados em referenciais diferentes. Mostra que estas medidas não dão os mesmos resultados.” (KLEIN, 1995, p. 43-44).

⁴⁵ Interessante a idéia desse contínuo espaço-tempo pode ser atribuída ao próprio Poincaré, que em seu formulismo utilizou a notação quadridimensional x, y, z e ict . Para aprofundamento, sugerimos o artigo intitulado *O mito da relatividade* (BASSO, 2005) e o livro *O espaço-tempo* de Jean-Paul Auffray (AUFRAY, 1998).

⁴⁶ O conceito de equivalência entre espaço e tempo, mais justamente deveria se atribuir a Minkowski (1864-1909), que ampliou o trabalho de Poincaré, e não, exatamente, a Einstein. Sugerimos a leitura de *Um formalismo para o espaço-tempo*, no livro *O espaço-tempo* de Jean-Paul Auffray (AUFRAY, 1998, p. 52-57).

tempo. Tempo e espaço se misturam, como nunca havia se pensado antes. Essa é uma ruptura radical de paradigma. O tempo para Einstein perde a sua identidade newtoniana e deixa de ser exterior e independente do espaço, fazendo parte de uma trama geométrica que envolve os dois. Como consequência prática desta proposta, Einstein prevê que relógios se deslocando em movimento rápido através do espaço, sentiriam o tempo passando mais devagar. De certa forma, o tempo agora passa a ser visto como elástico e depende um espaço, que de modo semelhante se deforma.⁴⁷

Esta elasticidade do tempo levou ao famoso paradoxo dos gêmeos, proposto em 1911, pelo físico francês Paul Langevin (1872-1946). Muito sucintamente: um dos gêmeos parte para uma viagem a bordo de um foguete muitíssimo veloz e ao retornar encontra seu irmão, que havia ficado na Terra. Neste encontro, eles não mais terão a mesma idade biológica, o que ficou na Terra terá – de acordo com a teoria einsteiniana – envelhecido mais, sentido passar um tempo maior. Esta elasticidade do tempo traz consequências enormes ao entendimento – ou pelo menos à conceituação – que se faz do tempo.

Portanto, se a noção de simultaneidade já não é mais a mesma, o tempo perde o *status* de padrão, pelo qual se determina a dinâmica.

É bastante notória a controvérsia⁴⁸ surgida entre o físico Albert Einstein e o filósofo Henri-Louis Bergson (1859-1941). Para o filósofo, o tempo é “uma pura intuição da consciência”.

Bergson tinha uma tese original sobre o tempo, para ele o que deve ocorrer é que a nossa inteligência cria uma representação falsa da natureza real do tempo, pois estaria mais preocupada em registrar coincidências do que em observar o tempo que se escoia, substituindo inconscientemente a duração por um esquema de representação mental que assume um tempo unidimensional, simplista, homogêneo, constituído por instantes sucessivos. Assim, segundo

⁴⁷ “Enquanto se acreditou num tempo universal, pôde dizer-se que o passado já não existia, que o futuro ainda não existia e que apenas existia o presente. A relatividade torna caduco tal discurso: acontecimentos que se encontram no futuro para determinado observador, estão no passado para outro e no presente para um terceiro... Nessa perspectiva, o tempo perde então a sua especificidade de grandeza em devir, pois a relatividade coloca em pé de igualdade a simetria esquerda-direita própria do espaço e a simetria passado-futuro. É por isso que se pode dizer que ela espacializa o tempo, desprovendo-o de seu caráter de grandeza irreversível. Com ela o físico, não fora a sua modéstia natural, poderia tornar-se uma espécie de Deus, dissertando como se trabalhasse na eternidade.” (KLEIN, 1995, p. 49-52).

⁴⁸ “Um diálogo deste tipo teve lugar na Sociedade de Filosofia de Paris, a 6 de abril de 1922, entre Einstein, o físico, e Bergson, o filósofo, a propósito de tempo e relatividade. ‘Pretende falar do tempo tal como é entendido pelo homem comum?’ Pergunta em suma Bergson a Einstein. ‘A questão coloca-se do seguinte modo: o tempo do filósofo será o mesmo que o do físico’, resume Einstein antes de responder, sem hesitar, que apenas a ciência diz a verdade e que nenhuma experiência vivida pode salvar aquilo que nega. Bergson ficou bastante desapontado por esta resposta peremptória. Sem dúvida, esperava que Einstein se rendesse às suas razões, que, afinal, eram as do mais elementar bom senso.” (KLEIN, 1995, p. 83).

Bergson nossa inteligência falharia em perceber o novo como fruto do tempo, e ao assumi-lo como um ente associado à repetição das coisas.⁴⁹ Aparentemente, Bergson fora confundido pela teoria da relatividade de Einstein. Não conseguiu, o filósofo, desapegar-se das suas referências e do senso comum e aceitar que o presente experimentado por um observador – como quer a teoria de Einstein – possa ser vivenciado como passado ou futuro por um outro dependendo do seu estado de movimento.⁵⁰

Quando estuda o paradoxo dos gêmeos de Langevin, Bergson procura solucioná-lo afirmando que, embora os tempos físicos medidos não sejam os mesmos, os tempos biológico e psicológico seriam, denotando a natureza de um tempo ‘vivo’, único e verdadeiro, como pano de fundo. Contudo, o relativo sucesso da teoria relativística de Einstein, torna essa asserção – que produz um verdadeiro rompimento entre os tempos físico e psicológico – dificilmente defensável, atualmente. Contudo existem razões para que não dispensemos completamente – em bloco – os argumentos de Bergson, uma vez que eles podem se ajustar – ao menos em parte – às vicissitudes da teoria quântica.⁵¹

Esta controvérsia entre a concepção de tempo para Einstein⁵² – um tempo físico – e para Bergson – um tempo filosófico, mais aproximado do tempo psicológico⁵³ – ilustra bem as dificuldades entre conciliar *cronos* – denotando o tempo medido – e o *tempus* – significando o tempo sentido.

Também a gravitação impõe suas conseqüências sobre o tempo. Seguindo-se os princípios da relatividade einsteiniana, a gravitação acaba por ser uma propriedade geométrica

⁴⁹ “Como observamos esse ponto de vista não é, em geral, o dos físicos. Não é portanto de admirar que Bergson tenha criticado vivamente a concepção de tempo dos cientistas. Para resumir as suas objeções, basta citar uma carta que escreveu a William James em 1908: ‘Apercebi-me, para meu grande espanto, de que o tempo científico não tem duração, que nada teria a alterar o nosso conhecimento científico das coisas se a totalidade do real fosse mostrada de uma só vez, instantaneamente, e que a ciência positiva consiste essencialmente da eliminação da duração.’ Para Bergson, esta constatação torna o tempo dos cientistas irreconciliável como os dados da vida interior, para a qual não existe tempo sem duração. A duração é a própria matéria constituinte do tempo.” (KLEIN, 1995, pág. 84).

⁵⁰ “No seu livro *Duração e Simultaneidade*, publicado em 1922, começa por criticar severamente a visão geométrica e desvalorizada do tempo, fundada no instante, imposta pela física: segundo ele, o instante não é mais do que uma divisão artificial que ajuda o pensamento esquemático do cientista mas priva a duração de um todo e qualquer substrato concreto. Uma simultaneidade não seria capaz de testemunhar o fluxo da duração.” (KLEIN, 1995, pág. 85).

⁵¹ “Como mostrou Louis de Broglie, no seu livro *Physique et Microphysique*, a concepção bergsoniana do tempo harmoniza-se bastante bem com a física quântica, que concebe a existência de uma ‘mobilidade pura sem localização precisa’. É este o sentido do princípio de indeterminação de Werner Heisenberg, que impossibilita que um objeto quântico possa ao mesmo tempo uma posição e uma velocidade bem determinadas.” (KLEIN, 1995, pág. 86). O livro é de 1956 e Werner Heisenberg (1901-1976) é um físico alemão.

⁵² “Para Einstein ‘não existe um tempo dos filósofos; existe apenas um tempo psicológico diferente do tempo dos físicos.’ A oposição entre os argumentos de Einstein e de Bergson dá-nos uma idéia da distância que separa esses dois tipos de tempo” (KLEIN, 1995, pág. 87-88).

⁵³ Para aprofundar a noção de tempo psicológico sugere-se a leitura do artigo de António Damásio, chamado, Lembrando de quando tudo aconteceu e o artigo *Os tempos de nossa vida*, de Karen Wright (WRIGHT, 2007).

do próprio universo, que obriga o espaço-tempo a deformar-se, a tornar-se curvo. Então é essa estrutura a que se denomina métrica espaço-tempo que determinaria a dinâmica dos corpos. Isso leva a idéia de um tempo cosmológico que passa a adquirir significado próprio, que escoaria sempre num mesmo sentido, orientado por uma seta, e permitiria ordenar os eventos cósmicos. Assim – pelo menos – funcionam os modelos na cosmologia. Ainda assim não é o mesmo velho tempo newtoniano, pois este tempo cosmológico não existiria a priori e depende do modelo – da teoria – cosmológica adotado, portanto não é absoluto. Pode-se mesmo questionar se representa o mesmo tempo que determina a dinâmica de eventos digamos assim mais domésticos, em nossa vizinhança, quer estes últimos sejam estudados e descritos sob a perspectiva clássica ou sobre a einsteiniana. Esse tempo cosmológico compartilha com o de Newton não o fato de ser absoluto, mas de ser universal: observadores não submetidos a qualquer aceleração e que não sofram qualquer efeito gravitacional mútuo, poderiam sincronizar os seus relógios, que permaneceriam sincronizados durante toda a evolução cósmica.⁵⁴

A intrincada relação entre os horizontes temporais que põe em cheque o conceito de simultaneidade também parece confrontar o princípio da causalidade na relatividade einsteiniana, mas essa contradição – pelo menos essa – é aparente, já que ao se postular a maior velocidade possível como a da luz, de fato se garante que os deslocamentos em direção ao tempo passado fiquem impossibilitados, pois exigiriam velocidades maiores. Assim, o princípio da causalidade parece permanecer não-violado, excetuando-se talvez situações particulares, as quais a teoria pode fazer-nos crer que ocorram no interior de buracos-negros, como os ‘buracos de minhoca’, que ao permitirem o dobramento extremo da métrica espaço-tempo, poderiam propiciar algo como que semelhante a um ‘atalho temporal’, que sugeriria a possibilidade de uma viagem no tempo⁵⁵ (DAVIES, 2007).

Problemas ainda maiores com relação à natureza do tempo advém na formulação quântica – ou da sua própria natureza, como querem alguns, ou da natureza da teoria, como preferem outros.

Pode-se dizer, de forma muito resumida, que a teoria quântica fundamenta-se no princípio da superposição, segundo o qual um sistema poderia ser representado por uma

⁵⁴ Devemos nos perguntar: “...se este tempo, como qualquer tempo, existe realmente em si próprio ou se, pelo contrário, se deve pensar como o físico austríaco Ernst Mach (na seqüência de David Hume, George Berkeley, Gottfried Wilhelm Leibniz), que não é mais do que uma forma cômoda para exprimir certas relações entre os fenômenos.” (KLEIN, 1995, p. 54).

⁵⁵ Para uma rápida abordagem deste tema sugerimos a leitura do artigo *Como construir uma máquina do tempo*, de Paul Davies (DAVIES, 2007).

função de onda que seja capaz de representar o conjunto. Em outras palavras, representada por uma função de onda que, por sua vez, corresponda ao somatório das funções de onda de cada um dos elementos desse sistema. Lembremos: elementos que interagem entre si. Este princípio vale até a ocasião em que se tenta medir qualquer uma das propriedades desse sistema. A perturbação gerada acaba sendo modificada, pois, de fato, ocorre uma interação, fornecendo como valor da medida apenas parte do suposto somatório que seria esperado de acordo com o princípio da superposição, daí decorrendo uma incerteza, que é formulada com o *status* de princípio, e que é – ainda hoje – alvo de uma intensa discussão filosófica: a incerteza seria uma característica da natureza, ou da própria teoria (do formalismo) com que representamos essa natureza? ⁵⁶

Quanto ao tempo, de acordo com uma formulação quântica, a questão foca-se mais uma vez na sua reversibilidade ou não. Pode-se defender a idéia de que, como as intervenções – as medidas – são de caráter macroscópico, a irreversibilidade percebida é a mesma que Boltzmann descreveu para a termodinâmica em seus modelos estatísticos. Se realmente acreditarmos que a medição interfere no processo físico, quanticamente, tem-se um indício a favor da irreversibilidade⁵⁷, pois o processo não seria linear. Em outras palavras, embora a equação de Schrödinger⁵⁸, que descreve a função de onda, seja passível de reversão, ao se introduzir uma medição não se teria mais a certeza de que se escolherá o mesmo estado (quer dizer, a mesma parte da soma) que se mediu de uma primeira vez. Ainda assim, pode-se sempre questionar em que medida isto ocorre em razão da natureza, ou da teoria que a descreve (KLEIN, 1995, p.63).

Em 1964, John Bell (1928-1990) ficou famoso ao enunciar um princípio que ficou conhecido como teorema de Bell e que suscitaria a possibilidade da ação imediata a distância para partículas que estariam, então, quanticamente ligadas. A idéia de uma não separabilidade quântica, a qual seria naturalmente subjacente ao formalismo quântico, foi comprovada experimentalmente, em 1983, pela equipe do físico francês Alain Aspect (1947-).

⁵⁶ Esta discussão ficou conhecida na literatura como a questão de Copenhagen (EISBERG; RESNICK, 1986).

⁵⁷ “Existe irreversibilidade na medida em que o inverso do processo não é o processo inverso.” (KLEIN, 1995, p. 60). Adicionalmente pode-se levantar outra interpretação, daquelas para as quais se tem usado o termo janusianas, contemplada com o seguinte excerto, que de fato é uma contra-argumentação do primeiro: “No entanto, esta irreversibilidade é de um tipo bastante particular: pode mesmo considerar-se que ela corresponde a uma verdadeira reversibilidade. Com efeito, a evolução inversa do processo que descrevemos, embora não corresponda exatamente ao filme invertido do processo normal, assemelha-se ponto por ponto a um verdadeiro processo quântico. A multiplicidade dos passados possíveis remete para a dos futuros possíveis no processo real. Torna simétrico, de certo modo, os estatutos do passado e do futuro. Não estamos aqui perante a própria assinatura da reversibilidade?” (KLEIN, 1995, p. 60).

⁵⁸ Erwin Schrödinger (1887-1961), físico alemão.

Einstein afirmava em um artigo de 1935 que, de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita, existiam casos em que poderíamos afirmar com certeza que nenhum de dois eventos influenciaria um ao outro: quando se encontram tão afastados no espaço e próximos no tempo, que a luz não teria tempo de ligar as suas influências. É justamente este ponto de vista que parece ser contrariado pela experiência de 1983. Desde então se acredita que existam sistemas não separáveis de partículas, tal como a previsão quântica indica. Assim dois fótons que interagiram no passado podem formar um todo inseparável, mesmo quando muito afastados um do outro. Acredita-se, pois, de acordo com esta teoria, que essas partículas permaneçam de tal forma ligadas, independentemente do tempo ou do espaço, que o comportamento de uma delas influenciaria o da outra – uma ação instantânea a enormes distâncias – uma ação que não se propaga no tempo, que é – de certa forma – refratária ao próprio tempo.

De acordo com esta perspectiva o físico nem sempre conseguiria separar dois eventos para testar a causalidade envolvida. Isso leva à conclusão – diga-se de passagem, muito ansiogênica – de que o conceito de espaço ou o conceito de tempo, ou mesmo ambos precisem ser revisados, pois já não dão mais conta de explicar os fatos.

Não fosse apenas isso, outra iminente crise de paradigma é denotada pelo fato de que não há uma concordância – para muitas das situações – entre a mecânica quântica e a relatividade.

Um argumento interessante pode ser utilizado para apresentar uma escala de tempo e de distância em que as teorias precisariam necessariamente concordar. Trata-se de um argumento em que se procede a análise dimensional, tomando-se em consideração algumas importantes constantes físicas, consideradas fundamentais. Neste caso são relevantes a constante da gravitação G ⁵⁹, a velocidade da luz c ⁶⁰ e a minúscula constante de Planck h , de essência quântica.⁶¹ É possível combinar estas três constantes (por multiplicação e divisão) de forma a obter uma grandeza expressiva em unidade de tempo: $(Gh/c^5)^{1/2}$, que é da ordem de 10^{-43} segundos. Ao multiplicarmos esse tempo pela velocidade da luz, obtemos uma quantidade com a dimensão de um comprimento de 10^{-35} metros. Esse tempo, bem como o

⁵⁹ A constante G (que vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$) foi introduzida por Newton, teoricamente, e posteriormente medida, em uma experiência que se tornou célebre, por Lord Cavendish (1731-1810), utilizando uma balança de torção. Pode ser entendida como uma constante de proporcionalidade, tal que a força da gravitação entre dois objetos seja proporcional ao produto da sua massa e inversamente proporcional ao quadrado da sua distância.

⁶⁰ A velocidade da luz no vácuo, c (a qual vale $299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), é invariante em relação ao referencial e constitui o limite superior de todas as velocidades de acordo com a relatividade einsteiniana.

⁶¹ A constante h (o seu valor é de $6,622 \cdot 10^{-34} \text{ joules} \cdot \text{segundo}$) foi introduzida, em 1900, por Max Planck (1858-1947). A sua presença no formalismo quântico implica a propriedade de que as trocas de energia devem envolver múltiplos de um *quantum* (um pacote de energia).

espaço envolvido, é certamente muito pequeno e pode dar conta da maioria das necessidades do homem comum, contudo, o que poderia afirmar a física para situações em que se exigisse um entendimento de fenômenos em intervalos de tempo mais curtos ou em dimensões ainda mais diminutas? Para essas dimensões, as constantes – logicamente – não poderiam mais estar corretas. Ainda valeriam as leis da física como as conhecemos? As dimensões ainda se manteriam consistentes? ⁶²

Outros indícios importantes sobre a natureza do tempo advêm da física das partículas. Durante muito tempo os físicos acreditaram que se um experimento fosse realizado de forma simétrica, como se fosse visto através de um espelho, os resultados deveriam ser semelhantes, mas invertidos, espelhados. É o que se convencionou chamar conservação da paridade, em linguagem matemática o espelhamento se reflete na paridade das equações envolvidas. A inversão pode ser conseguida pela troca das coordenadas espaciais da partícula. Assim não esperaríamos poder mostrar qualquer divergência, *a priori*, entre a esquerda e a direita, a não ser em decorrência de uma mera convenção cultural. No entanto, para grande surpresa, em 1957 se descobriu que a lei da conservação da paridade não era respeitada por uma das quatro interações fundamentais da natureza: a interação nuclear fraca, que é responsável por certos fenômenos associados à radioatividade. A esse respeito se pronunciou o físico Wolfgang Pauli (1900-1958): “Deus é ligeiramente canhoto!” Esses resultados foram reavaliados em função de novas descobertas envolvendo subpartículas nos anos seguintes, os kaons, e daí decorre a idéia de que a não conservação da paridade pode ser a responsável pela assimetria entre matéria e anti-matéria que observamos hoje no universo, como propôs, em 1967, Andrei Sakharov (1921-1989).

No presente, para quase todos, a questão que volta a se impor é a de ordem cósmica, causal, relacional. Estará o tempo necessariamente associado à natureza dos acontecimentos físicos, como a oscilação de um pêndulo, ou terá ele uma existência própria, impondo-se, como uma espécie de pano de fundo transcendental, como parece mais ao gosto dos filósofos?

⁶² Alguns, mas não me incluo entre estes, parecem estar conformados com esta inconsistência “Tudo isto parece muito breve e muito curto, mas não há que lastimar que assim seja: este tempo e este comprimentos dito ‘de Planck’ são escalas aquém das quais o espaço-tempo deixa de ser considerado ‘liso’. No caso de distâncias e de tempos mais curtos (como no universo primordial) é de esperar, com efeito, que o espaço e o tempo se apresentem a uma luz muito diferente, dificilmente imaginável. Poderiam ser descontínuos ou flutuantes, o que alteraria fundamentalmente as próprias leis da física. Mas sendo o tempo e o espaço de Planck inacessíveis à experiência, estas hipóteses continuam sendo altamente especulativas...” (KLEIN, 1995, p. 64).

Questões sobre o início e a inserção cosmológica do tempo são também extremamente controversas – e atuais. O estudioso contemporâneo Willem Drees⁶³ em seu livro intitulado *Para além do big bang – cosmologias quânticas e Deus*, discute com profundidade as implicações teológicas das cosmologias mais recentes, especialmente aquela de pesquisadores também contemporâneos, como a de Stephen Hawking, em parceria com Hartle, e a de Roger Penrose. Drees mostra que existe uma forte tensão entre as idéias de Hawkings e as de Santo Agostinho (que, às vezes, são idéias assemelhadas; às vezes, não) e também uma grande tensão entre Hawkings e Penrose⁶⁴ – um antigo colaborador, que “contudo divergiu de Hawkings no que respeita ao tempo, à natureza da realidade quântica e ao caráter especial do universo. Estas questões constituem o cerne do ‘terreno perigoso, mas fascinante’.” (DREES, 1990).

Algumas destas questões – pelo menos – não são, decerto, tão novas. Remetem, pois, de volta – na história – a Fílon de Alexandria (25 a.C – 50 d.C.) e a Santo Agostinho.⁶⁵ Ambos, a fim de contornar a delicada (mas talvez irrelevante) questão sobre o que fazia Deus antes da criação do mundo, concluíram que o antes não fazia sentido, não poderia existir um antes, uma vez que o tempo era parte do mundo que havia sido criado, logo antes da criação do mundo, também as suas propriedades não existiam. Logo – usando a palavra de Fílon – o tempo é “contemporâneo” do próprio universo. Mas aí ressalta o problema da natureza semântica que envolve a questão, ao usarmos o termo contemporâneo, deixamos escapar – senão a crença – pelo menos o desejo de que exista um tempo além do tempo físico usual, padrão, um tempo que possa dar significado às coisas, como as compreendemos – ou não, talvez o que os poetas chamem de eternidade.

Seja como for, representações como estas, de Fílon ou de Santo Agostinho, podem ser pobres do ponto de vista cosmológico e simples do ponto de vista das representações

⁶³ Willem B. Drees é doutor em Física Teórica e Matemáticas pela Universidade de Utrecht e em Teologia pela Universidade de Groninga (Holanda), onde é responsável pelo departamento de Teologia.

⁶⁴ Em nota, Drees esclarece que as idéias cosmológicas de Penrose têm o seu pano de fundo no programa *twistor*, um formalismo original, mas matematicamente difícil, que o próprio Drees deixou de abordar em seu extenso e denso livro. Penrose defende que os *twistors* representam um nível mais profundo da realidade que os próprios pontos do espaço-tempo. Certamente, um detalhamento destas idéias, por mais interessante que seja, extrapolaria enormemente os objetivos deste trabalho bem como a capacidade deste autor, sendo impraticável no momento.

⁶⁵ “A tese de Filon, por exemplo, consiste em dizer que ‘dado que o tempo é um espaço medido, determinado pelo movimento universal, e que o movimento não pode ser anterior ao objeto em movimento, mas deve necessariamente surgir depois desse objeto ou no mesmo instante, o tempo é necessariamente, também ele, contemporâneo ou posterior ao mundo’. O problema é que este juízo por mais elegante que pareça, é ao mesmo tempo inatacável e arbitrário, como acontece frequentemente com as proposições metafísicas. Podemos é certo dissertar à vontade, e mesmo infinitamente, sobre a questão de saber se o universo teve um prelúdio temporal ou se tudo – incluindo o tempo – começou com ele. Mas à falta de dados e de provas ao nosso dispor, não podemos chegar à nenhuma conclusão.” (KLEIN, 1995, p. 80-81)

matemáticas associadas a elas, mas um mérito não se lhes pode tirar, são idéias que ainda são ouvidas, talvez porque toquem de algum modo a verdade – seja ela o que for – ou talvez simplesmente por que sejam reconfortadoras e nos permitem dormir em relativa paz.

De certo mesmo, é que persiste o caráter enigmático do tempo e em grande parte a sua intangibilidade pela existência humana...

Klein finaliza primeira parte de seu livro sobre o tempo (KLEIN, 1995, p. 70), ao mesmo tempo em que fica clara a dificuldade de se compreender o tempo, recai nesse intento a esperança de se conseguir avançar:

“... o rosto do próprio tempo permanece a ser o de uma esfinge, a sua essência permanece fantasmática, indecisa e díspar. Não existe uma universalidade do conceito de tempo nem uma unidade teórica em torno dele. Fizemos o inventário da sua aljava e vimos apenas restos de setas (termodinâmica, cosmológica, quântica), sem conseguir encontrar uma seta mãe de todas essas setinhas que valeria para toda a física... Existiria uma unidade teórica do tempo se os teóricos conseguissem unificar as quatro interações fundamentais que a física reconhece hoje em dia? Ou é, pelo contrário, esta visão unitária do tempo que lhes falta para progredir? ... As teorias fundamentais do amanhã poderiam, portanto, nascer das interrogações sobre a natureza do tempo.”.

3 O CONCEITO DE TEMPO NOS LIVROS DIDÁTICOS

“Não defino tempo, espaço, lugar e movimento, que são coisas bem conhecidas por todos”

Isaac Newton ⁶⁶

3.1 COMO O TEMA TEMPO É TRATADO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

O objetivo desta parte do trabalho é fazer uma análise sucinta, mas que seja capaz de fornecer um panorama a respeito de como o tema tempo é tratado na literatura didática.

Não se tem, aqui, a pretensão de se fazer uma avaliação que seja extensa ou excessivamente abrangente da literatura. Isso poderia muito bem ser o objetivo de todo um outro trabalho, posterior a este. Tampouco se está preso a uma metodologia que seja capaz de dar conta desta empreitada. O que se faz é buscar um contato com aqueles livros que estão mais ao alcance do licenciando, em nosso meio, como ponto de partida, quiçá, para investigações futuras, mas, por ora, com a intenção de situar um pouco o problema da conceituação do tempo no contexto do Ensino de Física.

Os livros escolhidos são aqueles que o graduando, ou a sua orientadora, possuíam, além de outros buscados junto à Biblioteca da Universidade, como parte das atividades dos seminários da disciplina Estágio-III (em particular, alguns livros considerados mais antigos).

Como questões norteadoras utilizaram-se as já citadas:

- a) Como o tempo é conceituado?
- b) Em que contexto ou circunstância, o conceito é introduzido?
- c) Ele é desenvolvido no momento em que é apresentado? Ou, a obra volta a abordar o conceito em outros momentos, aprofundando o seu entendimento?
- d) Qual é o tipo de conceito utilizado?
- e) O conceito é explicitamente discutido, desenvolvido e exemplificado?

Ainda que estas indagações tenham sido formalmente buscadas nas leituras das obras, optou-se por descrever as abordagens e conceitos apurados de uma maneira mais harmônica,

⁶⁶ Sir Isaac Newton (1643-1727), físico, matemático, filósofo natural, astrônomo, alquimista e teólogo inglês, na abertura dos *Principia* (publicado em 1687).

na forma de um pequeno texto ou um parágrafo sobre cada obra. Os livros são relatados de acordo com o nível para o qual seu uso foi pensado. Também se faz a descrição dos mesmos na ordem cronológica, levando-se em conta as edições às quais se teve acesso. É preciso observar que a primeira edição de alguns deles pode ser mais antiga do que a que foi efetivamente avaliada e, se este critério fosse levado em conta, ter-se-ia um ordenamento ligeiramente diferente. Contudo, acreditamos que, mesmo na ordem apresentada, é possível se construir uma idéia de como a abordagem do tema tempo nos livros didáticos vem evoluindo ao longo dos anos.

3.1.1 Livros para o Ensino Fundamental

a) Ciências: Física e Química (BARROS; PAULINO, 2006)

Tratam do Sistema Internacional de Unidades e abordam o conceito de intervalo de tempo, quando descrevem o movimento, sem aprofundar mais o assunto.

b) Ciências Naturais (SANTANA et al., 2008)

Esta obra é composta por 4 volumes, planejados cada um para uma das séries finais do Ensino Médio. No volume destinado para a 5^o. série, na seção intitulada “Desenvolvendo Competências e Habilidades” os autores abordam a construção de gráficos (como, por exemplo, um que retrata o consumo de água, ao longo do tempo, em função do horário). No livro destinado ao 6^o. Ano, também se apresenta a descrição de fenômenos no seu curso temporal, por vezes incluindo gráficos. No livro destinado à 7^a. Série, na seção intitulada “Ritmos da Terra, ritmos da Vida” é abordado o tema calendário e também se trata dos ciclos naturais, como as fases da Lua. No livro destinado ao último ano do Ensino Médio, por sua vez, não se aprofunda a noção de tempo.

3.1.2 Livros para o Ensino Médio

a) Introducción a la Física (MAIZTEGUI; SABATO, 1958)

Foi um dos livros discutido durante os seminários da disciplina de estágio. Na introdução da obra, na página 5, trata das três magnitudes básicas da Física, apresentando o tempo. A partir daí faz uso profícuo do conceito, mas não volta a aprofundá-lo ou a explicá-lo.

b) Project Physics – Concepts o Motion – Na Introduction to Physics – Reader (HARTBOOK ET AL., 1968)

A obra começa tratando sobre o movimento e daí evolui para o conceito de velocidade. O faz, a seu modo, abordando o tema com uma extensa utilização de ilustrações artísticas. Também começa a partir de uma abordagem sobre o que é o método científico. A partir daí trata do tempo, sempre associado ao movimento. Termina por descrever os trabalhos de Galileu.

c) Física Parte I – PSSC (Physical Science Study Committee, 1968)

No seu primeiro tomo, seguindo a secção intitulada “O que é a Física” o livro apresenta o capítulo 2, “O Tempo e a sua Medição”, todo ele destinado ao tema. Os autores tratam o assunto assumindo como ponto de partida a ação dos sentidos no ser humano, para então discorrerem sobre os conceitos chaves da Física (e entre eles está o de tempo). A seguir tratam dos intervalos de tempo e fazem menção também ao estroboscópio. Então, são abordados os intervalos de tempo, comparados quanto à sua ordem de grandeza. A seção termina discutindo sobre o sentido do tempo, onde se trata da questão relativa à flecha do tempo e se discute a irreversibilidade de muitos fenômenos físicos, ainda que, por exemplo, para a astronomia e o movimento dos corpos celestes, o tratamento matemático da mecânica não seja um limitante do sentido do tempo. É um dos poucos textos que aprofunda a discussão sobre a natureza do tempo. A primeira edição da obra é de 1956.

d) Física na Escola Secundária (BLACKWOOD et al., 1971)

Outro livro estudado durante os seminários do estágio. Também começa a apresentar a unidade de tempo nas páginas iniciais (o padrão de tempo era, então, definido como uma fração de um dado dia solar). Usa o conceito, mas não discute a natureza do tempo ou as suas características. É digno de nota que, apesar de possuir um interessante glossário ao final da obra, nele não figura o verbete para tempo. A primeira edição da obra é de 1958.

e) Física Básica Nuffield – Guia de Experimentos (Nuffield Foundation, 1972)

O tema tempo é abordado apenas no 30º. Experimento de Classe, na página 76, intitulado “Medir Intervalos de Tempo”, no qual se introduz o uso dos pêndulos.

f) Física Auto-Instrutivo FAI - GTEF - Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (SAAD et al., 1975)

Trata-se de um livro veiculado na década de 70, destinado à aprendizagem auto-instruída e, apesar do viés tecnicista presente na obra, oferece uma abordagem integrada ao contexto histórico sobre o conceito do tempo e o seu desenvolvimento pela civilização e pela Ciência. Apresenta o conceito na Seção 6, intitulada “Pesos e Medidas – Histórico”, na página 45. É verdade que, apesar do enfoque histórico inicial, a partir deste ponto a obra faz amplo uso do tempo como grandeza física e não o retoma mais, deixando de aprofundar o conceito ou de abordar outras características relacionadas ao tempo.

g) Projeto Física – Unidade 1 – Conceitos de Movimento (HOULTON et al., 1978)

Constitui-se em um livro que traz uma seção sugestivamente intitulada “O nosso Lugar no Tempo” em que se comparam as ordens de grandeza de diversos fenômenos que envolvem o tempo. Ao tratar do movimento usa o conceito. Além disso, faz uma abordagem dos trabalhos de Galileo sobre o movimento de queda livre.

h) Física: dos experimentos à teoria – 2º Grau (SANTOS, 1978)

É uma obra que fornece inúmeros roteiros de laboratório como ponto de partida para a teoria. Somente no capítulo XIII, intitulado “Noções Gerais sobre Movimento” é que

menciona o tempo pela primeira vez, e, no capítulo XIV, “Cinemática e Dinâmica”, começa a usar medições de intervalos de tempo para descrever movimentos. Nada, além disso, embora seja um livro com uma abordagem que não é a mais usual – que descreve aspectos ligados à conservação de energia antes das noções clássicas de cinemática – nada é tratado a respeito da natureza do tempo.

i) Projetos de Ensino de Física – IFUSP – MEC/FENAME (1980)

No fascículo intitulado “Mecânica – Medidas do Tempo” se faz a seguinte abordagem introdutória sobre o tema tempo:

“O tempo é algo que não conseguimos compreender inteiramente, sentimos sua passagem, mas não sabemos defini-lo. Newton, por exemplo, disse, na abertura dos Principia (que foi a obra que serviu de base para toda a física até 1900): ‘Não defino tempo, espaço, lugar e movimento, que são coisas bem conhecidas por todos’...A ignorância sobre a natureza do tempo, no entanto, não impede que nós o meçamos e nos refiramos a ele, dessa maneira freqüentemente dizemos coisas como: ‘Há mais de um ano não vejo fulano.’, ‘Ainda faltam quinze minutos para a aula terminar’, ‘Contei três batidas do coração durante a queda da pedra’...”

A seguir o texto trata sobre como medir o tempo e aborda, de modo particular, os fenômenos periódicos. Sugere experimentos como um cronômetro de areia, um pêndulo simples e uma clepsidra. Depois trata dos padrões de medição do tempo numa secção intitulada “Do Dia Solar às Transições do Césio”.

Embora seja um texto relativamente curto, todo o fascículo foi destinado ao tema tempo e é um dos poucos textos que não se furta à discutir a realidade inatingível, no sentido de ser primitiva, do conceito de tempo, como ente primitivo.

j) Física (BONJORNO al., 1985)

A primeira menção sobre o tempo aparece na página 10, no capítulo 2, quando os autores discorrem sobre as unidades fundamentais (Sistema Internacional de Unidades), e logo depois começam a usar o conceito nos capítulos destinados à cinemática. Não se discute a natureza do tempo e mesmo a unidade para a grandeza, o segundo, é apresentada de forma muito rápida.

k) Curso de Física (ALVARENGA; MÁXIMO, 1987)

Menciona o tempo nas páginas iniciais da obra. Ele aparece pela primeira vez na construção de gráficos, na página 25. Posteriormente é retomado nos capítulos que tratam de cinemática.

l) Os Fundamentos da Física (RAMALHO et al., 1989)

Os autores se limitam a apresentar uma tabela com as grandezas físicas e a usar o conceito como de praxe nas seções de cinemática.

m) Física (PARANÁ, 1993)

Este autor apresenta os conceitos de comprimento, massa e tempo já no início da obra e, no capítulo 2 apresenta uma seção intitulada “Medidas de intervalo de tempo” em que trata dos cronômetros e mostra a definição do segundo. Aborda o movimento como uma combinação de espaço, tempo e matéria no capítulo 4, intitulado “Conceitos Básicos de Cinemática”.

n) Física – Volume Único (ALVARENGA; MÁXIMO, 1997)

Neste livro o tratamento do tema é bem singelo, os autores definem o segundo como uma unidade básica do Sistema Internacional de Unidades, na página 27, e depois usam o conceito de tempo e de intervalo de tempo, como de praxe, no estudo da cinemática, sem aprofundar a discussão sobre o conceito que envolve o tempo.

o) Física 1 – Mecânica (GREF - Grupo de Re-elaboração do Ensino da Física, 2002)

O tema aparece da primeira vez quando se trabalha a idéia da conservação e variação da quantidade de movimento, na página 41. Na apresentação da proposta de trabalho, já na página 28 (a segunda página do texto propriamente dito), cita o tempo. Uma curiosidade: trata de velocidade antes de introduzir os conceitos de deslocamento e de intervalo de tempo. Também não discute a natureza do tempo. A primeira edição da obra é de 1993.

p) Física conceitual (HEWITT, 2002)

Ainda que seja uma obra que prioriza os conceitos, quando trata do movimento se refere primeiro a “rapidez” para então chegar ao conceito de velocidade, já utilizando então o conceito de tempo, mas não o explicita e nem o discute.

q) Curso de Física (MÁXIMO; ALVARENGA, 2005)

No primeiro volume, os autores apresentam o padrão de tempo, discutem o segundo no contexto do Sistema Internacional de Unidades e o utilizam no estudo da cinemática dando especial atenção ao estudo dos gráficos que descrevem o movimento. No terceiro volume da obra, na unidade dedicada à Física Moderna, no capítulo 25 intitulado “Teoria da Relatividade e Física Quântica” retomam as discussões que envolvem o tempo.

r) Universo da Física (SAMPAIO; CALÇADA, 2005)

Faz a apresentação mais usual do tema, baseada na apresentação do Sistema Internacional de Unidades e no estudo da cinemática, sem aprofundá-lo.

s) Física – Volume Único (SAMPAIO; CALÇADA, 2005)

Dos mesmos autores da referência anterior, com o mesmo tratamento para o conceito.

t) Física – Volume Único (UENO, 2006)

Menciona o tempo pela primeira vez, quando trata da construção de gráficos e usa um gráfico da velocidade em função do tempo como exemplo. Na seqüência começa a tratar da cinemática e faz uma primeira consideração sob o título “Relação entre Espaço e Tempo”, mas não aprofunda mais o tema.

3.1.3 Livros para o Ensino Universitário

a) Mecânica Física (MAIA, 1964)

Trata-se de uma obra nacional em cujo capítulo primeiro, intitulado “Noções Introdutórias” figuram aspectos da mais alta relevância, como: O conhecimento científico (1 – O que é ciência, 2 – O método, 3 – Classificação das ciências), O problema da nomenclatura (4 – A linguagem, 5 – O que é uma definição, 6 – Os conceitos primitivos), e “A Física” (7 – O que é a Física?, 8 – O que é uma lei Física?, 9 – Observação, 10- atitude da física atual). Somente em um segundo capítulo é que se apresenta o Sistema Internacional de unidades, que contém uma ampla descrição do padrão adotado para o segundo. Este livro tem o mérito de abordar o problema das definições e da linguagem, chegando mesmo a mencionar como exemplo o significado próprio que o termo espaço-tempo carrega na Física.

Vale a pena mencionar o que este autor diz a respeito dos conceitos primitivos, já que este é precisamente um dos pontos que envolvem um conceito como o tempo no entendimento que se faz ao longo de todo o presente trabalho.

“6- Os conceitos primitivos. Lembramos aqui que explicar é reduzir um conceito desconhecido a um outro conhecido. Uma explicação é processada, em geral, através de uma série de inferências. No entanto qualquer que seja o objeto da explicação, não é possível continuar indefinidamente a cadeia de reduções sem se incorrer numa tautologia (círculo vicioso). Por este motivo existem, em qualquer ciência, conceitos que não podem ser reduzidos a outros, isto é, termos que não podemos definir: constatamos a sua existência e os admitimos sem definições. Tais conceitos irreduzíveis são denominados conceitos primitivos. Por exemplo: na Geometria não sabemos definir o que seja um ponto... Os conceitos primitivos existentes num dado ramo de uma ciência podem ser pensados como os elos iniciais da cadeia de definições que integram o ramo considerado. É possível que para uma dada ciência um conceito que é primitivo numa certa formulação não o seja numa outra. Mas não é possível, ao menos atualmente, existir uma ciência sem conceitos primitivos” (pág. 28).

Maia adiante, Maia trata da questão referente às unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidades, entre elas aquela destinada a medir os intervalos de tempo, e também fornece uma explanação aprofundada sobre a definição do segundo.

Mais uma vez, transcreve-se:

“Sobre a definição de segundo. A possibilidade de medir o tempo está baseada na existência de um fenômeno qualquer que se repita e tal que seja possível contar as suas repetições. Dessa forma associamos a operação de contagem à idéia, demasiado abstrata, de duração (grifo nosso). Na natureza, felizmente, existem vários de tais fenômenos...” (pág 44).

A obra de Maia é uma das que aborda mais profundamente a essência do conhecimento, aquela que mais claramente vai à sua raiz epistemológica, embora não chegue a explicitar que o tempo é um conceito primitivo, nem lhe dedique uma seção inteira como faz, por exemplo o PSSC.

b) Curso de Física General (FRISH; TIMOREVA, 1967)

Trata-se de um antigo livro russo. É destinado a estudantes das áreas biológicas. Os autores não apresentam o conceito, mas já na parte introdutória do livro, quando discutem o segundo, como unidade de tempo, citando a sua definição, no caso, aquela astronômica, derivada da fração do ano tropical de 1 de janeiro de 1900 (na pág. 15). Logo na seqüência os autores abordam o conceito de tempo de maneira natural e intuitiva na cinemática, sem, contudo, aprofundarem qualquer tipo de discussão a respeito da sua natureza.

c) Física (HAZEN; PIDD, 1969)

Apresenta o conceito de tempo na página 5, a partir da idéia de que os sistemas físicos ocorrem em forma ordenada e que existem intervalos entre eles, assim como ordem. Os intervalos de tempo são então comparados com algum intervalo padrão de fenômenos que se repetem. Define a unidade padrão, como no Sistema Internacional de Unidades, em função da fração do ano (tempo astronômico), já que a obra é anterior ao conceito atualmente estabelecido para o segundo. A partir daí emprega o conceito nas sessões de cinemática e volta a discutir o tema no capítulo 13, sobre a Relatividade Especial. No índice remissivo fornece as posições para os seguintes verbetes: i) tempo (pág. 5 e pág. 172); dilatação do tempo (pág. 180), tempo newtoniano (pág. 172); tempo próprio (pág. 180); e simultaneidade (pág.189).

d) Physics (YAVORSKY; SELESNEV, 1979)

Trata-se de outro livro russo, destinado a uma revisão dos conceitos de Física Universitária. O tempo não chega a ser conceituado. Os autores já iniciam a obra usando o termo, nos primeiros capítulos destinados à cinemática (pág 19, efetivamente a terceira página do texto). Na parte final do livro – na parte intitulada “Suplementos” (pág. 586) – quando descreve o Sistema Internacional de Unidades, define o segundo, como unidade de medida do tempo. O livro conta com um índice remissivo bastante bem elaborado. Lá figuram, sob o verbete tempo, as seguintes inserções: i) natureza absoluta na mecânica newtoniana (pág. 62), em que apresenta o princípio da relatividade de Galileu; ii) tempo livre médio (pág. 140); iii) tempo de relaxação médio (pág. 136); iv) tempo nuclear (pág. 573), v) propriedades do tempo (pág. 453); e vi) dilatação relativística (pág. 454). Mesmo quando o tempo volta a ser debatido, um conceito primário não é fornecido. Obviamente, os autores assumem que o estudante possua este conhecimento prévio. No capítulo que trata da relatividade, contudo, alguns exemplos didáticos são oportunamente oferecidos.

e) Manual de Laboratório de Física (ALBUQUERQUE et al., 1980)

Começa a utilizar o conceito de intervalos de tempo na Experiência 9, que aborda aspectos básicos da cinemática, como o de intervalo de tempo ao construir a idéia de velocidade como rapidez. Mais adiante o conceito de tempo vem novamente à tona, como uma medida quando trata do pêndulo simples e do pêndulo composto. Não se trata de nenhum outro aspecto relativo ao tempo, durante o restante da obra.

f) Física Moderna (TIPLER, 1981)

Limita-se a tratar do tempo, do tempo próprio e da dilatação do tempo quando se altera o sistema referencial, no capítulo que aborda a Relatividade, na parte inicial da obra. Contudo, não discute outros aspectos sobre a natureza do tempo

g) Física 1 (RESNICK; HALLIDAY, 1983)

Na terceira linha do texto, em sua primeira página, os autores já mencionam o tempo como uma das grandezas físicas usadas para na construção da Física. A partir daí usa a definição da unidade, baseada no Sistema Internacional de Unidades. Dedicar toda a sessão 1-5

para a discussão do Padrão de Tempo. Embora a discussão sobre o segundo como unidade seja bastante ampla, pouco se discute sobre qualquer outra característica do tempo, como ente próprio. A primeira edição da obra é de 1960.

h) Física (TIPLER, 1984)

Na parte introdutória discorre sobre o tempo, sobre a análise dimensional das grandezas utilizadas em mecânica e que são derivadas das grandezas de base para comprimento [L], massa [M] e tempo [T] e, logo em seguida, no capítulo 2, começa a tratar da cinemática. No índice remissivo aparece também o verbete “tempo característico”, isto é, aquele com que se atinge 63% da velocidade terminal, estudado na secção que trata do movimento com força retardadora proporcional à velocidade.

i) Princípios de Física – Volume 1 – Mecânica Clássica (SERWAY; JEWETT, 2004)

Os autores tratam dos padrões para comprimento, massa e tempo no início da obra (pág. 5), usam na cinemática e voltam a discutir o tema na parte dedicada à Relatividade em que tratam da dilatação temporal, dos fatores de conversão e intervalo próprio.

j) Lições de Física (FEYNMAN et al., 2008)

Trata-se da edição brasileira das mundialmente conhecidas *Feynman Lectures on Physics*, cujos originais foram publicados em 1963. Nesta obra, todo o capítulo 5 é dedicado à discussão que envolve “Tempo e Distância”. Vejamos o que Feynman nos diz a respeito do tempo na seção 5-2 intitulada “Tempo”:

“Vamos considerar primeiro o que entendemos por tempo. O que é o tempo? Não seria legal se achássemos uma boa definição para o tempo? O dicionário Webster define ‘um tempo’ como ‘um período’ e esse último como ‘um tempo’, isso não parece ser de muita utilidade. Talvez devêssemos dizer: ‘Tempo é o que ocorre quando nada mais está ocorrendo’. O que também não nos leva muito mais longe. Possivelmente isso é tão bom quanto se encararmos o fato que tempo é uma coisa que provavelmente não podemos definir (no sentido de dicionário), e apenas dizer que ele é, o que já sabemos que é: é o quanto esperamos! // O que realmente importa não é como definimos o tempo, mas como nós o medimos. Uma forma de medir o tempo é utilizando algo com o qual acontecem coisas que se repetem de forma regular – algo que seja ‘periódico’. Por exemplo, um dia. Um dia aparentemente se repete sempre. Mas quando começamos a pensar sobre isso, alguém pode perguntar: ‘Os dias são periódicos; eles são regulares?’

Todos os dias têm o mesmo tamanho? ... Agora temos segurança que as 'horas' e os 'dias' têm uma periodicidade regular, isto é marcam sucessivos intervalos de tempo iguais, apesar de não termos 'provado' que nenhum deles é 'realmente' periódico. Alguém pode se questionar se não poderia existir um ser onipotente que diminuiria o fluxo de areia toda a noite e o aumentasse durante o dia. Nosso experimento não responderia a esse tipo de questão, é claro. Tudo que podemos dizer é que a regularidade de uma coisa se ajusta à regularidade de outra. Só podemos dizer que baseamos nossa 'definição' de tempo em repetições de algum evento aparentemente periódico.” (seção 5-2, as páginas não são numeradas).

Trata-se de uma outra obra, que discute mais aprofundadamente a natureza primitiva do conceito de tempo e a nossa impotência em defini-lo. É digno de nota o tom coloquial do texto, que faz com que se tenha a nítida sensação de que se está assistindo as próprias conferências.

3.1.4 Outras Obras de Interesse

a) Física – Dicionários Técnicos Melhoramentos (1980)

O tempo é apresentado já na página 3, quando fala das unidades de base do SI. Depois, conceitua o verbete tempo. Transcreve-se a seguir o que consta para o verbete:

“Tempo: grandeza associada à qual transcorrem os movimentos e processos da matéria. Na medida do t. ⁶⁷o curso do t. é representado por um processo estritamente periódico e sempre reproduzível. Na medida astronômica o t. se baseia na duração de uma rotação da Terra sobre si mesma (→ Dia). Por meio de investigações com relógios de quartzo e atômicos se comprovou a irregularidade do movimento de rotação da Terra; e com ele a inexatidão da medida astronômica do t., passando-se, em função disso, a uma definição físico-atômica da unidade de t. (→ Segundo).” (pág. 167)

⁶⁷ O dicionário adota como padrão abreviar a palavra de que está tratando, pela sua inicial seguida de ponto. No presente caso “t.” representa “tempo”.

3.1.5 Sinopse dos Resultados das Análises dos Livros Didáticos

A seguir descreve-se os resultados obtidos a partir da investigação dos livros didáticos, utilizando-se três quadros para facilitar a visualização do conjunto. Cada um deles se refere àqueles livros que são mais apropriados para cada um dos respectivos níveis de Ensino.

Considera-se, na presente descrição, para o Ensino Fundamental (Quadro 1), as seguintes características:

Livro-didático	Conceito de intervalo	Padrão de tempo e definição de segundo	Aprofundamento da discussão
BARROS; PAULINO, 2006	+	+	-
SANTANA et al., 2008 (gráficos)	+	-	-

Quadro 1 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Fundamental. Convenções: “+” significa que a característica está presente; “-” significa que ela está ausente.

- i) O uso de conceito de intervalo de tempo.
- ii) A descrição do padrão de tempo e a definição da sua unidade, o segundo.

Livro-didático	Conceito de intervalo	Padrão de tempo e definição de segundo	Aprofundamento da discussão
MAIZTEGUI; SABATO, 1958	+	+	-
HARTBOOK ET AL., 1968	+	+	-
BLACKWOOD et al., 1971	+	+	-
Nuffield Foundation, 1972	+	?	-
PSSC	+	+	+
Física Auto-Instrutivo FAI, 1975	+	+	? (histórico)
Projeto Física	+	+	-
SANTOS, 1978	+	-	-

Projetos de Ens. de Física, 1980	+	+	+
BONJORNO al., 1985	+	?	-
ALVARENGA; MÁXIMO, 1987	+	+	-
RAMALHO et al., 1989	+	+	-
PARANÁ, 1993	+	+	-
ALVARENGA; MÁXIMO, 1997	+	+	-
Física 1 – GREF, 2002	+	+	-
HEWITT, 2002	+	+	-
MÁXIMO; ALVARENGA, 2005	+	+	? (relatividade)
SAMPAIO; CALÇADA, 2005	+	+	-
UENO, 2006	+	+	-

Quadro 2 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Médio. Convenções: “+” significa que a característica está presente; “-” significa que ela está ausente; e “?” é usado quando ela está presente apenas de forma parcial ou incipiente.

- iii) O aprofundamento da discussão que envolve a natureza do tempo ou mesmo os aspectos relativísticos associados a ele.

Para os livros destinados ao Ensino Médio (Quadro 2) e ao Ensino superior (Quadro 3), por sua vez, as categorias utilizadas nesta análise diferem ligeiramente. Considera-se:

- i) A descrição do padrão de tempo e a definição do segundo como unidade.
- ii) O aprofundamento da temática, mencionando os aspectos relativísticos associados ao tempo.
- iii) O aprofundamento da discussão envolvendo a natureza do tempo.

Livro-didático	Padrão de tempo e def. de segundo	Aprofundamento (Relatividade)	Discussão sobre a natureza
MAIA, 1964	+	+	+
FRISH; TIMOREVA, 1967	+	-	-
HAZEN; PIDD, 1969	+	+	?
YAVORSKY; SELESNEV, 1979	+	+	?
ALBUQUERQUE et al., 1980	+	-	-
TIPLER, 1981	+	+	-
RESNICK; HALLIDAY, 1983	+	+	-
TIPLER, 1984	+	+	-
SERWAY; JEWETT, 2004	+	+	?
FEYNMAN, 2008	+	+	+

Quadro 3 - Comparação entre os livros didáticos para o Ensino Superior. Convenções: “+” significa que a característica está presente; “-” significa que ela está ausente; e “?” é usado quando ela está presente apenas de forma parcial ou incipiente.

3.1.6 Discussão

Após a análise das obras referidas, pode-se facilmente perceber que, nos livros destinados ao Ensino Fundamental, a abordagem é introdutória, fazendo menção aos ciclos naturais e ao calendário, mas sem aprofundar a discussão que envolve a natureza do tempo. Para este nível os livros começam a utilizar o conceito de intervalo de tempo, e da linha do tempo (na forma de um dos eixos para a construção de gráficos que descrevam os fenômenos naturais observados). Além disso, já se inicia a discussão da relação entre tempo e espaço, através dos conceitos de rapidez e velocidade.

É nos livros destinados ao Ensino Médio contudo que observamos as maiores diferenças intragrupo. Todos eles usam o conceito de tempo, e, mais frequentemente, o de intervalo de tempo na construção do entendimento da cinemática, tanto sob a forma de um equacionamento algébrico quanto na construção de gráficos. Alguns que são mais dedicados às atividades de laboratório por vezes sequer discutem os sistemas de unidades e as medidas

padronizadas. A maioria dos livros, contudo apresenta o sistema Internacional de Unidades, e fornecem uma definição para o padrão de segundo, como unidade, ainda que alguns o façam de maneira muito sucinta. As maiores diferenças estão em uma possível abordagem mais filosófica que recaia sobre a natureza do tempo ou sobre a nossa limitação em conhecê-lo e defini-lo. Dos livros considerados nesta investigação, poderíamos dizer que apenas duas obras abordam o conceito e o discutem em profundidade: i) os livros do PSSC (*Physical Science Study Committee*, 1968), intitulados “Física”, cujos originais datam de 1956, e ii) os Projetos de Ensino de Física (1980). Ambos já são relativamente antigos e pouco utilizados na atualidade pelos professores. Alguns livros mais recentes, como o de Máximo e Alvarenga (2005), embora não aprofundem a discussão sobre o tempo de uma perspectiva ontológica ou epistemológica, veiculam sessões em que se apresentam os conceitos de Física Moderna, em cumprimento às diretrizes atuais, onde é possível se observar uma oportunidade para incentivar um pouco de reflexão sobre o conceito.

Quanto aos livros destinados ao Ensino Superior verificamos que a tendência é semelhante àquela mostrada pelos livros destinados ao Ensino Médio. A maioria das obras, além – obviamente – de utilizar o conceito de tempo, também fornece uma descrição, que poderia ser considerada suficiente, sobre o Sistema Internacional de Unidades e sobre a definição operacional de segundo como unidade fundamental. A maioria deles⁶⁸ aprofunda a discussão que envolve o conceito de tempo, pelo menos quando este precisa ser novamente abordado, de forma particularizada, pela Teoria da Relatividade. Uma discussão mais incisiva sobre o a natureza do conceito de tempo, sob uma perspectiva que possa ser considerada mais ontológica foi encontrada em apenas duas obras, dentre as investigadas, embora considerações incipientes sejam freqüentes em outros autores.

Nas *Feynman Lectures*, de 1963 (FEYNMANN, 2008), o ilustre autor discute a natureza do tempo e o faz de uma forma bastante coloquial, como é próprio do seu estilo, tocando no ponto chave, o de que não é possível definir tempo e – ainda que sem o explicitar - de que as tentativas de definição são sempre tautológicas.

A discussão mais bem consubstanciada, do ponto de vista ontológico foi encontrada em Mecânica Física (MAIA, 1964), que constrói todo um apanhado sobre a natureza da Física e dos conceitos que lhe são próprios, chegando a discutir o problema que envolve a linguagem

⁶⁸ Exceto dois – um destinado ao Ensino de Física para Ciências Biológicas (FRISH; TIMOREVA, 1967) e outro para o uso como material de apoio para atividades de ensino em laboratório (ALBUQUERQUE et al., 1980).

e as definições e falando na existência de conceitos primitivos, embora não associe a natureza do tempo explicitamente a um conceito primitivo.

Feynman, embora não utilize a palavra “primitivo”, faz claramente uso do conceito de ente primitivo ao abordar, mais coloquialmente, o conceito de tempo e admitir que o mesmo não pode ser definido.

De fato investigando, com auxílio da internet, pode-se encontrar poucas ocorrências associando o conceito de tempo à sua natureza primitiva. Um sítio interessante, e confiável, pode ser encontrado em: e-física – Ensino de Física on line (<http://efisica.if.usp.br/mecanica/curioso/tempo/tempo/>). Trata-se de uma página eletrônica destinada ao ensino de Física e mantida pela Universidade de São Paulo (USP). Interessantemente lá também se pode encontrar uma descrição da evolução histórica do conceito de tempo.

Acredita-se que a avaliação das obras didáticas que dão suporte ao trabalho dos professores de Física seja relevante, já que os professores serão formadores de opinião, e, inevitavelmente a maneira como eles próprios constroem a sua – seja ao utilizarem os livros citados em sua formação superior, seja ao utilizar os livros destinados a cada um dos níveis de ensino.

Martins, na parte introdutória livro que resume os seus estudos de doutoramento – intitulado “Tempo Físico: a construção de um conceito” (2007) – assim se posiciona com relação ao papel que desempenha o estudo do conceito:

“...apesar da relevância multirreferenciada desse conceito, o ensino de física e a pesquisa em ensino de ciências, paradoxalmente, têm abdicado de uma reflexão mais aprofundada sobre esse tema. São poucos os professores que procuram ir além dos conteúdos dos vestibulares e do que se encontra impresso nos livros didáticos, onde o tempo quase sempre é tratado apenas como um parâmetro matemático abstrato. Também na literatura especializada em ensino de ciências encontramos poucos estudos versando sobre essa noção... Qual a relação entre o ‘t’ das equações da cinemática e o tempo social, histórico ou filosófico? De que maneira o estudante compreende o tempo que aparece no formalismo das teorias físicas?... De nossa parte, acreditamos que a ciência, em geral, e a física, em particular, têm muito a contribuir para a problematização desse conceito. É papel do professor de ciências oferecer ao estudante elementos para que ele possa refletir sobre o seu próprio conceito de tempo, re-elaborá-lo, e compreender aspectos e questões que envolvam essa noção no terreno da ciência. É papel da pesquisa em ensino orientar o professor nessa tarefa, fornecendo-lhe subsídios teóricos e práticos para esse fim. Nesse contexto, destaca-se a tentativa de compreensão do processo de conceitualização do tempo físico...” (MARTINS, 2007, p. 15-16)

É com base nessas mesmas convicções, que o presente trabalho se lança em um processo de sondagem sobre o que pensam, a respeito do tempo, os estudantes de diversos níveis de escolaridade em nosso meio – ainda que aqui se use uma metodologia ligeiramente diferente daquela da qual Martins fez uso.

4. O CONCEITO DE TEMPO ENTRE OS ESTUDANTES

“Não sei o que você quer dizer com ‘glória’”, disse Alice.

Humpty Dumpty sorriu desdenhosamente. “Naturalmente você não sabe – até que eu lhe diga. Eu quis dizer que há ‘um argumento decisivo contra você’”.

“Mas ‘glória’ não significa um ‘argumento decisivo contra’”, objetou Alice.

“Quando eu uso uma palavra”, disse Humpty Dumpty em tom carregado de desdém, “ela significa exatamente o que eu quero que ela signifique – nem mais nem menos.”

“Mas a questão”, disse Alice, “é se você pode fazer as palavras significarem tantas coisas diferentes.”

“A questão”, disse Humpty Dumpty, “é quem comanda – isso é tudo!”

Lewis Carrol⁶⁹

Nesta secção relata-se um estudo de campo, descritivo, planejado para avaliar como o tempo é conceituado e compreendido por diferentes grupos de alunos de interesse para a Educação em Física.

4.1 FUNDAMENTAÇÃO

O conceito de tempo é partilhado pelos seres humanos desde a infância, mas isso não quer dizer que seja entendido, por todos, do mesmo modo. Ao mesmo tempo em que é muitíssimo utilizado, é também envolto por uma certa aura de mistério. Podemos conceitua-lo como um referencial, um marco, ou como uma marcação, que nos permite entender a ocorrência de fenômenos, nos permite organizar os fatos em uma seqüência lógica e planejar as atividades da rotina. Também é a partir dele que muitos conceitos são construídos em Física e nas outras Ciências, como a velocidade, a aceleração, o fluxo, o impulso, a frequência, enfim, tudo que envolva alguma forma de taxa temporal.

Assim, para alguns, talvez o tempo evoque a idéia de uma grandeza, a lembrança de que se constitui em uma das chamadas grandezas fundamentais do Sistema Internacional de

⁶⁹ Lewis Carol foi o pseudônimo utilizado pelo matemático inglês C. L. Dogson (1832-1898) ao publicar uma série de contos para crianças. Desses contos atualmente incluídos entre os clássicos da literatura inglesa, o mais célebre é precisamente Alice no País das Maravilhas (*Alice's Adventures in Wonderland*), o qual foi justamente o primeiro escrito por Lewis Carrol. Trata-se aqui de um excerto do conto *Through the Looking-Glass* (publicado em 1871), encontrado em Mecânica Física (MAIA, 1964) como exemplificação da necessidade que se tem das definições.

Unidades. Para outros pode ser que um aspecto mais psicológico seja evocado pela palavra tempo. Uns, ainda, poderiam concebê-lo como uma dimensão adicional que se junta às três dimensões habituais do espaço para formar um *continuum*. Parece mesmo que cada um de nós tem, até certo ponto, o hábito de construir um conceito mais ou menos particularizado de tempo. Decerto, há até mesmo aqueles que nem ao menos acreditariam na existência do tempo, que atribuiriam o uso do conceito tão somente à necessidade de se criar uma convenção que nos seja útil.

Quando se lembra, sob uma perspectiva histórica, que a conceituação de tempo tem mudado conforme a época e a inspiração que movem a Filosofia e as Ciências, se pode pensar, ainda, sobre a possibilidade de que alguns estudantes estejam, de fato, construindo o seu conceito de tempo a exemplo de como fizeram alguns pensadores da antiguidade. Quantos serão aqueles que pensam o tempo como cíclico? Quantos acham que ele sempre existiu? Quantos acham que teve um começo? E, estes estudantes, quem são?

São perguntas por si só fascinantes e motivadoras. No intuito de perscrutar um pouco, de conhecer um pouco mais sobre a maneira como os estudantes, de um modo geral, constroem e usam a sua conceituação de tempo, propõe-se este estudo de campo.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido através da aplicação de um questionário padronizado para investigar diversos aspectos relacionados às concepções envolvidas com o conceito de tempo.

Pretendia-se avaliar diversos grupos de interesse para o Ensino de Física e de Ciências. Foram escolhidos cinco, antes de tudo, por serem representativos de um amplo espectro de estudantes, mas também pela exequibilidade do projeto.

Assim, investigou-se:

- i) Duas turmas da oitava série do Ensino Fundamental de uma escola pública estadual.
- ii) Uma turma do primeiro ano, uma do segundo ano e uma do terceiro ano do Ensino Médio da mesma escola pública estadual.
- iii) Três turmas do primeiro ano e sete turmas do segundo ano do Ensino Médio de uma escola privada.

- iv) Estudantes do curso de Física de uma universidade privada (do segundo ao nono nível do curso).
- v) Estudantes de um curso de pós-graduação em Filosofia da mesma universidade privada.

O estudo foi desenvolvido conforme as regulamentações do Comitê de Ética em Pesquisa da instituição e foi submetido à apreciação pelas Coordenações Pedagógicas e pelos professores das instituições em que os estudantes foram investigados.

4.2.1 Instrumento para Coleta de Dados

O planejamento deste estudo envolveu a criação de um instrumento que fosse capaz de aferir como os estudantes entendem o conceito de tempo. Foi gerado um instrumento com questões predominantemente objetivas, para que os dados pudessem ser colhidos no ambiente de sala de aula dos próprios estudantes e sem prejudicar o andamento das atividades planejadas pelos seus professores. Além disso, o instrumento deveria possuir a potencialidade ser utilizado com estudantes de diferentes níveis de escolaridade, do Ensino Fundamental ao de Pós-Graduação.

Construíram-se questões que pudessem perscrutar, em particular, alguns aspectos:

- i) se o estudante acredita, ou não, na existência do tempo;
- ii) como ele vê o tempo (como um conceito, como um ente real ou como uma ilusão);
- iii) se ele julga o conceito útil;
- iv) sobre qual seria a melhor maneira de determinar o tempo;
- v) sobre o seu caráter: contínuo/descontínuo;
- vi) sobre o seu caráter: reversível/irreversível;
- vii) sobre a possibilidade das “viagens no tempo” (o que estaria ligado ao item anterior);
- viii) sobre o seu caráter: cíclico ou linear;
- ix) sobre a velocidade com que o tempo flui;
- x) sobre o seu caráter: relativo ou absoluto;
- xi) sobre a possibilidade de contração e dilatação temporais;

- xii) sobre a existência (criação ou onipresença) do tempo;
- xii) sobre a existência do espaço;
- xiv) sobre a relação entre o tempo e o espaço;
- xv) sobre a natureza de um instante;
- xvi) sobre o significado de se falar em um tempo zero.

Sabe-se que algumas questões podem gerar uma certa dificuldade com relação à sua coerência interna, como a questão que pergunta sobre a rapidez (velocidade) com que o tempo flui, pelo simples fato de que, neste exemplo, a própria velocidade dependeria do tempo. Isto se deve ao caráter primitivo do conceito. Ainda assim, preferiu-se manter a questão, mesmo se percebendo a sua limitação.

Da mesma forma, falar em onipresença do tempo recai em uma circularidade. Faria sentido perguntar se o “tempo” está presente o “tempo” todo? Mais uma vez, optou-se por manter a respectiva questão, por considerá-la interessante, já que ela, em sua essência e – praticamente – em análoga formulação, estaria relacionada a um dos mais importantes problemas cosmológicos: o do início dos tempos.

Para possibilitar um espaço de investigação mais aberto, incluiu-se também uma questão dissertativa, perguntando o que era o tempo para o estudante.

Após a elaboração de uma versão inicial do instrumento, o questionário-piloto foi aplicado aos estudantes de uma das turmas de estágio do curso de Licenciatura em Física desta instituição. Pôde-se verificar o grau de compreensão das questões, e algumas dificuldades puderam ser observadas.

Em uma primeira versão do instrumento, não havia qualquer pergunta inicial sobre a crença na existência do tempo e alguns alunos, que declararam não acreditar na sua existência, manifestaram também ter encontrado enorme dificuldade para responder a algumas questões que, *a priori*, só poderiam ser respondidas por aqueles que acreditassem na existência do tempo; para os que não acreditam, elas simplesmente não fariam qualquer sentido, e estariam gerando uma inconsistência interna entre as várias respostas. O problema foi solucionado com a anteposição de uma primeira questão objetiva sobre a crença na existência do tempo junto às questões dissertativas (na primeira página do instrumento) e com a inclusão da instrução (no início da segunda página) para que aqueles que não acreditassem no tempo não respondessem às questões objetivas desta segunda parte. Ademais, optou-se por incluir uma segunda questão dissertativa, solicitando que o estudante explicasse por que razão acreditaria, ou porque não acreditaria na existência do tempo.

Uma descrição adicional detalhando as questões elaboradas, com uma breve explicação sobre os critérios que motivaram a sua inclusão na compilação, é fornecida a seguir.

Antes mesmo de iniciarmos esta descrição cabe ressaltar que se optou por elaborar questões objetivas, para as quais seria necessário escolher uma das alternativas propostas, mesmo que o estudante estivesse em dúvida com relação a quanto uma dada resposta fosse realmente compatível com o que ele pensasse a respeito do tema.

Decidiu-se por esta forma de proceder, pois, em função da própria natureza primitiva do conceito de tempo, é natural que qualquer um de nós possa ficar um pouco atormentado por dúvidas mais ou menos excruciantes sobre muitos dos aspectos investigados. Nesse sentido, optamos voluntariamente por não oferecer qualquer alternativa do tipo “não sei”, ou “nenhuma das anteriores”, exceto para a questão objetiva de número 1 da segunda parte do questionário, que visa justamente oferecer uma alternativa correspondente à idéia de que “o tempo não pode ser determinado”, à idéia da transcendência do tempo. Acredita-se, até mesmo em função da investigação piloto, quando foi possível conversar com os estudantes que participaram do processo, que a existência de alternativas desta natureza em outras questões provocaria uma enxurrada de respostas do tipo “não sei” ou “não tenho certeza” e se perderia uma excelente oportunidade de sondar qual das possibilidades oferecidas pareceria mais atraente para o estudante. A opção de se deixar a alternativa “não sei” e depois perguntar novamente qual das outras seria mais crível pareceu complicar demasiadamente a elaboração do questionário e a sua rápida aplicação para os diversos contextos aos quais se propõe.

Assim o instrumento finalizado contemplou as seguintes informações:

1) Dados gerais de identificação:

Idade: _____	Escola: _____	Turma: _____	Ano/Nível: _____
--------------	---------------	--------------	------------------

Posteriormente à impressão dos questionários, veio à tona o questionamento sobre qual seria a influência do gênero do entrevistado na percepção e descrição do tempo estudo. Como os questionários já estavam impressos, neste momento, foi somente durante a aplicação dos instrumentos, propriamente, que se solicitou que os estudantes escrevessem, ao lado da idade, ou M (de masculino) ou F (de feminino). Este fato não foi um limitante maior do processo, que transcorreu normalmente, embora provavelmente tenha sido o responsável por

alguns estudantes não terem incluído a informação (o que acaba aparecendo na análise posterior como dado faltante, em cerca de 7% dos casos).

2) Uma primeira parte formada por:

- Uma pergunta simples e aberta, solicitando que o participante (sujeito de pesquisa) opine, conceituando tempo, como se exemplifica a seguir:

Por favor, responda com as suas palavras: **O que é o tempo para você? O que significa esta palavra, este conceito?**

É a questão que permite que o estudante expresse livremente o seu conceito, deixando-lhe mostrar o que, em sua opinião, é mais relevante, técnica e/ou afetivamente. Trata-se de uma questão que exige um tratamento qualitativo próprio, diferenciado das objetivas, mas que enriquece sobremaneira a percepção que o estudo é capaz de revelar.

- Uma pergunta de escolha simples e binária (do tipo sim ou não).

Você acredita na existência do tempo? () Sim () Não

É a questão que investiga o aspecto **i** – se o estudante acredita, ou não, na existência do tempo.

- Duas questões objetivas de escolha simples e única:

I. Qual é, dentre as opções abaixo, aquela que melhor caracteriza o tempo?

a) Ele é real (um fato, um ente, uma coisa). Tem uma existência própria e independe do ser humano. Existe mesmo sem que o ser humano esteja presente.

b) Ele é imaginário, é um conceito construído pela ação intelectual do ser humano (um conceito criado pela mente e pela necessidade humana). Só existe na mente do ser humano.

c) Ele é uma ilusão apenas, a gente acha que ele existe, mas é um engano dos nossos sentidos e do senso comum.

É a questão que investiga o aspecto **ii** – como ele vê o tempo (como um conceito, como um ente real ou como uma ilusão). Particularmente, interessa o fato de se caracterizar o tempo ou como um ente real ou como uma criação da mente humana. Uma terceira alternativa também foi incluída, a qual, de certa forma, poderia ser vista como ligada à segunda – e ambas em oposição à primeira – pois uma ilusão, no sentido de um engano da senso-

percepção, afetaria a maneira como a mente interpretaria um estímulo. Seria um tempo imaginário, em vez de real. Entrementes, aparece como uma alternativa para aqueles que porventura não concordem nem com a realidade do tempo, nem com a ação intelectual criando um conceito, com é o caso da opção “b”. De qualquer forma interessará para a análise a consideração da oposição entre real (alternativa “a”) e irreal (alternativas “b” e “c”). No fundo, alguém poderia dizer, apropriadamente, que se trata, mais uma vez, da encarnação presente de um dos problemas mais célebre da filosofia, o que questiona se a mente pode perceber – e se, de fato, existe – uma realidade que independa dela. Ainda assim, importa consideravelmente descobrir o que os estudantes manifestam a esse respeito.

II. O tempo, como conceito, é (seria):

- a) Útil.
- b) Inútil

É a questão que investiga o aspecto **iii** – se ele julga o conceito útil. Interessa saber o quanto o estudante reconhece o aspecto pragmático associado ao conceito.

- Uma última questão dissertativa, como segue:

Gostaríamos que você nos dissesse por que razão acredita – ou por que não acredita – na existência do tempo. Por favor, use o espaço abaixo.

Uma nova questão dissertativa foi incluída para possibilitar a reflexão e justificativa ou complementação da primeira resposta.

3) Uma segunda parte, objetiva, com respostas de escolha simples, perguntando sobre características específicas como:

1. O tempo é determinado **melhor**:

- a) Pela experiência psicológica.
- b) Pelos fenômenos da natureza.
- c) Pela sua própria natureza.
- d) Por Deus, ou por uma divindade.
- e) Por nada disso, o tempo não pode ser determinado.

É a questão que investiga o aspecto **iv** – sobre qual seria a melhor maneira de determinar o tempo. Consideram-se aqui as abordagens mais intuitivas sobre o tempo: aquela

ligada à natureza psicológica – própria do ser humano; aquela que relaciona o tempo aos fenômenos naturais; uma terceira que o determina de forma mais autônoma, como um ente que existe por si só e que, de certa forma, mais condiciona outras coisas ou entes do que é por eles condicionado; uma quarta alternativa que invoca a intervenção de uma divindade; e uma última alternativa que deixa uma possibilidade do estudante manifestar o caráter transcendente, ou mesmo primitivo, do conceito de tempo, ao afirmar que ele não pode ser determinado.

2. O tempo é:

- a) Contínuo (existe sempre).
- b) Descontínuo (às vezes deixa de existir).

É a questão que investiga o aspecto **v** – sobre o seu caráter: contínuo/descontínuo.

É um ponto interessante a ser investigado, levando-se em conta que, se para o mundo macroscópico os modelos que implicam em uma continuidade do espaço e do movimento são na imensa maioria das vezes, plenamente suficientes, por outro lado, para o mundo microscópico, são justamente os modelos que pensam os movimentos – e também o espaço e por vezes o próprio tempo – como entes descontínuos, aqueles que tem demonstrado maior poder explicativo.

3. O tempo é:

- a) Reversível (podemos voltar atrás no tempo).
- b) Irreversível (não podemos voltar atrás no tempo).

É a questão que investiga o aspecto **vi** – sobre o seu caráter: reversível/irreversível. Questiona o aspecto relacionado à célebre “flecha do tempo”, à possibilidade de operar o tempo em apenas um, ou em “ambos” os sentidos que o modelo matemático, mais geral, possibilitaria.

4. Viagens no tempo **são**:

- a) Possíveis, tanto para o futuro quanto para o passado.
- b) Possíveis só para o futuro.
- c) Possíveis só para o passado.
- d) Impossíveis.

É a questão que investiga o aspecto **vii** – sobre a possibilidade das “viagens no tempo” (o que também pode ser considerado ligado ao item anterior). Basicamente, está se considerando aqui, apenas e tão somente, as quatro possibilidades geradas de acordo com a lógica aristotélica formal e tradicional para a combinação entre “poder” e “não-poder” com “para o passado” e “para o futuro”.

5. O tempo é:

- a) Cíclico (ele volta, as coisas se repetem do mesmo jeito).
- b) Linear (ele não volta, as coisas não se repetem iguais, mesmo quando são parecidas).
- c) Às vezes é cíclico, às vezes é linear.

É a questão que investiga o aspecto **viii** – sobre o seu caráter: cíclico ou linear. Este questionamento retoma de modo particular um aspecto que está muito presente em várias culturas e civilizações ao longo da história humana, aquele que interroga sobre a linearidade de um tempo que sempre passa e nunca retorna, que nunca mais é o mesmo, ou ainda sobre a possibilidade do próprio tempo ser um fenômeno cíclico, a exemplo de como, talvez possamos dizer, intuitiva e primitivamente o ser humano interpretaria muitos dos fenômenos relacionados ao mundo natural, e que desde tempos imemoráveis condicionaram a sua própria existência.

6. O tempo...

- a) ...passa (flui) sempre com a mesma rapidez.
- b) ...às vezes pode passar (fluir) mais rápido, às vezes pode passar (fluir) mais lentamente.
- c) ...às vezes passa (flui) mais rápido, mas nunca passa (flui) mais devagar.
- d) ...às vezes passa (flui) mais devagar, mas nunca passa (flui) mais rápido.
- e) ...o tempo não passa (flui).

É a questão que investiga o aspecto **ix** – sobre a velocidade com que o tempo flui. Pode ser vista como uma questão que investiga a natureza do tempo, pensando nele como um ente mais ou menos autônomo. É certo que existe o problema da circularidade dos conceitos, como já discutimos na secção pregressa, mas interessa, ao menos, correlacionar esta resposta com aquelas evocadas para as duas próximas questões. Talvez, o aspecto mais relevante para

a análise das respostas dos estudantes a esta questão seja o foco na tentativa de compreender melhor o que se entende como “passagem” do tempo.

7. O tempo, em sua opinião, aquilo que você chamou de tempo:

- a) É o mesmo para todas as pessoas.
- b) É o mesmo para alguns apenas, para outros é diferente.
- c) Não é igual para ninguém.

É a questão que investiga o aspecto **x** – sobre o seu caráter: relativo ou absoluto. Essa questão se aproxima, embora não explicita qualquer movimento, da maneira como os livros-textos de Física abordam a questão da relatividade, de como o “observador” sente a passagem do tempo. Provavelmente, alguns estudantes considerem o aspecto relativístico, outros, de outra forma, muito provavelmente estejam pensando em termos de uma relatividade no sentido psicológico. A pergunta, embora objetiva é caracteristicamente aberta, por isso acredita-se que deverá ser analisada em conjunto com as demais, especialmente com a próxima, e que, sozinha, poderia ter – da maneira como foi construída – pouco valor explicativo.

8. O tempo:

- a) Pode encolher (diminuir), mas nunca dilatar (espichar).
- b) Pode encolher (diminuir) e também pode dilatar (espichar).
- c) Não pode encolher (diminuir), mas pode dilatar (espichar).
- d) Não pode nem encolher (diminuir) nem dilatar (espichar).

É a questão que investiga o aspecto **xi** – sobre a possibilidade de contração e dilatação temporais. Como a anterior, poderá ser entendida pelo estudante através de uma perspectiva mais própria da Física, mas também, por alguns, através daquela que é mais própria da vivência psicológica. Este comentário revela o que se espera como resposta dos entrevistados, contudo a percepção deles, em princípio, é imprevisível, pois depende da sua vivência, da sua experiência com questionamentos dessa ordem.

9. O tempo:

- a) Existe e sempre existiu.
- b) Só existiu depois de um evento criador (por Deus ou por uma divindade)
- c) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, sem qualquer intervenção divina)
- d) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, que é obra de Deus, ou de uma divindade)

É a questão que investiga o aspecto **xii** – sobre a existência (criação ou onipresença) do tempo. Admite duas possibilidades básicas: a de que o tempo sempre tenha existido e a de que ele foi criado.

Aqui se tem outra daquelas situações em que ocorre circularidade, pois, em nossa mente, faz sentido falar em criação relacionando-a com um dado instante, e este não poderia prescindir da existência de um tempo. Ainda assim, por ser um problema que interessa a diversas cosmologias, a questão se justificaria. Ademais ela também oferece a possibilidade, para aqueles que acreditam em uma “criação do tempo”, para se manifestarem sobre quem, ou o quê, o teria criado.

10. O espaço:

- a) Existe.
- b) Não existe.

É a questão que investiga o aspecto **xiii** – sobre a existência do espaço. Trata-se de uma questão análoga à que demanda sobre a existência do tempo. Está presente para manter a simetria da investigação e para evidenciar o grau de confiabilidade das questões seguinte, já que aqueles que não acreditam na existência do tempo, possivelmente teriam uma dificuldade maior de correlacioná-lo como o tempo.

11. Sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo existe separadamente do espaço.
- b) O tempo só existe juntamente com espaço.

É a questão que investiga o aspecto **xiv** – sobre a relação entre o tempo e o espaço, especificamente se ambos poderiam existir separadamente, um sem a influência do outro, ou,

se o tempo e o espaço existiriam um em função do outro. Esta última idéia claramente evoca o conceito de *continuum* espaço-tempo.

12. Ainda sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo e o espaço são a mesma coisa.
- b) O tempo e o espaço são coisas diferentes.

Trata-se de outra questão que investiga o aspecto **xiv** – sobre a relação entre o tempo e o espaço. Aqui, o aspecto abordado remete à idéia de uma correspondência entre espaço e tempo, a uma correspondência dimensional, como aquela que aparece no modelo de Minkowski.

13. Um instante qualquer:

- a) É um intervalo (pedaço) muito pequeno do tempo.
- b) É um ponto só na linha do tempo.
- c) É um tempo nulo
- d) É um tempo que não existe

É a questão que investiga o aspecto **xv** – sobre a natureza de um instante. Questiona-se: o que é um instante? São oferecidas opções bastante similares quando avaliadas rapidamente, contudo a primeira alternativa associa o instante a um intervalo, enquanto a segunda o define como um ponto na linha do tempo, que é um conceito relacionado ao próprio limite do intervalo, quando ele tende a zero. A terceira fala em um tempo nulo, seja lá o que isto for... Talvez alguns interpretem o limite do intervalo tendendo a zero como a própria anulação do tempo, mas um tempo que não existe seria justamente o que propõe a quarta alternativa. Bem, é uma questão que encerra particularidades semânticas e conceituais, mas pode ser interessante observar quais serão as respostas obtidas. Lembra-se, aqui, que até mesmo um Leonardo da Vinci, certa vez, foi capaz de se proferir a respeito do instante com a seguinte afirmação: “O instante não tem tempo!” (DA VINCI, apud KLEIN, 1995, p. 78).

14. O instante zero:

- a) É um tempo nulo
- b) É um tempo que não existe
- c) É um referencial em relação ao qual podem ser medidos os intervalos de tempo.

É a questão que investiga o aspecto **xvi** – sobre o significado de se falar em um tempo zero. Desta vez, o interesse recai particularmente em entender como os estudantes serão capazes de associar o instante zero com a idéia de um referencial na linha do tempo, uma posição temporal a partir da qual outras são referenciadas.

4.2.2 Análise dos Dados

O plano primário de análise envolve o registro das frequências e dos percentuais relativos de cada alternativa, para cada questão, na amostra total e também na amostra estratificada pela procedência (de acordo com a natureza peculiar de cada um dos grupos investigados).

Os dados provenientes da primeira parte do questionário foram analisados considerando a amostra geral sem cortes.

Para a análise dos dados provenientes da segunda parte do questionário, que investiga sobre a natureza do tempo, foram consideradas apenas as respostas dos estudantes que declararam, na primeira parte, acreditar na existência do tempo. Da mesma forma, como as repostas às questões 11 e 12 dependem da resposta à questão 10, somente foram consideradas as respostas dos estudantes que declararem, na questão 10, acreditar na existência do tempo.

Os dados provenientes das questões objetivas foram tabulados conforme a grade de alternativas e analisados de acordo com a sua natureza categorial, o que envolve o uso dos testes estatísticos apropriados (como o teste *chi*-quadrado, por exemplo). Na maioria das vezes, por simplicidade de representação mostra-se apenas os intervalos de confiança de 95% para cada conjunto de dados.

Utilizou-se, para o propósito de determinar a significância estatística das diferenças observadas, o teste mais apropriado em cada caso, o qual usualmente é indicado automaticamente pelo próprio aplicativo que se está utilizando, embora possa ser definido também pelo usuário (p. ex., *chi*-quadrado, Kruskal-Wallis, Mantel-Hentzel, Mann-Whitney, Exato de Fisher, precedidos quando necessário pelos testes de homogeneidade da variância de Bartlett, ou outro afim). Quando apropriado, mostra-se o resultado do teste especificamente utilizado em cada caso (PETRIE; SABIN, 1991).

Também foram investigadas correlações derivadas da análise primária. O interesse recaiu nas seguintes comparações, estabelecidas *a priori*:

- i) Relação entre a crença na existência do tempo e a utilidade do conceito.
- ii) Relação entre a crença na existência do tempo e o gênero dos estudantes.
- iii) Correlação interna, no conjunto das questões 6, 7 e 8.
- iv) Correlação entre as questões 3 e 4.
- v) Correlação entre a questão 1 da primeira parte e a questão 1 da segunda parte do questionário.

Os dados foram organizados com auxílio de um *software* de uso muito difundido em Ciências da Saúde, amplamente utilizado em estudos epidemiológicos, e que é desenvolvido pelo Centro de Controle de Doenças e Prevenção (CDC), *Center for Disease Control and Prevention*, de Atlanta, nos Estados Unidos da América. O aplicativo chama-se Epi InfoTM. Foi utilizada a versão mais atualizada do mesmo (3.5.1, de 18 de agosto de 2008), cujo acesso livre (CDC – Epi InfoTM – What’s Epi InfoTM? – <http://www.cdc.gov/epiinfo/>).

Trata-se de um aplicativo capaz de organizar um banco de dados através da criação de um questionário de entrada, a partir do qual é possível realizar a análise estatística dos dados de forma bastante fácil e amigável.

Os dados foram coletados entre 24 de setembro e 15 de novembro de 2008 e analisados em 15 e 16 de novembro do corrente ano.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Descrição da Amostra Investigada

A amostra investigada consistiu de 298 indivíduos procedentes de vários grupos de estudantes, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $18,0 \pm 7,1$ anos (variando dos 13 aos 66 anos), 56,3 % dos quais são do gênero feminino.

Estes voluntários correspondem a cinco grupos distintos, elencados a seguir:

Grupo A – 124 estudantes provenientes do Ensino Médio de uma escola privada, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $15,4 \pm 0,8$ anos (variando dos 14 aos 19 anos), 60,7 % dos quais são do gênero feminino.

Grupo B – 69 estudantes provenientes do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $16,5 \pm 1,1$ anos (variando dos 14 aos 22 anos), 53,7 % dos quais são do gênero feminino.

Grupo C – 46 estudantes provenientes do Ensino Fundamental (mais especificamente, da oitava série) de uma escola pública da rede estadual, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $14,5 \pm 0,8$ anos (variando dos 13 aos 16 anos), 59,5 % dos quais são do gênero feminino.

Grupo D – 20 estudantes provenientes de um curso de especialização em Filosofia do Conhecimento em uma universidade privada, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $38,8 \pm 11,9$ anos (variando dos 25 aos 66 anos), 65 % dos quais são do gênero feminino.

Grupo E – 39 estudantes provenientes de um curso de graduação em Física em uma universidade privada, cuja média de idade (\pm desvio padrão) foi de $23,2 \pm 6,6$ anos (variando dos 17 aos 48 anos), 61,1 % dos quais são do gênero masculino.

As Tabelas 1 e 2 apresentam dados sintetizados da amostra.

Tabela 1 - Quantidade de estudantes avaliados em cada um dos grupos de interesse.

Estudantes	Participantes	Percentual	
A – Escola Privada (Médio)	124	41,6%	
B – Escola Pública (Médio)	69	23,2%	
C – Escola Pública (Fundamental)	46	15,4%	
D - Pós-graduação (Filosofia)	20	6,7%	
E - Superior (Física)	39	13,1%	
Total	298	100,0%	

Tabela 2 - Proporção dos gêneros em cada um dos grupos investigados.

GÊNERO			
Grupo	Fem	Masc	TOTAL
A	65	42	107
%	60,7	39,3	100,0
Col %	42,5	35,3	39,3
B	36	31	67
%	53,7	46,3	100,0
Col %	23,5	26,1	24,6
C	25	17	42
%	59,5	40,5	100,0
Col %	16,3	14,3	15,4
D	13	7	20
%	65,0	35,0	100,0
Col %	8,5	5,9	7,4
E	14	22	36
%	38,9	61,1	100,0
Col %	9,2	18,5	13,2
TOTAL	153	119	272
%	56,3	43,8	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0

Quando os vários grupos são comparados quanto à distribuição de gêneros, observa-se uma diferença que não é estatisticamente significativa, avaliada pelo teste do *chi* quadrado ($\chi^2 = 6,2666$, $df = 4$, $p = 0,1801$). Isto se deve ao reduzido tamanho amostral do grupo onde se verifica a diferença na distribuição. Observa-se, de fato, uma tendência importante: na maioria dos grupos ocorre um predomínio de estudantes do gênero feminino, com exceção do grupo de estudantes de Física.

Quando são comparados os vários grupos quanto à distribuição de idades, como seria esperado, observa-se uma diferença estatisticamente significativa e muito expressiva. Usando o Teste de Bartlett para desigualdade das variâncias amostrais, obtemos um valor muito significativo ($\chi^2 = 604,8898$; $df = 4$; $p < 0,0001$), o qual indica que as amostras não são homogêneas e a ANOVA não pode ser considerada (PETRIE; SABIN, 1991, p. 151). Em seu lugar utiliza-se o teste de Mann-Whitney/Wilcoxon que se mostra, por sua vez, significativo ($H = 194,3123$; $df = 4$; $p < 0,0001$).

4.3.2 Avaliação dos Conceitos sobre o Tempo

➤ Através das questões objetivas iniciais (primeira parte do questionário)

4.3.2.1 Crença na existência do tempo

Começamos a descrição dos resultados pela questão que pergunta diretamente pela crença sobre a existência do tempo.

Você acredita na existência do tempo? () Sim () Não

A análise foi executada da mesma forma para cada um dos grupos que foi investigado. Os dados serão mostrados com o recurso a uma tabela simples e a um pequeno gráfico de barras. Essas tabelas, utilizadas de rotina ao longo de todo o restante do trabalho, não serão legendadas com o objetivo de propiciar um texto mais claro.

Amostra Total

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	267	90,2%	86,2%-93,3%	
Não	29	9,8%	6,7%-13,8%	
Total	296	100,0%	*	

Podemos afirmar que predomina a crença na existência do tempo, com significância estatística, já que os intervalos de confiança de 95% não se cruzam. Doravante indica-se a ocorrência de significância estatística com o uso de um asterisco na casela vaga da tabela (*); “n.s.” é utilizado para indicar diferença(s) não-significativa(s).

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	118	95,9%	90,8%-98,7%	
Não	5	4,1%	1,3%-9,2%	

Total	123	100,0%	*	
-------	-----	--------	---	--

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	63	91,3%	82,0%-96,7%	
Não	6	8,7%	3,3%-18,0%	
Total	69	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	38	84,4%	70,5%-93,5%	
Não	7	15,6%	6,5%-29,5%	
Total	45	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	18	90,0%	68,3%-98,8%	
Não	2	10,0%	1,2%-31,7%	
Total	20	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

Você acredita?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sim	30	76,9%	60,7%-88,9%	
Não	9	23,1%	11,1%-39,3%	
Total	39	100,0%	*	

Quando são comparados os vários grupos, entre si, quanto ao fato de se acreditar na existência do tempo (Tabela 3), se observa uma diferença estatisticamente significativa, avaliada pelo teste do *chi* quadrado ($\chi^2 = 14,1397$, $df = 4$, $p = 0,0069$). Isso se deve ao fato de que há um grupo com grande proporção de estudantes que não acreditam na existência do tempo: o dos estudantes de graduação em Física, com 23,1% deles não acreditando na sua existência, enquanto, na amostra total, 9,8% dos estudantes declararam não acreditar na existência do tempo.

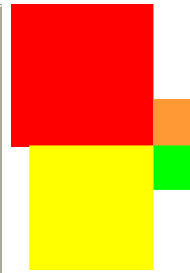
Quando avaliamos a influência do gênero (Tabela 4) sobre a crença na existência do tempo não se verifica nenhuma diferença estatisticamente significativa ($\chi^2 = 0,2409$, $p = 0,6236$). A proporção ligeiramente menor de homens que acreditam no tempo deve-se, provavelmente, ao fato de que, no grupo dos estudantes de Física, predominam os homens.

Tabela 3 - Crença na existência do tempo em cada um dos grupos investigados.

VOCÊ ACREDITA?			
Grupo	Sim	Não	TOTAL
A	118	5	123
%	95,9	4,1	100,0
Col %	44,2	17,2	41,6
B	63	6	69
%	91,3	8,7	100,0
Col %	23,6	20,7	23,3
C	38	7	45
%	84,4	15,6	100,0
Col %	14,2	24,1	15,2
D	18	2	20
%	90,0	10,0	100,0
Col %	6,7	6,9	6,8
E	30	9	39
%	76,9	23,1	100,0
Col %	11,2	31,0	13,2
TOTAL	267	29	296
%	90,2	9,8	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0

Tabela 4 - Crença na existência do tempo estratificada por gênero dos estudantes.

VOCÊ ACREDITA?			
Gênero	Sim	Não	TOTAL
Fem	138	14	152
%	90,8	9,2	100,0
Col %	56,8	51,9	56,3
Masc	105	13	118
%	89,0	11,0	100,0
Col %	43,2	48,1	43,7
TOTAL	243	27	270
%	90,0	10,0	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0



4.3.2.2 Questão I

1. Qual é, dentre as opções abaixo, aquela que melhor caracteriza o tempo?

- a) Ele é real (um fato, um ente, uma coisa). Tem uma existência própria e independe do ser humano. Existe mesmo sem que o ser humano esteja presente.
- b) Ele é imaginário, é um conceito construído pela ação intelectual do ser humano (um conceito criado pela mente e pela necessidade humana). Só existe na mente do ser humano.
- c) Ele é uma ilusão apenas, a gente acha que ele existe, mas é um engano dos nossos sentidos e do senso comum.

Amostra Total

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	172	58,3%	52,4%-64,0%	
Conceito	115	39,0%	33,4%-44,8%	
Ilusão	8	2,7%	1,2%-5,3%	
Total	295	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	69	56,1%	46,9%-65,0%	
Conceito	52	42,3%	33,4%-51,5%	
Ilusão	2	1,6%	0,2%-5,8%	
Total	123	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	44	64,7%	52,2%-75,9%	
Conceito	23	33,8%	22,8%-46,3%	
Ilusão	1	1,5%	0,0%-7,9%	
Total	68	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	26	57,8%	42,2%-72,3%	
Conceito	16	35,6%	21,9%-51,2%	
Ilusão	3	6,7%	1,4%-18,3%	
Total	45	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-graduação da Escola Privada (Filosofia)

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	15	75,0%	50,9%-91,3%	
Conceito	4	20,0%	5,7%-43,7%	
Ilusão	1	5,0%	0,1%-24,9%	
Total	20	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

Qual melhor caracteriza?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Real	18	46,2%	30,1%-62,8%	
Conceito	20	51,3%	34,8%-67,6%	
Ilusão	1	2,6%	0,1%-13,5%	
Total	39	100,0%	*	

Chama a atenção que o grupo que representa os estudantes de Física preferir a caracterização do tempo como um conceito.

4.3.2.3 Questão II

II. O tempo, como conceito, é (seria):

- a) Útil.
- b) Inútil

Amostra Total

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	263	90,1%	86,0%-93,2%	
Inútil	29	9,9%	6,8%-14,0%	
Total	292	100,0%	*	

Os estudantes, em geral, posicionaram-se em favor de que o conceito de tempo é útil. Contudo, chama a atenção que quase 10% deles julguem o conceito de tempo inútil.

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	108	88,5%	81,5%-93,6%	
Inútil	14	11,5%	6,4%-18,5%	
Total	122	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	59	88,1%	77,8%-94,7%	
Inútil	8	11,9%	5,3%-22,2%	
Total	67	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	41	91,1%	78,8%-97,5%	
Inútil	4	8,9%	2,5%-21,2%	
Total	45	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	20	100,0%	100,0%-100,0%	
Inútil	0	0,0%	0,0%-16,8%	
Total	20	100,0%	*	

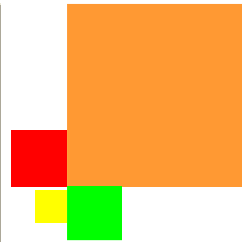
Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

O tempo, como conceito é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Útil	35	92,1%	78,6%-98,3%	
Inútil	3	7,9%	1,7%-21,4%	
Total	38	100,0%	*	

Uma análise interessante é obtida quando se compara se a crença no conceito do tempo influencia a opinião que o estudante tem sobre a utilidade do conceito (Tabela 5).

Tabela 5 - Opinião sobre a utilidade do tempo estratificada conforme a crença na sua existência.

O TEMPO, COMO CONCEITO É:			
Você acredita?	Inútil	Útil	TOTAL
Sim	22	240	262
%	8,4	91,6	100,0
Col %	75,9	92,0	90,3
Não	7	21	28
%	25,0	75,0	100,0
Col %	24,1	8,0	9,7
TOTAL	29	261	290
%	10,0	90,0	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0



Verifica-se uma correlação muito significativa: aqueles que acreditam no tempo também o julgam um conceito útil (quadrante superior direito) com mais probabilidade do que aqueles que não acreditam no tempo (91,6% versus 75%). Esta comparação atinge significância estatística, avaliada pelo Teste Exato de Fisher ($p = 0,01286$).

Por outro lado, a maioria dos que não acreditam na existência do tempo (75%) acham que o conceito de tempo é útil e uma minoria (8,4%) dos que acreditam na existência do tempo acha que o conceito é inútil.

➤ **Através das questões objetivas finais (segunda parte do questionário)**

Estas questões só deveriam ser respondidas pelos estudantes que acreditavam no conceito de tempo.

Estamos portanto considerando as respostas de 267 estudantes, cuja média de idade (\pm desvio padrão) é de $17,8 \pm 6,6$ anos (variando dos 13 aos 54 anos), dos quais 56,8 % são do gênero feminino.

A tabela 6, a seguir, informa as características dos grupos utilizados na análise estratificada.

Tabela 6 - Características demográficas dos grupos constituídos pelos casos incluídos (estudantes que acreditam na existência do tempo).

Grupo	Idade mínima	Média (\pm d. p.)	Idade Máxima	Masculinos (%)
A	14	15,4 \pm 0,8	19	39,6
B	14	16,4 \pm 1,1	22	47,5
C	13	14,6 \pm 0,8	16	37,1
D	25	37,5 \pm 10,4	54	33,3
E	17	23,1 \pm 7,1	48	60,7

4.3.2.4 Questão 1

1. O tempo é determinado melhor:

- a) Pela experiência psicológica.
- b) Pelos fenômenos da natureza.
- c) Pela sua própria natureza.
- d) Por Deus, ou por uma divindade.
- e) Por nada disso, o tempo não pode ser determinado.

Amostra Total

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	57	21,4%	16,7%-26,9%	
Pelos fenômenos da natureza	86	32,3%	26,7%-38,3%	
Pela sua própria natureza	63	23,7%	18,7%-29,3%	
Por Deus, ou uma divindade	8	3,0%	1,3%-5,8%	
O tempo não pode ser determinado	52	19,5%	15,0%-24,8%	
Total	266	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	37	31,4%	23,1%-40,5%	
Pelos fenômenos da natureza	32	27,1%	19,3%-36,1%	
Pela sua própria natureza	25	21,2%	14,2%-29,7%	
Por Deus, ou uma divindade	3	2,5%	0,5%-7,3%	
O tempo não pode ser determinado	21	17,8%	11,4%-25,9%	
Total	118	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	7	11,1%	4,6%-21,6%	
Pelos fenômenos da natureza	21	33,3%	22,0%-46,3%	
Pela sua própria natureza	16	25,4%	15,3%-37,9%	
Por Deus, ou uma divindade	2	3,2%	0,4%-11,0%	
O tempo não pode ser determinado	17	27,0%	16,6%-39,7%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	7	18,4%	7,7%-34,3%	
Pelos fenômenos da natureza	8	21,1%	9,6%-37,3%	
Pela sua própria natureza	10	26,3%	13,4%-43,1%	
Por Deus, ou uma divindade	3	7,9%	1,7%-21,4%	
O tempo não pode ser determinado	10	26,3%	13,4%-43,1%	
Total	38	100,0%	n.s.	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	4	22,2%	6,4%-47,6%	
Pelos fenômenos da natureza	9	50,0%	26,0%-74,0%	
Pela sua própria natureza	4	22,2%	6,4%-47,6%	
Por Deus, ou uma divindade	0	0,0%	0,0%-18,5%	
O tempo não pode ser determinado	1	5,6%	0,1%-27,3%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

1.O tempo é determinado melhor:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Pela experiência psicológica	2	6,9%	0,8%-22,8%	
Pelos fenômenos da natureza	16	55,2%	35,7%-73,6%	
Pela sua própria natureza	8	27,6%	12,7%-47,2%	
Por Deus, ou uma divindade	0	0,0%	0,0%-11,9%	
O tempo não pode ser determinado	3	10,3%	2,2%-27,4%	
Total	29	100,0%		

Observa-se que, embora predomine a opinião de que o tempo é determinado melhor pelos fenômenos da natureza, todas as outras opções, exceto uma, estão bem representadas.

De fato, na amostra geral, ocorre diferença estatisticamente significativa entre todas as outras quatro alternativas quando elas são comparadas com a que afirma que o tempo é determinado melhor pela ação de uma divindade.

Quando são avaliadas as estratificações, observa-se que tanto entre os estudantes de Física quanto entre os de Filosofia, os fenômenos da natureza determinando o tempo se destacam como a escolha preferida. Por outro lado, a alternativa que afirma que o tempo não pode ser determinado – que foi bastante escolhida pelos estudantes dos Ensinos Fundamental e Médio – perde importância em ambos os grupos mais escolarizados.

4.3.2.5 Questão 2

2. O tempo é:

- a) Contínuo (existe sempre).
- b) Descontínuo (às vezes deixa de existir).

Amostra Total

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	229	87,7%	83,1%-91,5%	
Descontínuo	32	12,3%	8,5%-16,9%	
Total	261	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	98	87,5%	79,9%-93,0%	
Descontínuo	14	12,5%	7,0%-20,1%	
Total	112	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	60	95,2%	86,7%-99,0%	
Descontínuo	3	4,8%	1,0%-13,3%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	30	78,9%	62,7%-90,4%	
Descontínuo	8	21,1%	9,6%-37,3%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	16	88,9%	65,3%-98,6%	
Descontínuo	2	11,1%	1,4%-34,7%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

2. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Contínuo	25	83,3%	65,3%-94,4%	
Descontínuo	5	16,7%	5,6%-34,7%	
Total	30	100,0%	*	

Com relação à questão 2, verifica-se que tanto a amostra geral como os grupos consideram o tempo como sendo contínuo.

4.3.2.6 Questão 3

3. O tempo é:

a) Reversível (podemos voltar atrás no tempo).

b) Irreversível (não podemos voltar atrás no tempo).

Amostra Total

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	24	9,3%	6,1%-13,5%	
Irreversível	234	90,7%	86,5%-93,9%	
Total	258	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	11	9,8%	5,0%-16,9%	
Irreversível	101	90,2%	83,1%-95,0%	
Total	112	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	4	6,5%	1,8%-15,7%	
Irreversível	58	93,5%	84,3%-98,2%	
Total	62	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	4	10,8%	3,0%-25,4%	
Irreversível	33	89,2%	74,6%-97,0%	
Total	37	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	3	16,7%	3,6%-41,4%	
Irreversível	15	83,3%	58,6%-96,4%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

3. O tempo é?	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Reversível	2	6,9%	0,8%-22,8%	
Irreversível	27	93,1%	77,2%-99,2%	
Total	29	100,0%	*	

Com relação à questão 3, verifica-se que tanto a amostra geral como os grupos consideram o tempo como sendo irreversível.

4.3.2.7 Questão 4

4. Viagens no tempo são:

- Possíveis, tanto para o futuro quanto para o passado.
- Possíveis só para o futuro.
- Possíveis só para o passado.
- Impossíveis.

Amostra Total

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	44	16,9%	12,6%-22,0%	
Possíveis, futuro só	24	9,2%	6,0%-13,4%	
Possíveis, passado só	30	11,5%	7,9%-16,1%	
Impossíveis	162	62,3%	56,1%-68,2%	
Total	260	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	20	17,9%	11,3%-26,2%	
Possíveis, futuro só	11	9,8%	5,0%-16,9%	
Possíveis, passado só	10	8,9%	4,4%-15,8%	
Impossíveis	71	63,4%	53,8%-72,3%	
Total	112	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	6	9,5%	3,6%-19,6%	
Possíveis, futuro só	6	9,5%	3,6%-19,6%	
Possíveis, passado só	7	11,1%	4,6%-21,6%	
Impossíveis	44	69,8%	57,0%-80,8%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	9	24,3%	11,8%-41,2%	
Possíveis, futuro só	3	8,1%	1,7%-21,9%	
Possíveis, passado só	5	13,5%	4,5%-28,8%	
Impossíveis	20	54,1%	36,9%-70,5%	
Total	37	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	6	33,3%	13,3%-59,0%	
Possíveis, futuro só	1	5,6%	0,1%-27,3%	
Possíveis, passado só	2	11,1%	1,4%-34,7%	
Impossíveis	9	50,0%	26,0%-74,0%	
Total	18	100,0%	n.s.	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

4. Viagens no tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Possíveis, fut. e pass.	3	10,0%	2,1%-26,5%	
Possíveis, futuro só	3	10,0%	2,1%-26,5%	
Possíveis, passado só	6	20,0%	7,7%-38,6%	
Impossíveis	18	60,0%	40,6%-77,3%	
Total	30	100,0%	*	

Com relação à questão 4, verifica-se que tanto a amostra geral como os grupos consideram as viagens no tempo como sendo impossíveis, embora a análise estratificada não tenha tido poder estatístico para evidenciar a diferença nos grupos C e D, apenas.

4.3.2.8 Questão 5

5. O tempo é:

- a) Cíclico (ele volta, as coisas se repetem do mesmo jeito).
 b) Linear (ele não volta, as coisas não se repetem iguais, mesmo quando são parecidas).
 c) Às vezes é cíclico, às vezes é linear.

Amostra Total

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	14	5,4%	3,0%-8,9%	
Linear	169	65,5%	59,4%-71,3%	
Linear e cíclico	75	29,1%	23,6%-35,0%	
Total	258	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	7	6,4%	2,6%-12,8%	
Linear	72	66,1%	56,4%-74,9%	
Linear e cíclico	30	27,5%	19,4%-36,9%	
Total	109	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	0	0,0%	0,0%-5,7%	
Linear	42	66,7%	53,7%-78,0%	
Linear e cíclico	21	33,3%	22,0%-46,3%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	0	0,0%	0,0%-9,3%	
Linear	25	65,8%	48,6%-80,4%	
Linear e cíclico	13	34,2%	19,6%-51,4%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	7	38,9%	17,3%-64,3%	
Linear	8	44,4%	21,5%-69,2%	
Linear e cíclico	3	16,7%	3,6%-41,4%	
Total	18	100,0%	n.s.	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

5. O tempo é:	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Cíclico	0	0,0%	0,0%-11,6%	
Linear	22	73,3%	54,1%-87,7%	
Linear e cíclico	8	26,7%	12,3%-45,9%	
Total	30	100,0%		

A escolha preferida foi a de um tempo linear e, na maioria dos grupos, a alternativa que denota um tempo cíclico foi a menos escolhida, tendo sido, de fato, muito pouco assinalada. Os estudantes de Filosofia são exceção, 38,9% deles foram de opinião de que o tempo é caracterizado melhor como cíclico.

4.3.2.9 Questão 6

6. O tempo...

- a) ...passa (flui) sempre com a mesma rapidez.
- b) ...às vezes pode passar (fluir) mais rápido, às vezes pode passar (fluir) mais lentamente.
- c) ...às vezes passa (flui) mais rápido, mas nunca passa (flui) mais devagar.
- d) ...às vezes passa (flui) mais devagar, mas nunca passa (flui) mais rápido.
- e) ...o tempo não passa (flui).

Amostra Total

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	96	38,1%	32,1%-44,4%	
Flui mais lento ou mais rápido	131	52,0%	45,6%-58,3%	
Flui só mais lento	6	2,4%	0,9%-5,1%	
Flui só mais rápido	11	4,4%	2,2%-7,7%	
Não passa	8	3,2%	1,4%-6,2%	
Total	252	100,0%	*	

A alternativa “b” foi a mais escolhida na amostra geral, com significância estatística. Na análise estratificada o resultado só é observado, com significância no grupo D (Filosofia). No grupo E (Física) predomina a resposta “a”, como tendência, como se descreve nas tabelas seguintes.

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	40	36,7%	27,7%-46,5%	
Flui mais lento ou mais rápido	55	50,5%	40,7%-60,2%	
Flui só mais lento	4	3,7%	1,0%-9,1%	
Flui só mais rápido	8	7,3%	3,2%-14,0%	
Não passa	2	1,8%	0,2%-6,5%	
Total	109	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	23	37,1%	25,2%-50,3%	
Flui mais lento ou mais rápido	35	56,5%	43,3%-69,0%	
Flui só mais lento	1	1,6%	0,0%-8,7%	
Flui só mais rápido	2	3,2%	0,4%-11,2%	
Não passa	1	1,6%	0,0%-8,7%	
Total	62	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	16	42,1%	26,3%-59,2%	
Flui mais lento ou mais rápido	19	50,0%	33,4%-66,6%	
Flui só mais lento	0	0,0%	0,0%-9,3%	
Flui só mais rápido	1	2,6%	0,1%-13,8%	
Não passa	2	5,3%	0,6%-17,7%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	3	16,7%	3,6%-41,4%	
Flui mais lento ou mais rápido	14	77,8%	52,4%-93,6%	
Flui só mais lento	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Flui só mais rápido	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Não passa	1	5,6%	0,1%-27,3%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

6. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Flui igual	14	56,0%	34,9%-75,6%	
Flui mais lento ou mais rápido	8	32,0%	14,9%-53,5%	
Flui só mais lento	1	4,0%	0,1%-20,4%	
Flui só mais rápido	0	0,0%	0,0%-13,7%	
Não passa	2	8,0%	1,0%-26,0%	
Total	25	100,0%	*	

4.3.2.10 Questão 7

7. O tempo, em sua opinião, aquilo que você chamou de tempo:

- a) É o mesmo para todas as pessoas.
- b) É o mesmo para alguns apenas, para outros é diferente.
- c) Não é igual para ninguém.

Amostra Total

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	73	28,3%	22,9%-34,2%	
É o mesmo para alguns	72	27,9%	22,5%-33,8%	
Não é igual para ninguém	113	43,8%	37,7%-50,1%	
Total	258	100,0%	n.s.	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	33	30,3%	21,8%-39,8%	
É o mesmo para alguns	30	27,5%	19,4%-36,9%	
Não é igual para ninguém	46	42,2%	32,8%-52,0%	
Total	109	100,0%	n.s.	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	21	33,3%	22,0%-46,3%	
É o mesmo para alguns	17	27,0%	16,6%-39,7%	
Não é igual para ninguém	25	39,7%	27,6%-52,8%	
Total	63	100,0%	n.s.	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	8	21,1%	9,6%-37,3%	
É o mesmo para alguns	13	34,2%	19,6%-51,4%	
Não é igual para ninguém	17	44,7%	28,6%-61,7%	
Total	38	100,0%	n.s.	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	5	27,8%	9,7%-53,5%	
É o mesmo para alguns	3	16,7%	3,6%-41,4%	
Não é igual para ninguém	10	55,6%	30,8%-78,5%	
Total	18	100,0%	n.s.	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

7. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
É o mesmo para todos	6	20,0%	7,7%-38,6%	
É o mesmo para alguns	9	30,0%	14,7%-49,4%	
Não é igual para ninguém	15	50,0%	31,3%-68,7%	
Total	30	100,0%	n.s.	

Observa-se que há uma dispersão das respostas em todos os grupos. Ainda que sem atingir significância estatística, entre os estudantes mais escolarizados prevalece a opinião de que o tempo “não é igual para ninguém”.

4.3.2.11 Questão 8

8. O tempo:

- a) Pode encolher (diminuir), mas nunca dilatar (espichar).
- b) Pode encolher (diminuir) e também pode dilatar (espichar).
- c) Não pode encolher (diminuir), mas pode dilatar (espichar).
- d) Não pode nem encolher (diminuir) nem dilatar (espichar).

Amostra Total

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	8	3,2%	1,4%-6,1%	
Encolher e dilatar	94	37,2%	31,2%-43,4%	
Dilatar, apenas	10	4,0%	1,9%-7,1%	
Nem um nem outro	141	55,7%	49,4%-62,0%	
Total	253	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	5	4,6%	1,5%-10,5%	
Encolher e dilatar	44	40,7%	31,4%-50,6%	
Dilatar, apenas	5	4,6%	1,5%-10,5%	
Nem um nem outro	54	50,0%	40,2%-59,8%	
Total	108	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	1	1,6%	0,0%-8,8%	
Encolher e dilatar	18	29,5%	18,5%-42,6%	
Dilatar, apenas	2	3,3%	0,4%-11,3%	
Nem um nem outro	40	65,6%	52,3%-77,3%	
Total	61	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	2	5,4%	0,7%-18,2%	
Encolher e dilatar	7	18,9%	8,0%-35,2%	
Dilatar, apenas	1	2,7%	0,1%-14,2%	
Nem um nem outro	27	73,0%	55,9%-86,2%	
Total	37	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Encolher e dilatar	13	72,2%	46,5%-90,3%	
Dilatar, apenas	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Nem um nem outro	5	27,8%	9,7%-53,5%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

8. O tempo pode...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Encolher, apenas	0	0,0%	0,0%-11,9%	
Encolher e dilatar	12	41,4%	23,5%-61,1%	
Dilatar, apenas	2	6,9%	0,8%-22,8%	
Nem um nem outro	15	51,7%	32,5%-70,6%	
Total	29	100,0%	*	

Observamos que a maioria dos estudantes escolheu a alternativa que diz que o tempo não pode nem encolher nem dilatar, mas naqueles mais escolarizados (de Física e de Filosofia) a opção encolher e dilatar se torna semelhantemente importante.

4.3.2.12 Questão 9

9. O tempo:

- a) Existe e sempre existiu.
 b) Só existiu depois de um evento criador (por Deus ou por uma divindade)
 c) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, sem qualquer intervenção divina)
 d) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, que é obra de Deus, ou de uma divindade)

Amostra Total

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	189	75,0%	69,2%-80,2%	
Só depois de Deus	14	5,6%	3,1%-9,1%	
Só depois do Big Bang	32	12,7%	8,9%-17,5%	
Depois que Deus fez o Big Bang	17	6,7%	4,0%-10,6%	
Total	252	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	81	76,4%	67,2%-84,1%	
Só depois de Deus	4	3,8%	1,0%-9,4%	
Só depois do Big Bang	17	16,0%	9,6%-24,4%	
Depois que Deus fez o Big Bang	4	3,8%	1,0%-9,4%	
Total	106	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	48	77,4%	65,0%-87,1%	
Só depois de Deus	5	8,1%	2,7%-17,8%	
Só depois do Big Bang	4	6,5%	1,8%-15,7%	
Depois que Deus fez o Big Bang	5	8,1%	2,7%-17,8%	
Total	62	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	27	71,1%	54,1%-84,6%	
Só depois de Deus	4	10,5%	2,9%-24,8%	
Só depois do Big Bang	3	7,9%	1,7%-21,4%	
Depois que Deus fez o Big Bang	4	10,5%	2,9%-24,8%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	17	94,4%	72,7%-99,9%	
Só depois de Deus	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Só depois do Big Bang	1	5,6%	0,1%-27,3%	
Depois que Deus fez o Big Bang	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

9. O tempo...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Sempre existiu	16	57,1%	37,2%-75,5%	
Só depois de Deus	1	3,6%	0,1%-18,3%	
Só depois do Big Bang	7	25,0%	10,7%-44,9%	
Depois que Deus fez o Big Bang	4	14,3%	4,0%-32,7%	
Total	28	100,0%	*	

Em todos grupos prevalece a opinião de que o tempo sempre existiu, mas, entre os estudantes de Física, a opinião de que ele possa ter surgido após o Big Bang parece se tornar relevante.

4.3.2.13 Questão 10

10. O espaço:

- a) Existe.
- b) Não existe.

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	251	97,7%	95,0%-99,1%	
Não existe	6	2,3%	0,9%-5,0%	
Total	257	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	104	96,3%	90,8%-99,0%	
Não existe	4	3,7%	1,0%-9,2%	
Total	108	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	63	100,0%	100,0%-100,0%	
Não existe	0	0,0%	0,0%-5,7%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	36	94,7%	82,3%-99,4%	
Não existe	2	5,3%	0,6%-17,7%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	18	100,0%	100,0%-100,0%	
Não existe	0	0,0%	0,0%-8,5%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

10. O espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Existe	30	100,0%	100,0%-100,0%	
Não existe	0	0,0%	0,0%-11,6%	
Total	30	100,0%	*	

É possível afirmar que em todos os subgrupos os estudantes acreditam na existência do espaço.

As próximas duas questões só deveriam ser respondidas pelos estudantes que acreditavam na existência do tempo e também na do espaço.

Consideram-se, então, as respostas de 251 estudantes, cuja média de idade (\pm desvio padrão) é de $17,9 \pm 6,8$ anos (variando dos 13 aos 54 anos), 58,3 % dos quais são do gênero feminino (Tabela 7).

Tabela 7 - Características demográficas dos grupos constituídos pelos casos incluídos. (estudantes que acreditam na existência do tempo e na existência do espaço).

Grupo	Idade mínima	Média (\pm d. p.)	Idade Máxima	Masculinos (%)
A	14	$15,5 \pm 0,8$	19	36,4
B	14	$16,4 \pm 1,1$	22	47,5
C	13	$14,6 \pm 0,8$	16	33,3
D	25	$37,5 \pm 10,4$	54	33,3
E	17	$23,1 \pm 7,1$	48	60,7

4.3.2.14 Questão 11

11. Sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo existe separadamente do espaço.
- b) O tempo só existe juntamente com espaço.

Amostra Total

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	91	36,5%	30,6%-42,9%	
Juntos	158	63,5%	57,1%-69,4%	
Total	249	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	37	35,6%	26,4%-45,6%	
Juntos	67	64,4%	54,4%-73,6%	
Total	104	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	18	29,0%	18,2%-41,9%	
Juntos	44	71,0%	58,1%-81,8%	
Total	62	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	17	47,2%	30,4%-64,5%	
Juntos	19	52,8%	35,5%-69,6%	
Total	36	100,0%	n.s.	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	8	47,1%	23,0%-72,2%	
Juntos	9	52,9%	27,8%-77,0%	
Total	17	100,0%	n.s.	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

11. Sobre tempo e espaço...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Separados	11	36,7%	19,9%-56,1%	
Juntos	19	63,3%	43,9%-80,1%	
Total	30	100,0%	n.s.	

Salienta-se que a diferença estatisticamente significativa ocorreu apenas entre os estudantes do Ensino Básico, influenciando a amostra total, já que representam mais de 2/3 da mesma.

4.3.2.15 Questão 12

12. Ainda sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo e o espaço são a mesma coisa.
b) O tempo e o espaço são coisas diferentes.

Amostra Total

12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	25	10,2%	6,7%-14,8%	
São diferentes	219	89,8%	85,2%-93,3%	
Total	244	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	14	14,0%	7,9%-22,4%	
São diferentes	86	86,0%	77,6%-92,1%	
Total	100	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	5	7,9%	2,6%-17,6%	
São diferentes	58	92,1%	82,4%-97,4%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	2	5,6%	0,7%-18,7%	
São diferentes	34	94,4%	81,3%-99,3%	
Total	36	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	2	12,5%	1,6%-38,3%	
São diferentes	14	87,5%	61,7%-98,4%	
Total	16	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)




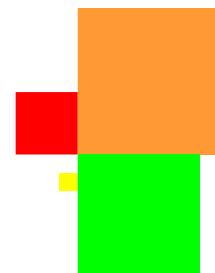
12. Ainda sobre a relação...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
São a mesma coisa	2	6,9%	0,8%-22,8%	
São diferentes	27	93,1%	77,2%-99,2%	
Total	29	100,0%	*	

Tabela 8 - Opiniões sobre a relação entre o tempo e o espaço.

12. AINDA SOBRE A RELAÇÃO...			
11. Sobre tempo e espaço...	São a mesma coisa	São diferentes	TOTAL
Juntos	23	129	152
%	15,1	84,9	100,0
Col %	92,0	59,2	62,6
Separados	2	89	91
%	2,2	97,8	100,0
Col %	8,0	40,8	37,4
TOTAL	25	218	243
%	10,3	89,7	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0



Em todas as análises, como sintetiza a Tabela 8, os estudantes referem, como grupo, que tempo e espaço são coisas diferentes, contudo mostram-se divididos quanto à possibilidade de existirem apenas em conjuntos ou separadamente. A correlação entre “são diferentes” e “existem juntos” é significativa (Teste Exato de Fisher, $p < 0,0006$).

4.3.2.16 Questão 13

13. Um instante qualquer:

- É um intervalo (pedaço) muito pequeno do tempo.
- É um ponto só na linha do tempo.
- É um tempo nulo
- É um tempo que não existe

Amostra Total

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	137	53,5%	47,2%-59,7%	
Ponto na linha do tempo	97	37,9%	31,9%-44,1%	
Tempo nulo	12	4,7%	2,4%-8,0%	
Tempo que não existe	10	3,9%	1,9%-7,1%	
Total	256	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	50	46,3%	36,7%-56,2%	
Ponto na linha do tempo	47	43,5%	34,0%-53,4%	
Tempo nulo	6	5,6%	2,1%-11,7%	
Tempo que não existe	5	4,6%	1,5%-10,5%	
Total	108	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	38	60,3%	47,2%-72,4%	
Ponto na linha do tempo	20	31,7%	20,6%-44,7%	
Tempo nulo	0	0,0%	0,0%-5,7%	
Tempo que não existe	5	7,9%	2,6%-17,6%	
Total	63	100,0%	*	

Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	20	52,6%	35,8%-69,0%	
Ponto na linha do tempo	14	36,8%	21,8%-54,0%	
Tempo nulo	4	10,5%	2,9%-24,8%	
Tempo que não existe	0	0,0%	0,0%-9,3%	
Total	38	100,0%	*	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	14	77,8%	52,4%-93,6%	
Ponto na linha do tempo	4	22,2%	6,4%-47,6%	
Tempo nulo	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Tempo que não existe	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

13. um instante...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Intervalo muito pequeno	15	51,7%	32,5%-70,6%	
Ponto na linha do tempo	12	41,4%	23,5%-61,1%	
Tempo nulo	2	6,9%	0,8%-22,8%	
Tempo que não existe	0	0,0%	0,0%-11,9%	
Total	29	100,0%	*	

Observa-se, com relação à questão 13, que a resposta preferida é a que identifica o instante com um intervalo muito pequeno de tempo; contudo em diversos grupos a alternativa que fala em um ponto na linha do tempo também foi bastante representativa das opiniões, em especial entre os estudantes de Física.

4.3.2.17 Questão 14

14. O instante zero:

- a) É um tempo nulo
- b) É um tempo que não existe
- c) É um referencial em relação ao qual podem ser medidos os intervalos de tempo.

Amostra Total

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	57	22,5%	17,5%-28,2%	
Tempo que não existe	51	20,2%	15,4%-25,6%	
Referencial	145	57,3%	51,0%-63,5%	
Total	253	100,0%	*	

Grupo A – Estudantes do Ensino Médio da Escola Privada

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	28	26,4%	18,3%-35,9%	
Tempo que não existe	22	20,8%	13,5%-29,7%	
Referencial	56	52,8%	42,9%-62,6%	
Total	106	100,0%	*	

Grupo B – Estudantes do Ensino Médio da Escola Pública

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	13	20,6%	11,5%-32,7%	
Tempo que não existe	16	25,4%	15,3%-37,9%	
Referencial	34	54,0%	40,9%-66,6%	
Total	63	100,0%	*	





Grupo C – Estudantes do Ensino Fundamental da Escola Pública

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	13	36,1%	20,8%-53,8%	
Tempo que não existe	10	27,8%	14,2%-45,2%	
Referencial	13	36,1%	20,8%-53,8%	
Total	36	100,0%	n.s.	

Grupo D – Estudantes do Ensino de Pós-Graduação da Escola Privada (Filosofia)

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	1	5,6%	0,1%-27,3%	
Tempo que não existe	0	0,0%	0,0%-18,5%	
Referencial	17	94,4%	72,7%-99,9%	
Total	18	100,0%	*	

Grupo E – Estudantes do Ensino Superior da Escola Privada (Física)

14.O instante zero...	Frequência	Percentual	IC – 95%	
Tempo nulo	2	6,7%	0,8%-22,1%	
Tempo que não existe	3	10,0%	2,1%-26,5%	
Referencial	25	83,3%	65,3%-94,4%	
Total	30	100,0%	*	

Exceto no caso dos alunos do Ensino Fundamental, em todos os grupos, a alternativa que identifica o ponto zero como um referencial foi a mais representativa, apresentando diferenças estatisticamente significativas.

Algumas correlações interessavam, já no delineamento do estudo, tendo sido definidas a priori e são mostradas a seguir.

4.3.2.18 A caracterização do tempo e a sua possibilidade de contrair/dilatar.

Tabela 9 - Correlação entre a caracterização do tempo e a sua possibilidade de contrair/dilatar.

8. O TEMPO PODE...					
Qual melhor caracteriza?	Dilatar só	Encolher e dilatar	Encolher só	Nem um, nem outro	TOTAL
Conceito	4	34	2	47	87
%	4,6	39,1	2,3	54,0	100,0
Col %	40,0	36,6	25,0	33,6	34,7
Ilusão	1	1	0	3	5
%	20,0	20,0	0,0	60,0	100,0
Col %	10,0	1,1	0,0	2,1	2,0
Real	5	58	6	90	159
%	3,1	36,5	3,8	56,6	100,0
Col %	50,0	62,4	75,0	64,3	63,3
TOTAL	10	93	8	140	251
%	4,0	37,1	3,2	55,8	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Embora esta comparação não tenha encontrado qualquer significância estatística, a Tabela 9 serve para mostrar que efetivamente existe uma divisão de opinião entre os estudantes no que se refere a dois quesitos, especificamente, de cada uma das variáveis de

correlação: i) entre caracterizar o tempo como um “conceito” ou como um ente “real”; e ii) entre “encolher e dilatar” e “nem um, nem outro” (elipses).

4.3.2.19 A caracterização do tempo e como ele poderia ser determinado.

Tabela 10 - Correlação entre a caracterização do tempo e como ele poderia ser determinado.

1.O TEMPO SERIA DETERMINADO POR:						
Qual melhor caracteriza?	Pela experiênc. psicológica	Pela sua própria natureza	Pelos fenômenos da natureza	Por Deus, ou uma divindade	Não pode ser determin.	TOTAL
Conceito	28	17	24	2	18	89
%	31,5 ^a	19,1	27,0	2,2	20,2	100,0
Col %	50,0	27,0	28,2	25,0	34,6	33,7
Ilusão	1	1	2	1	0	5
%	20,0	20,0	40,0	20,0	0,0 ^m	100,0
Col %	1,8	1,6	2,4	12,5	0,0	1,9
Real	27	45	59	5	34	170
%	15,9	26,5 ^d	34,7 ^d	2,9	20,0	100,0
Col %	48,2	71,4	69,4	62,5	65,4	64,4
TOTAL	56	63	85	8	52	264
%	21,2	23,9	32,2	3,0	19,7	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Embora esta comparação também não tenha encontrado qualquer significância estatística, a Tabela 10 serve para mostrar que efetivamente existem algumas tendências: i) aqueles que pensam o tempo como um “conceito” parecem mais propensos a procurar uma determinação psicológica para o tempo (elipse azul, ou “a”); ii) aqueles que o vêem como “real”, mais provavelmente são propensos a escolher a determinação do tempo em função dos eventos da natureza, ou mesmo da sua própria característica (elipses verdes, ou “d”); iii) estranhamente, aqueles que vêem o tempo como uma “ilusão” deixaram de alegar que “o tempo não pode ser determinado” (elipses vermelhas, ou “m”).

4.3.2.20 A caracterização do tempo e a possibilidade de viagens no tempo.

Tabela 11 - Correlação entre a caracterização do tempo e a possibilidade de viagens no tempo.

4. VIAGENS NO TEMPO...					
3. O tempo é?	Impossíveis	Possíveis, fut e pass	Possíveis, futuro só	Possíveis, passado só	TOTAL
Irreversível	157 ^m	33	21	22	233
%	67,4	14,2	9,0	9,4	100,0
Col %	97,5	76,7	87,5	75,9	90,7
Reversível	4	10 ^d	3	7	24
%	16,7	41,7	12,5	29,2	100,0
Col %	2,5	23,3	12,5	24,1	9,3
TOTAL	161	43	24	29	257
%	62,6	16,7	9,3	11,3	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Mais uma vez, não se poderia falar em significância estatística, como de regra deve acontecer para todas estas últimas comparações, pois o número de sujeitos em cada casela acaba se tornando muito pequeno (Tabela 11). Contudo, pode-se observar que, coerentemente, aqueles que vêem o tempo com sendo de natureza irreversível não acreditam na possibilidade de viagens no tempo (elipse vermelha, ou “m”); por outro lado, uma parcela importante daqueles que entendem o tempo como um ente reversível são propensos a aceitar a possibilidade das viagens no tempo (elipse verde, ou “d”).

Uma leitura alternativa é possível: ao observarmos que, daqueles que consideram o tempo reversível, apenas 4 (16,7%) escolheram a alternativa que diz que as viagens no tempo são impossíveis, ou seja, para a esmagadora maioria, os outros 20 (83,3%), algum tipo de viagem no tempo é possível. Essa correlação mostra a coerência das respostas, neste subgrupo (daqueles estudantes que acreditam que o tempo seja reversível).

4.3.2.21 A maneira como o tempo flui e a sua relatividade pessoal/interpessoal

Tabela 12 - Correlação entre a maneira como o tempo flui e a sua relatividade pessoal/interpessoal.

7. O TEMPO...				
6. O tempo...	É o mesmo para alguns	É o mesmo para todos	Não é igual para ninguém	TOTAL
Flui igual	28	35	33	96
%	29,2	36,5	34,4	100,0
Col %	40,0	48,6	30,0	38,1
Flui mais lento ou mais rápido	38	33	60	131
%	29,0	25,2	45,8	100,0
Col %	54,3	45,8	54,5	52,0
Flui só mais lento	1	2	3	6
%	16,7	33,3	50,0	100,0
Col %	1,4	2,8	2,7	2,4
Flui só mais rápido	1	1	9	11
%	9,1	9,1	81,8	100,0
Col %	1,4	1,4	8,2	4,4
Não passa	2	1	5	8
%	25,0	12,5	62,5	100,0
Col %	2,9	1,4	4,5	3,2
TOTAL	70	72	110	252
%	27,8	28,6	43,7	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0

A Tabela 12 mostra que as respostas estão bem distribuídas entre as seis caselas que correspondem a todas as três possibilidades de compreender a relatividade pessoal/interpessoal e às duas possibilidades mais escolhidas para indicar como o tempo flui (“sempre igual” e “às vezes mais lento, outras vezes mais rápido”), sem qualquer significância estatística.

4.3.2.22 A maneira como o tempo flui e a possibilidade de encolher/dilatar

Tabela 13 - Correlação entre a maneira como o tempo flui e a possibilidade de encolher/dilatar.

8. O TEMPO PODE...					
6. O tempo...	Dilatar só	Encolher e dilatar	Encolher só	Nem um nem outro	TOTAL
Flui igual	4	13	0	79 ^m	96
%	4,2	13,5	0,0	82,3	100,0
Col %	40,0	14,0	0,0	57,7	38,7
Flui mais lento ou mais rápido	3	69 ^a	5	52	129
%	2,3	53,5	3,9	40,3	100,0
Col %	30,0	74,2	62,5	38,0	52,0
Flui só mais lento	1	2	1	2	6
%	16,7	33,3	16,7	33,3	100,0
Col %	10,0	2,2	12,5	1,5	2,4
Flui só mais rápido	1	6	1	1	9
%	11,1	66,7	11,1	11,1	100,0
Col %	10,0	6,5	12,5	0,7	3,6
Não passa	1	3	1	3	8
%	12,5	37,5	12,5	37,5	100,0
Col %	10,0	3,2	12,5	2,2	3,2
TOTAL	10	93	8	137	248
%	4,0	37,5	3,2	55,2	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Na Tabela 13, a correlação entre a maneira como o tempo flui e a possibilidade de encolher/dilatar parece bastante coerente: as caselas mais povoadas são justamente duas: i) a que diz que “o tempo flui mais lento ou mais rápido” e ao mesmo tempo que ele “pode encolher e dilatar” (elipse azul, ou “a”); e ii) aquela que diz que ele “flui igualmente” e não pode “nem dilatar nem encolher” (elipse vermelha, ou “m”). Pode-se ressaltar ainda a presença de um grupo importante de pessoas que assinalaram a opção “nem dilatar nem encolher”, mas também registraram que “o tempo pode fluir mais lento ou mais rápido” (elipse preta): é possível que essas pessoas que estejam considerando mais o aspecto psicológico da percepção da passagem do tempo.

4.3.2.23 A relatividade pessoal/interpessoal do tempo e a sua possibilidade encolher/dilatar.

Tabela 14 - Correlação entre relatividade pessoal/interpessoal do tempo e a sua possibilidade de encolher/dilatar.

8. O TEMPO PODE...					
7. O tempo...	Dilatar só	Encolher e dilatar	Encolher só	Nem um nem outro	TOTAL
É o mesmo p/ alguns	2	29	2	38	71
%	2,8	40,8	2,8	53,5	100,0
Col %	20,0	30,9	25,0	27,0	28,1
É o mesmo p/ todos	5	13	1	52 ^d	71
%	7,0	18,3	1,4	73,2	100,0
Col %	50,0	13,8	12,5	36,9	28,1
Não é igual para ninguém	3	52 ^a	5	51 ^m	111
%	2,7	46,8	4,5	45,9	100,0
Col %	30,0	55,3	62,5	36,2	43,9
TOTAL	10	94	8	141	253
%	4,0	37,2	3,2	55,7	100,0
Col %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Também se observa (Tabela 14) uma coerência interna para a casela que indica “é o mesmo para todos” e “nem um, nem outro” (elipse verde, ou “d”). Contudo para a situação que descreve “não é igual para ninguém” há uma divisão de respostas entre “encolher e dilatar” (elipse azul, ou “a”) e “nem um, nem outro” (elipse vermelha, ou “m”).

Das três últimas tabelas é possível hipotetizar que a questão 7 é aquela que, no fundo, está mais carregada da percepção psicológica e mesmo interpessoal, não se correlacionando bem com as questões 6 e 8, que conseguem um pouco mais de especificidade para os aspectos físicos do tempo. Isto ocorre até mesmo porque ela, na sua construção encerra duas alternativas que só podem ser diferenciadas em casos limites: as que dizem “é o mesmo para alguns” e “não é igual para ninguém”.

4.3.3.24 Avaliação sobre o conceito de tempo através das questões dissertativas

A análise das respostas dissertativas envolveu uma primeira fase, com a leitura das respostas dos primeiros 80 questionários aplicados, previamente à construção do banco de dados.

Desta primeira análise resultou a construção de um conjunto de categorias onde os conceitos manifestados poderiam ser incluídos. As categorias representam aspectos importantes presentes nas conceituações de tempo propostas pelos estudantes. Estas categorias foram incluídas em campos próprios no banco de dados.

As categorias escolhidas e uma breve explicação do seu significado são explicitadas a seguir. Elas são listadas na ordem em que foram registradas pela primeira vez, não por acaso, a mesma ordem em que figuram no banco de dados. Nas tabelas que descrevem os resultados, de outro modo, elas são descritas em ordem de importância, na forma de um *ranking* estabelecido após a análise, na ordem decrescente das frequências registradas.

O mesmo procedimento foi adotado para estabelecer categorias referentes à justificação da crença (ou descrença) na existência do tempo.

É importante lembrar que uma resposta do estudante poderia contemplar mais de um conceito ou característica a respeito do tempo. Todas as características identificadas foram registradas em conjunto.

Além disso, muitos estudantes, ao justificarem a sua crença acabavam, também, por complementar a caracterização do tempo. As características novas que por ventura fossem relatadas na resposta à segunda questão dissertativa também foram igualmente consideradas na elaboração do levantamento dos dados.

Ao todo foram utilizadas 14 categorias descritivas das características do tempo apontadas pelos estudantes e outras 9 categorias para as suas justificativas.

Na seção seguinte mostra-se a definição das categorias relativas aos conceitos sobre o tempo e são fornecidos exemplos das descrições dos estudantes que incidem em cada uma das classificações propostas. Nas transcrições relacionadas não se fez qualquer tipo de correção gramatical ou de sintaxe, apenas pequenas correções ortográficas foram implementadas, no sentido de se manter a descrição o mais fiel possível àquela que foi gerada pelo estudante.

4.3.3.25 Definição das categorias relativas aos conceitos sobre o tempo (referentes à primeira questão dissertativa)

A) Convenção

Nesta categoria enquadram-se aquelas respostas que assumiram que o tempo é uma convenção, uma maneira de padronizar o registro das atividades, dos acontecimentos, de organizar a rotina e os eventos, uma maneira inventada arbitrariamente pelo ser humano.

Exemplos:

- i) “O tempo (relógio) é algo que nós seres humanos inventamos para não nos atrasarmos mais...” (17 anos, fem., Ensino Médio)
- ii) “Para mim, tempo é a medida que a humanidade determinou para estipular a cronologia das coisas...” (14 anos, masc., Ensino Médio)
- iii) “Tempo é algo que foi criado pelo homem para determinar o que se passa, o período, a história. É como medimos a duração dos acontecimentos.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- iv) “Tempo é um conceito inventado pelo homem por conta de sua necessidade de compreender e controlar todos os fatos naturais. Essa necessidade é tão intrínseca à natureza humana que as mais diversas civilizações antigas já possuíam seus sistemas de organização temporais. Vários desses sistemas persistem ainda nos dias atuais (calendário judaico, chinês, etc). O tempo enquanto fato existe, todos somos influenciados (nascemos, crescemos e morremos) mas os humanos tentam moldá-lo.” (32 anos, fem., Filosofia)
- v) “O tempo que medimos é convencionalizado. Já TEMPO como o princípio meio e fim de tudo é diferente e transcorre de uma maneira completamente desconhecida pelo homem. Usamos a maneira mais cômoda possível (que é a divisão de 24h e 365 dias para marcar o nosso ‘tempo’) e é só o que conhecemos.” (20 anos, masc., Física)
- vi) “Tempo é como uma unidade de medida que o homem inventou para se localizar conforme as coisas mudam.” (16 anos, fem., Ensino Médio)

B) Autônomo

Inclui a idéia de um tempo que existe por si só e determina as outras coisas, mas que não é determinado por elas. Um tempo que existe independentemente. Exemplos:

- i) “Acredito que ele é real e independente do ser humano, pois fazemos algo ou não, o tempo não para.” (16 anos, Ensino Médio)
- ii) “O tempo é uma testemunha ocular de todos os acontecimentos ocorridos no espaço, na terra, em qualquer lugar. Ele se confunde com ele mesmo, sem saber seu início, meio ou fim. O tempo tem o seu ritmo, seu jeito, seus vícios, sua maneira de lidar consigo mesmo. O tempo apenas voa, apenas caminha, desfila sua relatividade pela vida de qualquer ser, sem se preocupar com sua importância ou não.” (28 anos, masc., Física)
- iii) “Tudo gira em torno do tempo.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- iv) “O tempo existiria mesmo sem nossa existência, é uma questão científica e não pessoal.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- v) “O tempo... ele se confunde com ele mesmo, sem início, meio ou fim...” (28 anos, masc., Física)

C) Relativo, Psicológico

Esta categoria foi utilizada para enquadrar aquelas manifestações de que o tempo muda, às vezes passa mais rápido, às vezes mais lento, dependendo da pessoa, do momento que ela está vivendo. Exemplos:

- i) “O tempo é uma sensação interna, subjetiva da relação comigo mesma e também na relação com o mundo...” (43 anos, fem., Filosofia)
- ii) “Ora, se fazemos muitas coisas, o ‘tempo’ parece curto. Se fazemos o que não gostamos o ‘tempo’ passa devagar. Na verdade, tudo tem a mesma duração, difere apenas o ponto de vista...” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- iii) “Para mim o tempo significa ... mas podemos, de acordo com o que nós fazemos, ‘fazê-lo’ passar mais rápido ou mais devagar.” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- iv) “Quanto mais o tempo passa, mais a palavra tempo se torna sinônimo de angústia...” (25 anos, fem., Filosofia)

- v) “Na verdade, depende muito do ser humano, se o tempo é, ou não é, útil a ele...” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- vi) “Na minha opinião o tempo só existe na mente do ser humano ...” (14 anos, masc., Ensino Fundamental)

D) Passagem, Mudança

É utilizada quando existe manifestação de que o tempo corresponde à passagem, à mudança das coisas, à inconstância, ao novo. Exemplos:

- i) “Tempo pode ser definido como a passagem do presente para o futuro...” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- ii) “O tempo é um fenômeno da natureza que provoca mudanças nas coisas, uma realidade contínua que exerce uma força infinita em todas as coisas do universo, afetando o estado delas.” (15 anos, masc., Ensino Médio)

E) Vida (Suporte e Limite)

É a categoria que indica o tempo correlacionado à vida, incluindo manifestações de que a vida limita o tempo, ou que o tempo é que permite a vida, a evolução ou o crescimento. A palavra vida apareceu, muitas vezes, explicitada na resposta do estudante. Exemplos:

- i) “O tempo pra mim é a própria vida. O tempo, tanto para mim, como para todas as coisas que existem na natureza, ‘e’ enquanto há vida, ele continua. Ele continua, nos não. Ele continua para todas as coisas que são, ou seja enquanto há vida.” (51 anos, fem., Filosofia)
- ii) “... O tempo determina o ciclo. Não há vida sem ciclo...” (25 anos, fem., Filosofia)
- iii) “Tempo é algo que controla a vida, o momento.” (22 anos, fem., Ensino Médio)
- iv) “As pessoas, os animais e a natureza formam o relógio do tempo.” (17 anos, fem., Ensino Médio)

F) Referência, Posição

Aqui o estudante fez menção ao tempo como um posicionador, uma referência a partir da qual os objetos e as coisas podem ser entendidos. É, em parte, semelhante à categoria de

convenção, mas aqui o estudante assume que o tempo existe por si mesmo e que isto determina os referenciais, ao contrário da primeira categoria, que assume a ação de que é a mente humana que faz uma tentativa de organizar a natureza através da convenção.

Exemplos:

- i) “Tempo é referencial entre fatos ocorridos no mundo...” (17 anos, fem., Ensino Médio)
- ii) “Tempo é uma seqüência de eventos.” (18 anos, masc., Física)
- iii) “É usado para determinar e sustentar a mudança de posição dos corpos e só existe pois há espaço.” (16 anos, masc., Ensino Médio)

G) Ritmo, Relógio

É a categoria que descreve o tempo-relógio, como muitos estudantes colocaram o conceito. É a categoria das conceituações que falam do ritmo das coisas, dos ciclos que se sucedem, dos dias, dos meses, dos anos, das estações... Exemplos:

- i) “O tempo é como se fosse um relógio, só que não controla as 24 h do dia, mas sim a nossa vida, o nosso destino.” (22 anos, fem., ensino Médio)
- ii) “Significa um modo de medir a duração dos acontecimentos.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- iii) “O tempo é uma nomenclatura dada para a contínua modificação da matéria no espaço. O relógio quantifica o tempo para uma melhor organização da sociedade.” (18 anos, masc. Física).
- iv) “Tempo é o que o relógio marca, é um espaço de momento criado pelo homem. Significa relógio, espaço”. (15 anos, fem., Ensino Médio)
- v) “... O tempo determina o ciclo...” (25 anos, fem., Filosofia)
 “É o tic-tac do relógio.” (14 anos, masc., Ensino Fundamental)
- vi) “O tempo me parece a determinação de um ciclo que o universo segue...” (16 anos, masc., Ensino Médio)

H) Quarta Dimensão

Aqui o estudante indica que o tempo é uma das dimensões do mundo, assumindo este aspecto. Também há o caráter de um referencial, mas é ainda mais do que isso, pois evoca a noção de um continuum espaço-temporal. Exemplo:

- i) “Acredito mais como uma quarta dimensão, e não como é utilizado no dia-a-dia.” (43 anos, masc., Física)
- ii) “É uma das dimensões do ser humano, determinando a sua existência. A outra é o espaço.” (54 anos, masc., Filosofia)

I) Transcendência

Representa a idéia de que não se pode conhecer o tempo, que ninguém sabe o que ele é, ou que ele não consegue saber o que ele é, que o tempo é misterioso, é difícil de definir.

Exemplos:

- i) “O tempo é um conceito abstrato em que eu nem sei se acredito, porque não há provas de que ele exista. Sendo assim, só nos resta segui-lo incondicionalmente, sem ter sequer uma certeza sobre ele.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- ii) “Eu acredito ... mas não tem como provar que o tempo existe e conceituá-lo.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- iii) “O tempo para mim é abstrato. Sabemos que ele existe, só ao enxergamos. Para mim significa muito, é precioso, tem que saber usar para não ser tarde demais!” (16 anos, fem., Ensino Fundamental)
- iv) “O tempo é algo abstrato que não pode ser definido, apenas vivido e sentido.” (16 anos, fem., Ensino Médio)
- v) “Não existe uma definição sobre o que é o tempo...” (43 anos, masc., Física)

J) Não Existe

Categoria designada para os casos em que o aluno manifestou que o tempo não existe, que é uma fantasia, que não é real. Só foi anotada quando realmente o estudante foi explícito.

Exemplos:

- i) “Não acredito nele porque creio que seja uma ilusão que o homem criou para poder explicar o porquê do envelhecimento e também para se organizar.” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Não acredito porque, pensando bem, ele é inútil.” (14 anos, fem., Ensino Fundamental)
- iii) “Na minha opinião, o tempo não existe. Ele é apenas uma convenção inventada pelo ser humano para organizar nossas vidas e ter um controle maior do que ocorre no meio.” (15 anos, masc., Ensino Médio)

K) Clima (apenas)

Inclui a idéia do tempo atmosférico, o tempo-clima, sem sequer mencionar qualquer coisa que lembrasse o tempo físico ou o tempo-relógio. Exemplo:

- i) “Tempo para mim ele é formado por temperaturas que medem o aquecimento térmico. O tempo varia conforme a localização das regiões. Tempo para mim é uma coisa que não existe, o que há são temperaturas diferentes em cada região, chamadas também de climas. A gente pode mudar os climas e elevar temperatura, como por exemplo, o aquecimento global.” (15 anos, fem., Ensino Médio)

L) Clima (também)

Nesta categoria o estudante mencionou, lembrou do tempo atmosférico, mas também lembrou do tempo físico ou do tempo-relógio, mostrando um entendimento e/ou consideração mais abrangente do vocábulo. Exemplos:

- i) “Tenho dois conceitos sobre tempo que são: 1-o que marca no relógio que são os segundos, minutos, horas, que para mim é tempo. 2-e o clima, ou seja, tempo é como o clima daquela região naquele determinado momento, ex. quente, frio, sol, chuva.” (16 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Tempo significa temperatura ou hora, e só existe porque tem alguém marcando.” (14 anos, masc., Ensino Fundamental)

M) Grandeza Fundamental

Categoria em que o tempo, explicitamente, é citado como uma grandeza fundamental, a partir da qual outras podem ser derivadas, no sentido e no uso próprio da Física.

Exemplo:

- i) “É uma grandeza fundamental. Não existe nada que possa explicar concretamente o que é o tempo. Sentimos ele passar e criamos métodos para contá-lo. Através do passar dos dias, nascimento do sol, fases da lua estações. Percebemos fenômenos naturais se repetindo e criamos uma escala para essa passagem, mas ao certo não temos uma forma exata para responder: o que é o tempo. Não o vemos, mas sentimos que ele passa e rápido.” (16 anos, fem., Ensino Médio)

N) Outros Conceitos

Esta categoria foi preenchida quando, isolada ou conjuntamente, o que foi a regra, o estudante manifestou uma idéia nova, no contexto, uma idéia que não havia sido prevista ou registrada na avaliação inicial que serviu de base para esta classificação. Por exemplo, um estudante disse que “o tempo é como um Deus” (ver exemplo a seguir). Embora se pudesse perfeitamente incluir esta manifestação na categoria para autonomia do tempo, fica claro que ela diz algo novo, algo próprio que mereceria uma nova categoria, pelo caráter relativamente efêmero e particular deste tipo de conceituação. Exemplos:

- i) “Tempo é o local presente aonde se encontram todas as coisas do universo”. (17 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Acredito, pois sem ele não existiria memória, só existiria o presente imediato.” (14 anos, masc., ensino Fundamental)
- iii) “O tempo é uma personificação universal, algo que sempre existiu e existirá. Algo como um ‘Deus’ para os cristãos clássicos: a palavra hoje não significa muito, ao associar ao horário do relógio, eu digo que ele tem uma significação maior e mais antigo que ‘tempo’, provavelmente algo como ‘*tempus*’ (latim, talvez).” (15 anos, masc., Ensino Médio)

4.3.3.26 Definição das categorias relativas à justificativa da crença (ou descrença) na existência do tempo

A) Crença Básica

Para respostas do tipo “acredito por que tem que existir” ou, ainda, “não sei porque, mas acredito”. Ocorre quando se manifesta uma crença básica, a qual não se consegue ou não se precisa justificar. Exemplo:

- i) “Eu acredito na existência do tempo apenas pelo fato de acreditar porque não tenho como explicar...” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Tempo não tem como não existir...” (16 anos, fem., Ensino Médio)

B) Regula as Atividades

É a categoria que ocorre quando o estudante justifica que o tempo existe porque ele regula as nossas atividades, organiza o cotidiano, permite as ações, o planejamento das tarefas, quando o estudante julga que isto, por si só, é capaz de provar, documentar, a existência do tempo. Exemplo:

“O tempo organiza a sociedade. As leis da Física, por exemplo, são baseadas no tempo...” (25 anos, fem., Filosofia)

“O tempo é uma forma de organização que a gente não vê, não toca, mas existe.” (16 anos, fem., Ensino Médio)

C) Vida

É a justificação que toma por base que se não fosse pela existência do tempo não haveria vida, nem evolução. Que o tempo é o que torna a vida possível. Exemplo:

“Acredito na existência do tempo porque é a única forma de entender o mundo e a vida.” (54 anos, masc., Filosofia)

“Acredito na existência do tempo porque sem ele não há como existir vida ...” (16 anos, masc., Ensino Médio)

D) Passagem

Neste caso o estudante faz menção à passagem do tempo para comprová-lo, ao dizer que as coisas passam, que o tempo não pára, que o passado está sempre indo e que o futuro está sempre chegando, que o presente sempre se vai. Exemplo:

- i) “Acredito porque acho que ele vai passando, à medida que as horas passam, que o dia termina.” (14 anos, fem., Ensino Fundamental)
- ii) “Eu acredito no tempo, pois nada é imóvel, estático, e só pelo fato de haver movimento e mudança de situações, eu acredito no tempo.” (30 anos, fem., Filosofia)
- iii) “Eu acredito porque faz com que passe os dias, a vida e também os anos.” (14 anos, masc., ensino Fundamental)

E) Fenômenos

É muito semelhante à situação anterior, mas acrescenta um exemplo da passagem do tempo, de um fenômeno, de um processo, como o envelhecimento, a evolução, o anoitecer, o amanhecer ou o esfriar de um café, por exemplo. Quase sempre ocorreu em conjunto com explicações da categoria anterior, acompanhando-as. Exemplo:

- i) “Você envelhece? O café fora do fogo esfria? Como explicar isso sem a variável tempo?” (40 anos, masc., Filosofia)
- ii) “Acredito, pois acho que são os fenômenos naturais que o determinam e não julgo necessário um conceito exato para ele.” (18 anos, fem., Física)
- iii) “Porque se não existisse o tempo não envelheceríamos.” (16 anos, Ensino Médio)
- iv) “O tempo é um fenômeno da natureza que provoca mudanças nas coisas, uma realidade contínua que exerce uma força infinita em todas as coisas do universo, afetando o estado delas.” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- v) “Vejo o tempo através das transformações físicas. É inegável o crescimento das plantas, o movimento do dia e da noite, o processo da vida e do nascimento...” (51 anos, fem., Filosofia)
- vi) “Acredito pois acho que são os fenômenos naturais que o determinam e não julgo necessário um conceito para ele.” (25 anos, fem., Física)

F) Convenção Útil

A manifestação do fato do tempo ser útil, de que ele é prático, de que como todo mundo usa, está acostumado a usar é porque ele existe. Se foi criado e convencionado – e é respeitado – então ele existe. Exemplo:

- i) “Porque é algo que o homem criou e padronizou.” (14 anos, fem., Ensino Fundamental)
- ii) “Porque é utilizado.” (15 anos, fem., Ensino Fundamental)
- iii) “Não acredito pois foi o próprio homem que imaginou isso, porque é algo necessário na nossa vida cotidiana. Por mais que na minha opinião, não exista, não quer dizer que ele não é útil, pelo contrário, é algo muito útil, porque se não existisse tempo não poderíamos arrumar nossas tarefas” (14 anos, fem., Ensino Fundamental)

G) Percebido pelos Sentidos

Aqui o estudante alega que é possível sentir o tempo, sentir a sua passagem. Foi geralmente usada em conjunto com as categorias 4 e 5, mas, como caracteristicamente apela aos sentidos, dá importância à interação entre o indivíduo e o tempo, foi considerada como uma categoria à parte. Exemplo:

- i) “Para mim, algo que não se pode ver, mas se sente...” (14 anos, fem., Ensino Fundamental)
- ii) “As evidências e percepções me mostram um tempo pelas mudanças das coisas. Essas visões podem estar erradas ou distorcidas, mas como isso é só uma hipótese, é melhor crer naquilo que se sente.” (16 anos, masc., Ensino Médio)
- iii) “Acredito no tempo, pois é algo que sinto que existe e confio nos meus sentidos ou nada em que acredito pode ser real.” (16 anos, fem., Ensino Médio)

H) Sem Explicação

É a justificativa tipicamente compatível com o conceito de transcendência, tendo sido registrada quando o estudante justificou analogamente que não se pode conhecer o tempo, que ninguém sabe o que ele é, ou que ele é difícil de definir. Exemplo:

- i) “Eu acredito na existência do tempo apenas pelo fato de acreditar porque não tenho como explicar como ele interfere na minha vida, só sei que interfere.” (15 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Acredito na existência do tempo porque a composição planetária universal é imensa demais para afirmar que ele não existe...” (43 anos, fem., Filosofia)
- iii) “O tempo apenas existe, não aceita explicação... O tempo surge e sabiamente não pede razão... O tempo voa, iniciando sua imensidão... O tempo leva em seu peito um enorme brasão... sabendo que por existir, tudo existe então...!” (28 anos, masc., Física)
- iv) “Eu acredito no tempo, mas não sei explicar como funciona.” (15 anos, fem., Ensino Fundamental)

I) Outras Justificativas

Esta categoria foi preenchida, semelhantemente à seção anterior, quando isolada ou conjuntamente – mais provavelmente isso – o estudante manifestou uma justificativa nova, no contexto, uma idéia que não havia sido prevista ou registrada na avaliação inicial que serviu de base para esta classificação. Exemplos:

- i) “Porque creio que não estamos soltos no universo. Estamos presos no tempo.” (17 anos, masc., Ensino Médio)
- ii) “Porque o fato é que a vida não é previsível e tampouco cíclica, por isso o tempo inexistente não há função na natureza para ele.” (17 anos, masc., Ensino Médio)

4.3.2.27. Categorias relativas aos conceitos sobre o tempo e à justificativa da crença (ou descrença) na existência do tempo (Resultados)

Na seqüência são apresentados os resultados gerais, tabulados para cada grupo, das respostas dos estudantes para o conceito de tempo (Tabela 15).

Observa-se que as idéias mais frequentemente associadas ao conceito de tempo foram aquelas que o relacionam aos seguintes aspectos:

- i) Uma convenção.
- ii) A percepção da passagem das coisas, da sua mudança.

Com cerca da metade da frequência com que estas duas idéias foram mencionadas aparecem as seguintes:

- i) O tempo como um ritmo, uma marcação, o chamado “tempo-relógio”.
- ii) O tempo como uma referência.
- iii) O tempo como um ente autônomo.
- iv) O tempo como um aspecto psicológico, relativo para cada um.
- v) O tempo relacionado à vida, como suporte ou como limitador dela.

Outros aspectos aparecem com menos frequência nas repostas:

- i) A transcendência do tempo (seu aspecto primitivo).
- ii) A idéia do clima associada ao vocábulo.
- iii) O tempo como uma grandeza fundamental.
- iv) O tempo como a quarta dimensão.
- v) Manifestações explícitas de que o tempo não existe.

Quando se faz a análise estratificada das respostas, observa-se que os dois aspectos principais (convenção e passagem) são igualmente frequentes em todos os grupos, à exceção, talvez, daquele formado pelos estudantes de Física, que claramente preferem o conceito associado a uma convenção.

Tabela 15 - Diferentes conceitos sobre o tempo.

Categoria/Grupo	A	B	C	D	E	Total
Número de Estudantes	124 (100,0%)	69 (100,0%)	46 (100,0%)	20 (100,0%)	39 (100,0%)	297 (100,0%)
Convenção	28 (22,6%)	20 (29,0%)	21 (45,7%)	6 (30,0%)	23 (59,0%)	98 (33,0%)
Passagem, Mudança	28 (22,6%)	22 (31,9%)	17 (37,0%)	13 (65,0%)	13 (33,3%)	93 (31,3%)
Ritmo, Relógio, Horas	23 (18,5%)	13 (18,8%)	7 (15,2%)	8 (40,0%)	0	51 (17,2%)
Referência, Coordenada	22 (17,7%)	11 (15,9%)	2 (4,3%)	3 (15,0%)	5 (12,8%)	43 (14,5%)
Autônomo	13 (10,5%)	12 (17,4%)	9 (19,6%)	4 (20,0%)	4 (10,3%)	42 (14,1%)
Relativo, Psicológico	5 (4,0%)	9 (13,0%)	7 (15,2%)	8 (40,0%)	7 (17,9%)	36 (12,1%)
Vida (Suporte, Limite)	15 (12,1%)	12 (17,4%)	6 (13,0%)	1 (5,0%)	0	34 (11,4%)
Transcendência, Não se sabe	8 (6,5%)	3 (4,3%)	3 (6,5%)	3 (15,0%)	3 (7,7%)	20 (6,7%)
Clima também	2 (1,6%)	4 (5,8%)	4 (8,7%)	0	0	10 (3,4%)
Grandeza Fundamental	1 (0,8%)	1 (1,4%)	5 (10,9%)	0	0	7 (2,4%)
Quarta Dimensão	1 (0,8%)	1 (1,4%)	2 (4,3%)	1 (5,0%)	1 (2,6%)	6 (2,0%)
Não existe	0	1 (1,4%)	2 (4,3%)	2 (10,0%)	0	5 (1,7%)
Apenas Clima	0	1 (1,4%)	2 (4,3%)	0	0	3 (1,0%)
Outros conceitos	8 (6,5%)	4 (5,8%)	2 (4,3%)	1 (5,0%)	0	15 (5,1%)

Este é o grupo de estudantes que mais se diferencia dos demais, especialmente porque, para ele, praticamente não ocorreram manifestações do tipo tempo-relógio, tempo-clima,

tempo associado à vida, surpreendentemente também não aparece a idéia de tempo como grandeza fundamental e tampouco qualquer manifestação explícita a respeito da não existência do tempo, apesar de muitos estudantes deste grupo (23, 1%) terem manifestado essa opinião na resposta objetiva.

Outra diferença que se observa, na análise estratificada, diz respeito ao grupo constituído pelos estudantes de Filosofia, que fortemente se associam à idéia da passagem e mudança como conceito associado ao tempo e menos fortemente o relacionam a uma convenção.

A principal justificativa evocada foi, sem dúvida, a observação da passagem e da mudança das coisas (Tabela 16).

Outras idéias aparecem como justificativas com cerca de metade da frequência desta primeira, são elas:

- i) A manifestação da existência de fenômenos (que certamente está ligada à anterior).
- ii) A existência da vida.
- iii) Ao aspecto convencional.
- iv) Ao fato de que o tempo serve para regular as atividades do ser humano.

As outras categorias são menos frequentes, na justificativa dos estudantes:

- i) Não se pode explicar o tempo.
- ii) Uma crença, simplesmente acredita-se na existência do tempo.
- iii) Pode-se sentir o tempo.

Tabela 16 - Por que acreditar, ou não, na existência do tempo.

Categoria/Grupo	A	B	C	D	E	Total
Número de Estudantes	124 (100,0%)	69 (100,0%)	46 (100,0%)	20 (100,0%)	39 (100,0%)	297 (100,0%)
Passagem	37 (29,8%)	28 (40,6%)	16 (34,8%)	9 (45,0%)	13 (33,3%)	103 (34,7%)
Fenômenos	12 (9,7%)	12 (17,4%)	9 (19,6%)	8 (40,0%)	11 (28,2%)	52 (17,5%)
Vida, Existência	19 (15,3%)	16 (23,2%)	8 (17,4%)	7 (35,0%)	0	50 (16,8%)
Convenção útil	17 (13,7%)	10 (14,5%)	11 (23,9%)	1 (5,0%)	10 (25,6%)	49 (16,5%)
Regula as atividades	19 (15,3%)	15 (21,7%)	5 (10,9%)	4 (20,0%)	1 (2,6%)	44 (14,8%)
Sem explicação	11 (8,9%)	10 (14,5%)	4 (8,7%)	2 (10,0%)	5 (12,8%)	32 (10,8%)
Crença	12 (9,7%)	5 (7,2%)	1 (2,2%)	5 (25,0%)	5 (12,8%)	28 (9,4%)
Percebido pelos sentidos	7 (5,6%)	4 (5,8%)	4 (8,7%)	1 (5,0%)	5 (12,8%)	21 (7,1%)
Outras justificativas	14 (11,3%)	11 (15,9%)	1 (2,2%)	2 (10,0%)	2 (5,1%)	30 (10,1%)

Quando se analisa, estratificadamente, a amostra chama a atenção, novamente o grupo dos estudantes de Física, que deixam de manifestar as justificativas associadas à vida e praticamente também não o associaram à capacidade de regular as atividades humanas.

Ao seu modo, também os estudantes de filosofia divergem ligeiramente dos demais, associando como justificativa para a existência do tempo a idéia de que ele representa um aspecto ligado à vida e, também, aquele associado a uma crença básica fundamental, que pode ser associado à idéia do tempo como conceito primitivo. Neste grupo, por outro lado, o aspecto do tempo como uma convenção também não aparece.

4.4 CONCLUSÕES

Com relação às respostas dos estudantes podemos concluir, resumindo, que a maioria entende o tempo como um ente que existe, mas que também representa uma convenção, que é contínuo e irreversível e que pode ser determinado tanto pelos fenômenos da natureza, quanto pelos aspectos psicológicos da sua percepção pelos seres humanos, quanto ainda pela sua própria natureza, como um ente físico. A maioria dos estudantes acredita que ele sempre existiu e, como grupo, se dividem quanto ao fato dele pode existir separadamente ou apenas em conjunto com o espaço. Também são divididas as opiniões a respeito da possibilidade de haver dilatação ou contração do tempo. Como grupo, os estudantes de Física são os que mais divergem, dentro da amostra considerada. Uma proporção minoritária, mas significativa, deles acredita que o tempo não existe. Também os estudantes de Filosofia caracteristicamente são aqueles que mais pensam no tempo como tendo uma natureza cíclica e não o associam prioritariamente ao aspecto convencional.

Quando são analisadas as respostas para as questões dissertativas, se observa que os conceitos mais fortemente associados pelos estudantes são o tempo como convenção e como a passagem das coisas. Os conceitos de um tempo-relógio, de um tempo referencial, de um tempo como ente autônomo, de um tempo que é psicologicamente relativo e de um tempo que está associado à vida também são bastante relacionados. Os conceitos menos presentes na manifestação dos estudantes foram aqueles ligados à transcendência do tempo, ao chamado tempo-clima, ao tempo como grandeza fundamental, ao tempo como quarta dimensão e também a idéia de que o tempo não existe.

5. DISCUSSÃO

“O tempo é um fogo que me devora. Mas eu sou o fogo.”
Jorge Luís Borges⁷⁰

Estudando-se a evolução histórica da conceituação de tempo, pode-se ter uma noção clara de que se trata de um conceito basilar para que o ser humano pudesse entender a sua situação no mundo, o seu enquadramento nos processos que via, e vivia, e para que ele pudesse planejar as caçadas e as colheitas, para que pudesse, enfim, sobreviver.

As civilizações, por sua vez, parecem ter tido, cada uma, a sua própria maneira de caracterizar o tempo. Para algumas ele era linear, para outras, cíclico. Muitos calendários diferentes foram propostos e utilizados.

Na Ciência e na Filosofia, os reflexos podem ser ainda mais evidentes. A maneira de ver o tempo determinou em grande parte o entendimento do cosmo e a visão de mundo, tanto dos cientistas quanto dos filósofos. Esses reflexos fizeram-se sentir também nas atividades dos teólogos e dos cosmologistas de todas as épocas e lugares. É realmente muito grande o número de pensadores que se ocuparam sobre o tempo, pelo menos em algum momento da vida, e certamente, encontram-se entre eles, muitos daqueles que mais influenciaram a construção do saber humano.

Apesar dos esforços da cognição em compreender e descrever o tempo, o que não se pode negligenciar é que ele também se apresenta como um algoz limitante, como um inevitável prenúncio da finitude humana, fonte de muitas das angústias que nos caracterizam psicologicamente como espécie. Como disse Jorge Luis Borges: “O tempo é o fogo que me devora. Mas eu sou o fogo.” Sim, é o tempo que está por trás do novo, da mutação, da inovação, da surpresa, da possibilidade, da vida, de Eros; mas também é ele que limita, que determina um fim, um Tanatos. E assim segue a humanidade, sempre procurando entender conceitos como o tempo ou como o espaço. Noções primitivas, como diria Descartes, princípios primeiros, como diria Pascal, um *a priori* de Kant, um conceito primitivo, como diria Wittgenstein, ou simplesmente uma grandeza fundamental, como dizemos hoje, para não ter que se discutir o que é que – de fato – significa qualquer coisa dessas. Aliás, diga-se de passagem, é o que parece fazer a maioria dos livros didáticos, salvo raríssimas e louváveis

⁷⁰ Jorge Luís Borges (1899-1986), escritor argentino.

exceções: não se discute a natureza do tempo! Os autores preferem simplesmente definir a unidade que – supostamente – o mede.

Poderíamos, do mesmo modo, nos contentar com este tipo de classificação que nos desobrigaria de procurar explicações anteriores. No entanto – para a maioria de nós – o que persiste é mesmo uma contínua indagação, que começou já na infância, quiçá até, na vida intra-útero. Um questionamento sobre a natureza do tempo, ainda que inconsciente e inconstante.

Logo, é de se esperar que os estudantes também tenham as suas inquietações e as suas diferentes conceituações sobre o tempo, apesar de os livros, no que toca ao tempo, pouco estimularem o livre pensar, a não ser que se considere que o silêncio seja proposital e didática ou pedagogicamente intencionado, o que talvez fosse demasiadamente ingênuo. O propósito do presente trabalho foi o de, justamente, sondar como os estudantes configuram o tempo em suas mentes.

Pôde-se, então, registrar que os estudantes apresentam opiniões bastante diversificadas a respeito do tempo. Ainda assim, apesar desta ampla variedade de conceituações, pode-se afirmar que existe um perfil de tempo predomina: um tempo que se poderia chamar de newtoniano, um tempo que é linear, que é absoluto (autônomo), que flui por ele próprio e que funciona como pano de fundo para a trama de acontecimentos no universo.

Contudo ocorrem divergências importantes com relação ao esquema de tempo de Newton. As principais recaem sobre a chamada elasticidade do tempo, sobre a possibilidade de que ele sofra dilatação ou contração, e, também, sobre a relação entre o tempo e o espaço (as opiniões se dividem, alguns defendem que eles poderiam existir em conjunto, outros que existiram separadamente). Uma outra diferença significativa recai no aspecto da reversibilidade ou da não-reversibilidade do tempo. Para um tempo newtoniano, e mesmo para o einsteiniano, a reversão do tempo é possível, ao menos matematicamente. Em uma visão mais contemporânea do tempo, a irreversibilidade parece ocupar um papel de destaque, para muitos pensadores. E o mesmo também ocorreu entre os nossos estudantes, que, em sua maioria, declararam acreditar que o tempo é irreversível, baseando-se, é claro, muito na sua própria experiência sensível, do que em qualquer teoria contemporânea.

Neste aspecto a concepção de alguns dos estudantes, pelo menos, parece estar mais próxima da de Baruch Espinoza, para quem a distinção entre passado e futuro só é possível pela ação da razão, ou aquela de Kant, para quem o tempo não existia fora de nós, sendo um a priori da experiência sensível, ou mesmo a de Bergson, para quem o tempo só faz sentido em

função da memória e da consciência. Assim é notável a similaridade que existe entre as opiniões do cidadão comum – aqui representado pelos estudantes – e a de filósofos influentes.

Observa-se também que muitas conceituações foram espontaneamente manifestadas pelos estudantes, recaindo em diferentes classes de representações para o tempo. Isso mostra, antes de tudo, o quanto o conceito permeia os mais variados campos dos saberes e das ações humanas.

Uma das limitações do presente trabalho reside no fato de que ele utilizou prioritariamente questões objetivas, o que facilita a colheita de dados e permite a investigação de uma amostra relativamente ampliada. Alternativamente, uma entrevista aberta poderia ter sido planejada, o que, por um lado, poderia ser capaz de revelar de modo mais natural – e na forma da própria linguagem do estudante – os seus conceitos, mas, por outro, traria algumas dificuldades operacionais e metodológicas, envolvendo o ambiente de realização da entrevista, o tempo disponível para a mesma e a padronização dos dados colhidos, a qual seria plenamente viável, mas envolveria dificuldades e cuidados adicionais.

É interessante compara os resultados obtidos com o uso do delineamento adotado como alguns resultados obtidos em um trabalho de doutoramento realizado na Universidade de São Paulo, sobre o mesmo tema, já citado, de autoria de André Ferrer P. Martins, que usou um delineamento mais aberto e procurou categorizar as conceituações de tempo dos estudantes de acordo com um perfil epistemológico como o que propõe Gaston Bachelard.

Quando nos deparamos com os resultados de Martins, observamos uma similaridade muito importante. Em seu trabalho, Martins – antes das entrevistas – solicitou que os estudantes redigissem ou desenhassem em uma folha em branco tudo o que se relacionava à palavra tempo, o que foi considerada, naquele trabalho a manifestação mais livre dos seus pensamentos (MARTINS, 2007, p.157). As respostas foram por ele agrupadas em categorias muito semelhantes às que utilizamos neste trabalho. Suas categorias e o percentual de respostas enquadradas foram: 1 – Ocupação/Atividades (70,6%), 2 – Relógio/Unidades (41,2%), 3 – Clima/Temperatura (41,2%), 4 – Transformações/Vida (29,4%), 5 – Idade/Crescimento/Envelhecimento (23,5%), 6 – Sensação da passagem do tempo (17,6%), 7 – Passado, presente e futuro (17,6%), 8 – História/Memória (17,6%), 9 - Aspectos ontológicos (11,8%), 10 – Mudança (11,8%), e 11 – Outras (58,8%).

Martins avaliou 17 estudantes; neste trabalho são avaliados 298 estudantes. Outra diferença substancial reside no fato de que os estudantes avaliados por Martins eram do

Ensino Fundamental (12) e do Ensino Médio (5), enquanto em nossa amostra existem estudantes também do Ensino Superior.

Podemos entretanto comparar os resultados com certa facilidade pois, na tabela 15, apresenta-se os resultados do presente trabalho, estratificados para grupo um dos grupos, o que permite destacar os estudantes dos níveis Médio e Fundamental.. Uma proporção menor dos nossos estudantes relacionou tempo ao aspecto climático. Por outro lado, em nosso trabalho a categoria mais contemplada foi a chamada de “Convenção”, que pela descrição que ele nos apresenta, corresponderia – no esquema de Martins – à categoria de “Ocupação/Atividades”. Ambas foram as mais representativas nos dois estudos. Martins usa uma única categoria para Transformações e Vida; no presente trabalho se optou por separá-las, embora, muitas vezes, uma resposta de um dado estudante contemplasse ambas, em outras não esse o caso, era mais um, ou outro, aspecto que estava sendo descrito. A categoria 6 de Martins, “Sensação da passagem do tempo”, é por ele também referida como aquela que se poderia chamar de tempo psicológico e corresponderia à nossa para “Relativo, Psicológico”. De fato, utiliza-se, neste estudo, 14 categorias, enquanto Martins usa 11. O que chama a atenção, no entanto, é que a maioria delas se superpõe razoavelmente bem. E que as respostas se distribuem em um perfil que mais se assemelha do que é discrepante, apesar das limitações que residem nesta comparação.

A partir daí a análise de Martins usa as entrevistas e não mais as respostas escritas dos estudantes e procura traçar um perfil epistemológico da conceituação, baseado em Bachelard. Os perfis epistemológicos segundo este autor (BACHELARD, apud MARTINS, 2007) seriam quatro: i) realismo ingênuo; ii) empirismo; iii) racionalismo tradicional; e iv) surracionalismo.

Segundo Martins o que caracteriza as respostas dos estudantes com relação aos perfis epistemológicos de Bachelard é o fato de que existe uma dispersão delas sobre vários perfis, especialmente sobre os dois primeiros, um pouco menos sobre os dois últimos, o que já seria esperado em função da pouca idade dos entrevistados.

Embora o trabalho aqui apresentado não consista de uma entrevista detalhada, como o de Martins, uma ponte é possível. Observou-se que os estudantes mais escolarizados por vezes divergiam dos estudantes do Ensino Fundamental, principalmente no que diz respeito à crença na existência do tempo e no que diz respeito à possibilidade de contração e dilatação temporal bem como ao próprio fluxo do tempo. Tais conceituações recaem em um perfil epistemológico do tipo racionalista tradicional (para o aspecto absoluto do tempo, que neste trabalho ficou associado ao conceito de autonomia do tempo) ou mesmo surracionalista (no caso que envolve, por exemplo, a elasticidade do tempo). A ponte possível parece apontar

para uma semelhança entre os perfis epistemológicos dos estudantes do Ensino Fundamental de ambos os trabalhos e para o fato de que os estudantes mais escolarizados (e, principalmente, mais velhos) presentes na amostra deste estudo, muito provavelmente mostrem um perfil epistemológico diferenciado, segundo Bachelard.

O presente trabalho certamente possui diversas limitações, em função da metodologia adotada e do tempo exíguo com que foi planejado e executado. Ainda assim, tem o mérito de ter avaliado uma amostra relativamente extensa de estudantes, e de ter avaliado estudantes de diversos níveis de escolaridade.

Também é significativo que ele tenha sido capaz de traçar um perfil dos estudantes quanto à conceituação do tempo muito semelhante ao perfil evidenciado por Martins. Ademais, o presente trabalho foi planejado e realizado sem que se tivesse conhecimento do de Martins. De fato, desconhecemos outros trabalhos semelhantes em nosso meio.

A partir do estudo aqui apresentado abrem-se diversas perspectivas de ampliação da pesquisa no que diz respeito à conceituação de tempo pelos estudantes. Uma delas seria a possibilidade de analisar novamente os dados já coletados em nossa amostra, com o uso de um referencial epistemológico bachelardiano. Outra seria a de ampliar a amostra investigando outros estudantes do Ensino Superior. Uma terceira seria a possibilidade de avaliar com mais profundidade e ampliando a amostra dos próprios estudantes de graduação em Física, tanto através de um delineamento do tipo caso-controle como através da construção de uma coorte.

Embora, de certa forma, o tempo possa ser considerado intangível, o conceito que os estudantes dele fazem não é inatingível, pode ser conhecido.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Santo. *Confissões*. Tradução: J. Oliveira Santos e Ambrósio de Pina. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1999.

ANDREWES, William J. H. *Uma crônica do registro do tempo*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

AUFFRAY, Jean-Paul. *Espaço-tempo*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. (Trad. Original: *L'Espace-Temps*, Flammarion, Collection Dominos 1998).

BARROW, John D. e WEBB, John K. *Constantes inconstantes*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

BASSO, Délcio. *O mito da relatividade*. Divul. Mus. Ciênc. Tecnol.-UBEA/PUCRS, Porto Alegre, n. 10, 2005, pág. 3-14.

BASSO, Délcio. *Sobre Lázaro e Sadi Carnot e suas contribuições à termodinâmica*. Scientia, vol. 2, no. 2., 1991, pág. 81-84.

BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W.B.; KELLY W.C. *Física na Escola Secundária*. 6ª. Edição Brasileira. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura S.A., 1971

BONJORNO, R. F. S. A, et al. *Física I*. São Paulo: Editora FTD, 1985.

CDC- Epi Info™ – What's Epi Info™? Atlanta, 2008. (<http://www.cdc.gov/epiinfo/>) em 05 de novembro de 2008.

DAMÁSIO, António. *Lembrando de quando tudo aconteceu*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

DAVIES, Paul. *Como construir uma máquina do tempo*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

DAVIES, Paul. *Esse fluxo misterioso*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

Dicionário de Física. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1980.

DRESS, Willem B. *Para além do Big Bang – cosmologias quânticas e Deus*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999. (Trad. Original: *Beyond the Big Bang*, Open Court Publishing Company, 1990).

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. *Física Quântica: Átomos, Moléculas, sólidos e Partículas*. 4^a. Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1986. 928 p.

Ensino de Física on line – e-física – Mecânica – O curioso, Site da USP, São Paulo, 2007: (<http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/curioso/cap03/cap3framebaixo.php>, em 03 de novembro de 2007).

EZZELL, Carol. *Tempo e cultura*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

Física 1: Mecânica/GREF. 7^a ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

FRISH, S.; TIMOREVA, A. *Curso de Física General*. Moscou: Editorial Mir, 1967.

GAMOW, George. *The Great Physicists from Galileo to Einstein*. Nova York: Dover Publications Inc., 1961.

GIBBS, W. Wayt. *A última palavra em relógios*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

HAZEN, W. E.; PIDD, R. W. *Física*. Cali: Editorial Norma, 1969.

HEWIT, P. G. *Física Conceitual*. 9^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KANT, Immanuel. *Crítica da Razão Pura*. Tradução de Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1999.

KLEIN, Étienne. *O tempo*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. (Trad. Original: *Le Temp*, Flammarion, Collection Dominos 1995).

LABRADOR, David. *Do instantâneo ao eterno*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

LANDIM FILHO, Raul. *Evidência e Verdade no sistema Cartesiano*. São Paulo: Edições Loyola, 1992, 171 páginas.

MAIZTEGUI A.P., SABATO J.A. *Introducción a la Física*. 7ª. Edición, Buenos Aires: Edidorial Kapelusz, 1958.

MARTINS, André F. P., ZANETIC João. *O tempo na Mecânica: de Coadjuvante a Protagonista*. Cad. Brás. Ens. Fís., v.19, n2: p.149-175, ago 2002.

MARTINS, André F. P.. *Tempo Físico - a construção de um conceito*. Natal: Editora da UFRN, 2007.

MORRIS, Richard. *Uma breve história do infinito – dos paradoxos de Zenão ao universo quântico*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1998 (tradução da norte-americana, *Achilles in the Quantum Universe: The Definitive History of Infinity*, Henry Holt and Company, de 1997).

MUSSER, George. *Um buraco no coração da física*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

PASCAL, Blaise. *Pesamentos*. São Paulo: Editora AbrilCultural, 1980.

PETRIE, A., SABIN C.. *Compêndio de Estatística Médica*. Lisboa: Instituto Piaget, 1991, 342p.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. *Física 1*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983.

ROCHA, José F. (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EdUFBA, 2002.

SAAD, F.D.; YAMAMURA, P.; WATANABE, K. *Física Auto-Instrutivo FAI-GTEF*. São Paulo: Editora Saraiva, 1975.

SANTOS, D. P. *Física: dos experimentos à teoria, 2º Grau*. São Paulo: IBRASA, 1978.

Sistema Internacional de Unidades, 8ª. edição revisada. Site do INMETRO, Rio de Janeiro, 2007. <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/SI.pdf> em 11 de novembro de 2007.

SMOLIN, Lee. *Átomos de espaço e tempo*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

STIX, Gary. *O tempo real*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

TIPLER, P. A. *Física Moderna*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1981.

TIPLER, P. A. *Física*. Vol 1a. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1984.

VENEZIANO, Gabriele. *O enigma envolvendo o início do tempo*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

WHITROW, G. J. *O que é o tempo – uma visão clássica sobre a natureza do tempo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005 (tradução da 1ª. edição inglesa, What is time? The classic account of the nature of time, Oxford University Press, de 1972).

WHITROW, G. J. *O tempo na História - concepções sobre o tempo da pré-história aos nossos dias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1993 (tradução da 1ª. edição inglesa, Time in History, Views of time from the prehistory to the present day, Oxford University Press, de 1988).

WRIGHT, Karen. *Os tempos da nossa vida*. Scientific American Brasil, edição especial no. 21 (Paradoxos do tempo). São Paulo: Editora Duetto, 2007.

YAVORSKY, B. M.; SELEZNEV, YU. A. *Physics*. Moscou: Mir Publishers, 1979.

APÊNDICE – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Idade: _____ Escola: _____ Turma: _____ Ano/Nível: _____

Por favor, responda com as suas palavras: **O que é o tempo para você? O que significa esta palavra, este conceito?**

Você acredita na existência do tempo? () Sim () Não

1. Qual é, dentre as opções abaixo, aquela que melhor caracteriza o tempo?

- a) Ele é real (um fato, um ente, uma coisa). Tem uma existência própria e independe do ser humano. Existe mesmo sem que o ser humano esteja presente.
- b) Ele é imaginário, é um conceito construído pela ação intelectual do ser humano (um conceito criado pela mente e pela necessidade humana). Só existe na mente do ser humano.
- c) Ele é uma ilusão apenas, a gente acha que ele existe, mas é um engano dos nossos sentidos e do senso comum.

2. O tempo, como conceito, é (seria):

- a) Útil.
- b) Inútil

Gostaríamos que você nos dissesse por que razão acredita – ou porque não acredita – na existência do tempo. Por favor, use o espaço abaixo.

Se você acredita na existência do tempo, por favor, responda às próximas questões.

Escolha a alternativa que mais se aproxima da idéia que você faz sobre o tempo, ou sobre os assuntos correlacionados a ele. Marque a idéia que você carrega dentro de si, sem se preocupar se ela está correta ou incorreta. Mostre o que você pensa. Mesmo que você ache que não saberia dizer ao certo – o que pode ser o caso para algumas das perguntas – escolha a melhor resposta!

1. O tempo é determinado **melhor**:

- a) Pela experiência psicológica.
- b) Pelos fenômenos da natureza.
- c) Pela sua própria natureza.
- d) Por Deus, ou por uma divindade.
- e) Por nada disso, o tempo não pode ser determinado.

2. O tempo é:

- a) Contínuo (existe sempre).
- b) Descontínuo (às vezes deixa de existir).

3. O tempo é:

- a) Reversível (podemos voltar atrás no tempo).
- b) Irreversível (não podemos voltar atrás no tempo).

4. Viagens no tempo **são**:

- a) Possíveis, tanto para o futuro quanto para o passado.
- b) Possíveis só para o futuro.
- c) Possíveis só para o passado.
- d) Impossíveis.

5. O tempo é:

- a) Cíclico (ele volta, as coisas se repetem do mesmo jeito).
- b) Linear (ele não volta, as coisas não se repetem iguais, mesmo quando são parecidas).
- c) Às vezes é cíclico, às vezes é linear.

6. O tempo...

- a) ...passa (flui) sempre com a mesma rapidez.
- b) ...às vezes pode passar (fluir) mais rápido, às vezes pode passar (fluir) mais lentamente.
- c) ...às vezes passa (flui) mais rápido, mas nunca passa (flui) mais devagar.
- d) ...às vezes passa (flui) mais devagar, mas nunca passa (flui) mais rápido.
- e) ...o tempo não passa (flui).

7. O tempo, em sua opinião, aquilo que você chamou de tempo:

- a) É o mesmo para todas as pessoas.
- b) É o mesmo para alguns apenas, para outros é diferente.
- c) Não é igual para ninguém.

8. O tempo:

- a) Pode encolher (diminuir), mas nunca dilatar (espichar).
- b) Pode encolher (diminuir) e também pode dilatar (espichar).

c) Não pode encolher (diminuir), mas pode dilatar (espichar).

d) Não pode nem encolher (diminuir) nem dilatar (espichar).

9. O tempo:

- a) Existe e sempre existiu.
- b) Só existiu depois de um evento criador (por Deus ou por uma divindade)
- c) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, sem qualquer intervenção divina)
- d) Só existiu depois de um evento criador (pelo Big Bang, que é obra de Deus, ou de uma divindade)

10. O espaço:

- a) Existe.
- b) Não existe.

11. Sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo existe separadamente do espaço.
- b) O tempo só existe juntamente com espaço.

12. Ainda sobre a relação entre tempo e espaço:

- a) O tempo e o espaço são a mesma coisa.
- b) O tempo e o espaço são coisas diferentes.

13. Um instante qualquer:

- a) É um intervalo (pedaço) muito pequeno do tempo.
- b) É um ponto só na linha do tempo.
- c) É um tempo nulo
- d) É um tempo que não existe

14. O instante zero:

- a) É um tempo nulo
- b) É um tempo que não existe
- c) É um referencial em relação ao qual podem ser medidos os intervalos de tempo.