Universidade de São Paulo

Fernanda Cavaliere Ribeiro Sodré

UMA PROPOSTA DE LEVANTAMENTO DE
PERFIL CONCEITUAL COMPLEXO DE TEMPO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Interunidades para obtenção do título de Doutora em
Ensino de Ciências (Modalidade Física)

Área de concentração: Ensino de Física
Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

São Paulo

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Sodré, Fernanda Cavaliere Ribeiro

Uma proposta de levantamento de perfil conceitual complexo de tempo. São Paulo, 2017.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física. Depto. Física Experimental.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos
Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1.Física – Estudo e ensino; 2.Formação de professores; 3.Perfil conceitual complexo; 4.Tempo; 5.Teoria da atividade sócio-cultural-histórica.

USP/IF/SBI-063/2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao universo, a Deus, aos anjos e às demais luzes pela conexão e proteção.

Aos meus amados pais Eloiza e Mauro, pelo exemplo que são de força, organização e determinação. Por todo amor, apoio e imensa doçura.

A minha querida irmã Vanessa por estar sempre ao meu lado, com seu olhar acurado, principalmente nas horas mais difíceis. Ao meu irmão Mauro querido por toda alegria e leveza.

Ao orientador Cristiano, pela confiança, coerência, inteligência, incentivo e sensibilidade. Por ser crítico, delicado, flexível, criativo, divertido e amigo. Por ter parido todo nós, enquanto grupo ECCo.

Ao Ortega, pelas mágicas, sugestões, críticas. Pela ajuda em vários momentos da pesquisa e livros emprestados. Pela referência que é como professor e artista. À sua companheira Henri querida - sempre uma alegria tê-la por perto.

Ao Francisco, pelo apoio com as amostras, conversas e sugestões durante toda a pesquisa.

Ao André pela simulação de entrevista, por todas as conversas e críticas ao trabalho.

Ao Juliano, pela ajuda com traduções e dicas de viagem.

Ao Leo, pelas reflexões e pela companhia na saudosa escola de verão de Moscou.

Ao Claude, Gabi, Danilo, Rodolpho e Walter, pela ajuda com as amostras. Ao Walter também pela imensa ajuda com materiais, aulas e docentes da Licenciatura.

Enfim, a todos amigos do grupo ECCo: Adolfo, André, Arthur, Betão (em memória), Bia, Claude, Danila, Danilo, Danilo S., Débora, Esdras, Felipe, Fernanda G., Francisco, Gabriela, Jackelini, Juliano, Leonardo, Luciani, Lucas, Mariana, Ortega, Patrícia, Percia, Walter, Renata, Rodolpho, Roger, Tamara e Victor. À Roberta por proporcionar divertidos encontros.

Ao querido Jucivagno, que recentemente nos deixou. Muita gratidão por ter convivido com este colega de interesses sublimes na área da educação. Um exemplo de força e alegria.

Aos professores D.rs André Ferrer Martins, Edenia Amaral, Fábio Silva, Ivã Gurgel, Juliano Camillo, Oriosvaldo Moura, pelas críticas e valiosas contribuições no exame de qualificação e defesa.

Aos docentes e aos licenciados do Instituto de Física da USP que, gentilmente, me concederam entrevistas.

À Maria Regina, Renatinha, Aílton e a todos os colegas do corredor de ensino.

Aos colegas do colégio: Roberto, Letícia e Rafael, pela competência, criatividade e parceria e amizade.

Aos demais professores e amigos: Adelaide, Adriana, Adriano, Alana, Alexandra, Alexandre, Andréia, Ana Carolina, Ana Paula C., Ana Paula D., Ariela, Cássia, Carol P., Cristina, Elaine C., Escoza, Evaristo, Fernanda B, Fiori, Gerson, Horácio, Ione, Isaque, Jorge, José Luis, Juliana M., Juliana, Kate, Kátia, Laís, Luís, Maria José, Paula, Paulo B, Paulo, Patrícia, Pedro, Quintiliano, Renata, Rafael, Robert, Roni, Rosmeire, Marina, Maurílio, Mirtes, Sonia, Tiago, Valéria, Vanessa, Vargas, Uranie, Walquiria.

As colegas de faculdade Jane e Renata, amigas e parceiras de grupos de estudos e, hoje, de impreteríveis almoços.

Ao Leonardo Presente, que consertou todos os problemas exibidos pelo meu computador.

Às estupendas Carol, Eleonora, Florence, Juliana, Karien, Rocheli, Thereza, Vanessa, pela amizade galaxial. A Kaiowas também pelas pedras e pela Cosmo.

À Tuka pela amizade, sabedoria.

Aos incríveis amigos Glauco Dias, Glaucia, Cibeles, Marcelo, Marcia Ferreira, Matilde, Tássia, Marinalva, Saryda, Mayuri e Eduardo. Ao círculo CRFME, e ao sr. Guardião das estrelas, pela paz, acolhimento e ensinamentos.

Aos lindos e amados Marília, Marcio, Mônica, Amanda e Leonardo.

Aos sonâmbulos surreais Amanda, Camila, Cris, Daniela, Felipe, Hesly, Ivana, Marina, Michelle, Ricardo, Rodrigo, Tatiana, Valteir, Vanessa, Zé - grupo supimpamente importante para vida.

À Thereza, Jacob, Sebastian e Speed por terem me acolhido tão amavelmente em sua casa.

Às fabulosas bachianas: Aline, Fabiana, Helena, Heloisa, Juliana, Marina C., Marina R., Marcela, Michele, Vanessa, Susana.

Às amigas do ballet Fernanda, Herika, Marcia, Mariana, Marina. À inspiradora, amiga e professora Viviane Godoy.

À querida professora Vera pela amizade, disponibilidade, pelas conversas e ajuda no inglês.

Ao professor e amigo José Carlos Arruda, que me encantou com a Física.

A todos os meus caríssimos estudantes, com os quais troquei e compartilhei alegres momentos.

História de antigamente é assim que já foram há muito tempo?

Sim, filho.

Então antigamente é um tempo, avó?

Antigamente é um lugar.

Um lugar assim longe?

Um lugar assim dentro.

Ondjaki

Imigrantes. Todos nós o somos hoje. Quando a viagem não nos move, é o entorno que nos foge, o que dá no mesmo. Ficamos então parados, tudo mais indo, imigrantes a tentar entrar, todos os dias, em nós mesmos.

Elvira Vigna

Índice

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
Capítulo 1 Introdução	12
1.1 Apresentação.....	12
1.2 Sobre o texto	15
1.3. Nosso recorte	17
1.4. Objetivo	18
1.5. Sobre o tema	19
1.6. Nossa tese	22
1.7. Descrição do trabalho	24
Capítulo 2 Referencial teórico metodológico	26
2.1 Vigotski e seu contexto.....	26
2.2 Natureza humana constituída de relações sociais, culturais e históricas	27
2.3 Mediação, internalização e zona de desenvolvimento proximal	29
2.4 Abordagem dialética	33
2.5 Método da ascensão ao concreto	35
2.6 Noção de conceito que vamos utilizar	38
2.7 Sentido, significado e generalização.....	43
2.8 Vigotski e os domínios genéticos	46
2.8.1 Filogênese	52
2.8.2 História sociocultural ou sociogênese.....	54
2.8.3 Ontogênese.....	58
2.8.4 Microgênese.....	61
2.9 Teoria da Atividade Sócio Cultural Histórica.....	63
2.9.1 Atividade dominante e a Licenciatura	67
2.10 Modelo de perfil conceitual	69
2.11 Ordens de aprendizagem.....	71
2.12 A questão do contexto.....	72
2.20 Procedimentos metodológicos	73
2.21 Sobre a seleção dos participantes da amostra	74
2.23 Sobre a amostra.....	75
2.2.4 Construção do instrumento	76
2.2.4.1 Dimensões do perfil conceitual complexo e as perguntas da entrevista.....	77
2.25 Uma síntese.....	81
Capítulo 3	84
O conceito de tempo	84
3.1 Movimento do conceito	84
3.2. Tempo e organismos	86
3.3 Comunidades sem calendário: tempo e a atividade agrícola	89
3.4 Ampliando o conceito.....	93
3.4.1 Organizando atividades: calendários e relógios.....	93
3.4.2 Complexificação do instrumento de medida	96
3.4.3 Mais atividades para o tempo: agricultura, religião, guerra e comércio.....	97
3.4.4 Outras contradições e necessidades para o tempo: o relógio mecânico	109
3.5 Sobre o contexto histórico - uma pequena digressão.....	112
3.6 Atividade da navegação e da ciência	116
3.7 Tempo matemático e universal - o tempo da física clássica.....	124

3.8 Algumas considerações.....	129
3.9 Sentidos do tempo relacionados à Termodinâmica e à Relatividade Restrita	132
3.9.1 Contexto histórico da Termodinâmica.....	133
3.9.2 Segunda lei da termodinâmica	135
3.9.3 Entropia e a seta do tempo	136
3.9.4 Alguns apontamentos.....	139
3.10 Tempo e Relatividade Restrita.....	140
3.10.1 Desenvolvimento do Eletromagnetismo	140
3.10.2 Os produtos do eletromagnetismo	143
3.10.3 Contexto histórico da Segunda Revolução Industrial.....	145
3.10.4 Necessidades das cadeias de atividades industriais	147
3.10.5 Contradições: tempo e unidades de medidas diversas	148
3.10.6 Ferrovias, telégrafos e territórios: necessidade de sincronização e unificação do tempo	149
3.10.7 Alguns apontamentos.....	152
3.10.8 A questão da sincronização do tempo na atividade científica	153
3.10.9 O experimento de Michelson e Morley	154
3.10.11 Gabinete das longitudes	155
3.10.12 Lorentz e a contração das distâncias.....	157
3.10.13 Escritório de patentes.....	158
3.10.14 Teoria da Relatividade Restrita.....	160
3.11 Considerações	162
Capítulo 4 Licenciatura em Física	164
4.1 A formação de professores	164
4.2 O curso de Licenciatura em Física do IFUSP/SP	166
4.3 Levantamento de abordagens do conceito de tempo na bibliografia do curso	170
4.3.1 Atividades e formas de avaliação planejadas para as disciplinas	174
4.4 Entrevistas com docentes.....	176
Capítulo 5 Resultados.....	196
5.1 Metodologia de análise dos resultados	196
5.2 Construção das categorias de análise.....	199
5.2.1 Categorias identificadas na dimensão epistemológica.....	199
5.2.2 Categorias identificadas na dimensão ontológica.....	201
5.2.3 Categorias identificadas na dimensão axiológica:	203
5.2.4 Categorias finais para a análise dos resultados	204
5.3 Análise dos resultados	209
5.3.1 Análise dos resultados por escalas	218
5.4 Sobre os resultados	257
Capítulo 6 Considerações finais	265
6.1 Sobre vertigens no ensino de ciências	265
6.2 O laboratório e o método da ascensão do abstrato ao concreto	268
6.3 Uma proposta de perfil conceitual complexo de tempo para nossas amostras	270
6.4 Considerações finais	272
6.5 Limitações e vertentes	275
Bibliografia.....	278
Apêndice	288
Entrevistas transcritas	288

RESUMO

Em perspectiva Vigotskiana, conceitos são sistemas de relações e generalizações contidos nas palavras, oriundos da práxis humana e que são internalizados pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento. Trata-se, portanto, de elaborações associadas a processos vivenciais dinâmicos e, portanto, para nós, não devem ser descritos como lista de atributos, dotados de propriedades suficientes, capazes de existirem de uma maneira isolada, imutável. Contudo, nos cursos de Física do ensino médio e mesmo na Licenciatura, trabalha-se com conteúdos nos quais o conceito de tempo é considerado, em geral, como parâmetro matemático, abstrato, o que nos leva a pensar que as concepções junto ao perfil conceitual complexo de professores de Física em formação provavelmente estarão bastante marcadas por noções numéricas, em detrimento do reconhecimento de diferentes sentidos deste conceito e seus domínios de validade, e também de elementos históricos relacionados às suas gêneses. Para investigarmos esta hipótese no processo de formação de professores, foram realizadas entrevistas com professores em pré-serviço em diferentes amostras do curso de Licenciatura. Realizamos também um levantamento, não exaustivo, dos sentidos do tempo relacionados à história da ciência e que se fazem presentes nos conteúdos curriculares dos cursos de formação de professores de Física. Com este estudo, apresentamos uma possível contribuição da teoria da atividade sócio-cultural-histórica para revelar parte da complexidade do conceito de tempo, fundamental para as teorias da física e seu ensino. Também foi feito um estudo do currículo da Licenciatura para investigar as condições nas quais estes sentidos levantados se fazem presentes e em que tipo de atividade e com qual objetivo estes sentidos são explorados. Para a análise das entrevistas foi criado um instrumento a partir das dimensões do modelo de perfil conceitual complexo e das escalas genéticas de Vigotski. Por meio deste instrumento, pudemos identificar importantes aspectos e transformações relativas às concepções de tempo de professores em formação ao longo do curso de Licenciatura.

Palavras chave: Teoria da Atividade Sócio Cultural Histórica, Perfil conceitual complex, Tempo, Formação de professores de física, Professores de Física em pré-serviço.

ABSTRACT

In a Vygotskian perspective, concepts are conceptual relations systems contained within words that emerge in a generalization process, originated from human *praxis*. Subjects throughout their development process internalize concepts. Therefore, concepts are elaborations associated with the subjects' dynamic experiential processes and should not be described as an unchangeable, isolated list of attributes. Nevertheless, whether at high school or university level, the concept of time is considered only as an abstract mathematical parameter during Physics teaching. This practice indicates that both in-service and pre-service Physics teachers are marked with simple numerical and mathematical concept of time. In order to investigate the development of this mark in the teacher training process, interviews were conducted with pre-service teachers in different samples of undergraduate Physics teachers' courses. We made a non-exhaustive review of the meanings of time in the History of Science, which are present in the curricular contents of undergraduate Physics teachers' courses. With this study, we present a possible contribution of the Cultural Historical Activity Theory to reveal part of the complexity of the concept of time. A study of the undergraduate Physics teachers' courses was made to investigate the conditions under these meanings are present and about what kind of activity they are explored. For the analysis of the interviews, we built an instrument based on both Vygotsky's genetic scales and the dimensions of the complex conceptual profile model. Through this instrument, we were able to identify the meanings in order to investigate characters and values assigned through the concept of time by pre-service Physics teachers, throughout their university degree.

Key-word: Cultural Historical Activity Theory, Complex Conceptual Profile, Time, Physics Teacher Education, Preservice Physics Teacher.

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1: Amostras, integrantes e códigos de identificação	76
Tabela 2: Perguntas para entrevista sobre concepções de tempo	78
Tabela 3: Disciplinas obrigatórias do curso de Licenciatura em Física nos períodos diurno e noturno	168
Tabela 4: Amostragem de livros selecionados para análises das abordagens sobre o conceito de tempo.	169
Tabela 5: Atividades programadas para as disciplinas e formas avaliativas.	174
Tabela 6: Perguntas para a entrevista com docentes	176
Tabela 7.1: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	177
Tabela 7.2: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	180
Tabela 7.3: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	181
Tabela 7.4: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	184
Tabela 7.5: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	185
Tabela 7.6: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	187
Tabela 7.7: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	188
Tabela 7.8: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.	189
Tabela 8: Critérios de contextos para as situações de uso do conceito de tempo junto às escalas genéticas de Vigotski.	195
Tabela 9: Matriz de organização da polissemia do conceito (MOP)	197
Tabela 10: Diferentes cores para as dimensões epistemológicas encontradas nas falas dos participantes.	200

Lista de Figuras

	Página
Figura 1: Relação mediada pelo instrumento	30
Figura 2: Relação mediada ente sujeito e objeto	30
Figura 3: Estudo da formação dos conceitos. Método de Sákharov	40
Figura 4: Hierarquia da atividade, ações e operações	65
Figura 5: Representação de um sistema de atividade proposto por Engeström	66
Figura 6: Compartilhamento de objetos em um sistema de atividades	66
Figura 7: Calendário medieval (1460-1475), iconografia do século XV	101
Figura 8: Elementos que compõe o escapamento mecânico - “foliot”	111
Figura 9: Determinação da latitude do lugar a partir da estrela Polar	117

Lista de Gráficos

	Página
Gráfico 1: Média dos resultados da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de Licenciatura em Física	208
Gráfico 2: Média dos resultados da Amostra 1: estudantes de primeiro ano	210
Gráfico 3: Média dos resultados da Amostra 2: estudantes de segundo ano	210
Gráfico 4: Média dos resultados da Amostra 3: estudantes de terceiro ano	210
Gráfico 5: Média dos resultados da Amostra 2: estudantes de quarto ano	210
Gráfico 6: Categorias a posteriori	214
Gráfico 7: Médias da quantidade de respostas nos contextos físicos mais abordados	215
Gráfico 8: Média dos resultados do trecho referente à microgênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de Licenciatura	216
Gráfico 9: Média dos resultados do trecho referente à sociogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura	241
Gráfico 10: Média dos resultados do trecho referente à ontogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura	245
Gráfico 11: Média dos resultados do trecho referente à filogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura	251

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação

Apressa-te lentamente

Descobri que queria ser professora de Física após o término do ensino médio, quando fui estudar para o famigerado vestibular. Foi quando conheci o professor Zé Carlos e fiquei encantada por esta ciência. Cheguei a engordar (com muita alegria) neste tempo, pois minhas atividades principais se resumiam em estudar Física, comer e assistir cosmos.

Após me formar em Licenciatura em Física no IFUSP, passei a lecionar. Um ano depois, veio o mestrado. Desde então, sou orientada pelo professor Cristiano (agradeço sempre ao universo por tê-lo colocado em meu caminho). No mestrado, a fim de trabalhar com um tema interdisciplinar, investigamos relações entre Alimentação e Física por meio dos critérios *epistemológico*, *ontológico* e *axiológico*, considerados como dimensões do conhecimento. Tais critérios nos possibilitaram investigar diferentes sentidos, naturezas e valores atribuídos aos objetos eleitos como alimentos.

A partir desta investigação, ficou claro o potencial de questionamento e reflexão destas dimensões diante de temas ricos e complexos. Esta percepção me estimulou a continuar investigando temas que envolvessem a polissemia de conceitos, com suas metamorfoses e desdobramentos. E assim, trabalhar com o modelo de *perfil conceitual complexo* veio ao encontro desta minha vontade.

Decidido o método, o caminho a ser trilhado – explorar a riqueza de um determinado objeto por meio do modelo de perfil conceitual complexo, precisávamos escolher o conceito a ser pesquisado, perfilado.

No início, ficamos em dúvida entre perfil conceitual de *movimento* ou perfis conceituais de *espaço* e de *tempo*. De primeiro, escolhemos trabalhar com o movimento. Que assunto incrível! Movimento era (e é) a alma do que discutíamos semanalmente no grupo ECCo, em nossas leituras sobre dialética.

Contudo, pesquisar sobre *movimento* fazia minha atenção se voltar aos conceitos de *espaço* e *tempo*, multiplicando por três os objetos que eu pesquisava. Decidimos então abandonar o tema do *movimento* e nos dedicar aos perfis conceituais de *espaço* e de *tempo*.

Imaginávamos que, com uma proposta de levantamento destes perfis, investigaríamos a relação e a fusão entre os conceitos (espaço-tempo) durante a formação de professores.

Dada a maior quantidade de trabalhos sobre o tempo na área de ensino de ciências, comecei investigando este conceito e logo passei a pesquisar o espaço também... pesquisa que durou até o dia da qualificação! Por sugestão dos professores da banca, abandonamos o conceito de espaço. De fato, construir uma proposta de perfis de conceitos tão primitivos e ricos como estes, extrapolaria o prazo para o término da pesquisa. Fiquei satisfeita com a decisão, afinal, eu já estava bastante envolvida com o tempo.

É preciso informar que, devido estas mudanças de percurso, não foi possível contemplar o sentido do tempo relativo ao contexto da Física Quântica, assunto concentrado na disciplina de Física Moderna, no programa do curso de Licenciatura. Enfim, não tivemos tempo...

Tempo... muitas vezes, fiquei pensando que, como o tempo era/é meu foco de interesse, particularmente, eu deveria ter “uma boa relação” com ele, no sentido pragmático da vida. Por exemplo: conseguir escrever esta tese e aprontá-la muito antes do prazo, para que, no ano da defesa, só me dedicasse a melhorá-la.

Claro, eu queria ter muito tempo para o tempo. Ora, mas isso era inviável! Durante praticamente toda a pesquisa não fui uma doutoranda *full time*. Lecionava de manhã - era professora de Física em uma escola da rede privada.

Reconheci a ingenuidade desse pensamento. Afinal, desenvolver um trabalho num ritmo constante de produção, combina com uma visão linear sobre todo o processo, como se não houvessem catarses, vacuidades. Como se meu rendimento fosse constante e homogêneo.

Ainda que o programa de doutoramento Interunidades em Ensino de Ciências tenha me imposto certo ritmo de trabalho, minha relação com o tempo, nesta atividade de estudo e investigação, não deveria ser mediada por uma linha produção, na qual ressoam, principalmente, sentidos do tempo mensurado, linear, implacável, a reboque de afetos negativos, como ansiedade e culpa.

Busquei então por uma outra concepção, outro modo de pensar... quando encontrei um mantra saudável - o mote latino “festina lente”: *apressa-te lentamente*.

Na minha interpretação, a pressa faz manter à vista o caminho finito a ser percorrido. É o tempo com um sentido de bússola me guiando durante a investigação. Por outro lado, ao invés de concentrar o foco e a energia na finalização das etapas da pesquisa, tem-se a ideia

da atenção voltada ao desenvolvimento do trabalho no presente, já que o caminho deve ser trilhado com calma e constância.

Este mantra expõe, para mim, a atividade de pesquisa como uma experiência no tempo. Afinal, o tempo durante nossas atividades, não passa independentemente e simplesmente... nós nos constituímos nele, em nossa interioridade.

Talvez esse nosso devir no tempo das atividades humanas, em especial, da cadeia de atividades de pesquisa, possa ser interpretado como um ritual, no qual diversas atividades se realizam repetidas vezes, abrindo espaço para o amadurecimento, para a sedimentação de ideias. E então, é preciso buscar libertar-se da impaciência para se entregar a tais atividades. É preciso buscar confiar no ritual do tempo para que possamos observar suas marcações, indicadoras das transformações da pesquisa e do pesquisador, definidoras de novos rumos, novos ciclos, novos tempos.

Acredito que a reflexão sobre a passagem e finitude do tempo, traz, para todos nós, ponderações capazes de nos reorientar, principalmente em face às mazelas e desesperanças da vida, nos aproximando das atividades que valorizamos, que temos como vitais. E a maneira como nós utilizamos o tempo, seja no trabalho - planejando as atividades da sala de aula, ou durante atividades de lazer, etc. demonstra nossas intencionalidades, nossos valores.

Refletir sobre o tempo é importante pois nos interioriza, nos reorienta na vida. E nossas escolhas sobre como vamos interpretar a passagem e o limite do tempo reflete o modo como vivemos.

1.2 Sobre o texto

Tempo é um conceito primitivo, complexo, fascinante. Pode ser percebido por nós de diversas maneiras. Pensamentos e sentimentos, por exemplo, aparecem e desaparecem, fazendo-nos experimentar durações. As variações periódicas de nossos organismos, nos causando fome, sono, sede, frio, também nos oferecem percepções temporais.

Percebemos o tempo não apenas em nossos corpos, mas também no ambiente externo e em múltiplas escalas. Isso porque, ao longo da história humana, o tempo se complexificou como e por meio de diversos instrumentos mediadores desenvolvidos nas práticas humanas, com sentidos e significados específicos. Tais especificidades foram e são forjadas dentro de cadeias de atividades humanas que, presentes em níveis distintos do saber, as mantêm vivas.

Além dos diferentes sentidos, como todo conceito, o tempo apresenta movimento. Este movimento se coloca na relação entre consciência e atividade, fundamentada por Leontiev (1978). As atividades humanas são coletivas, abertas e sujeitas a contradições que, em resposta a novas necessidades, se expandem (ENGESTRÖM, 1987, 2001). Estas expansões ampliam o leque de sentidos dos conceitos, emergindo nas novas práticas, nas novas coordenações de ações e operações, determinando outras condições, que emergem com novas expansões. Nessa perspectiva, o tempo é, simultaneamente, instrumento e objeto, e está em constante transformação, constante movimento, ganhando mais contornos enquanto novos modos de ser com o mundo são experimentados pelos sujeitos em atividade.

Desta forma, o conceito de tempo nos escapa à consciência como um objeto absoluto, mas se estabelece como uma totalidade momentânea. Estamos fadados a conhecer somente um conjunto finito de relações acerca deste conceito num determinado espaço e momento histórico. Além disso, dado que o conjunto de mediações constituintes do conceito relativos à determinada sociedade, mantêm-se inacabados, somos levados, constantemente, a ressignificações e, portanto, a novos sentidos.

Neste trabalho, por termos o intuito de tratar o conceito de tempo numa perspectiva mais ampla, interessamo-nos pelo modelo de perfil conceitual, bastante utilizado em ensino de ciências. A ideia da convivência de diversos modos de pensar um mesmo objeto foi considerada inicialmente por Bachelard e sua proposta de perfil epistemológico. Posteriormente, críticas foram feitas ao modelo bachelardiano, em especial, por Mortimer, que designou de perfil conceitual o modelo utilizado em seus trabalhos. Mas a noção de perfil conceitual continuou sendo revista por parte de pesquisadores da área de educação, sendo recentemente publicado um livro, com relevantes contribuições ao modelo. Das

abordagens presentes neste livro, utilizaremos a noção de *perfil conceitual complexo* de Mattos (2014).

Em linhas gerais, a noção de perfil conceitual complexo nos mostra que um conceito possui diferentes interpretações, tomadas como zonas do perfil conceitual. Cada zona possui aspectos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, permitindo-nos discernir entre formas de conhecer o objeto, compreender suas naturezas, valores e finalidades. Assim, ao considerar relevante a diferenciação destas três dimensões para as zonas do perfil de tempo, vislumbra-se uma multiplicidade de características para este conceito.

Destaca-se que as zonas do perfil conceitual complexo estão vinculadas a determinados *contextos* de uso. Na visão de Mattos (2014), *contexto* não deve ser entendido como um dado pré-definido de informações espaciais e temporais, mas como um objeto complexo, resultado da interação dialética entre conhecimentos prévios e percepções de mundo dos sujeitos.

Entende-se então que, as zonas do perfil conceitual ligam-se a contextos que são acessados pelos sujeitos através das *dêixis*. *Dêixis* é um termo greco-latino que significa apontar, indicar, demonstrar. Trata-se das referências presentes nas interações humanas que permitem a localização e identificação de sujeitos, coisas, atividades. Assim, o acesso às várias zonas do perfil conceitual é explicado pela chamada hipótese da ressonância: dado certo conjunto de dêixis, ressoam determinados sentidos e significados e não outros para o conceito em questão (MATTOS, 2014).

Todo conceito, portanto, apresenta-se dotado de zonas. Cada zona é capaz de ligar-se à variadas zonas, pertencentes a outros conceitos, que também possuem suas zonas interligadas a outras. Esta intrincada rede de conexões constitui uma estrutura dinâmica, indo ao encontro da ideia de Vigotski de que pensar um objeto com a ajuda de um conceito significa sua inclusão em um complexo sistema de conexões.

Pensamos que a diversidade de zonas referentes a um dado objeto está relacionada um tipo de estabilização de sentidos e significados ocorrida sócio, cultural e historicamente, nas atividades humanas. É por isso que o termo atividade, tomado à luz da teoria da atividade, nos é caro neste trabalho. Pensar por meio da atividade como unidade de análise, guiada por uma necessidade e objetivo, com suas ações e operações coordenadas, favorece a organização e orientação no interior desta complexidade de conexões. Com a atividade explicita-se qual(is) zona(s), dentre as disponíveis na estrutura, estão em cena ressoando, ganhando voz diante de determinados objetivos. É deste lugar comum entre zonas e sentidos ressoantes em atividades humanas que enxergamos uma fértil ligação entre perfil conceitual

complexo e a Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica. Certos aspectos desta teoria também nos ajudaram a realizar um recorte de pesquisa responsável na complexa e dinâmica estrutura que enreda o conceito de tempo. Passaremos a este assunto a seguir.

1.3. Nosso recorte

A fim de explorar a conexão entre as diversas zonas do conceito e atividades humanas que as envolvem, alguns pontos importantes foram considerados. O primeiro é a realização de um levantamento histórico sobre a construção do conceito de tempo junto a exemplos de atividades humanas. Pesquisamos autores de filosofia e história da ciência, com especial atenção para aqueles que desenvolveram obras sobre o tempo ou relacionadas ao contexto histórico da construção deste conceito junto a práxis humana: Norbert Elias (2010), A. Y. Gourevitch (1975), Eric Hobsbawn (2014), Peter Galison (2003) e Roberto Martins (2015).

É importante esclarecer que nossa finalidade não é a realização de um estudo histórico do tempo. Diferente disso, nos concentramos num específico recorte: tendo como base a atividade de ensino-aprendizagem do conceito de tempo no curso de Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), nos debruçamos sobre os sentidos deste conceito envolvidos no curso. Outro ponto importante considerado se refere à análise realizada acerca das disciplinas de Física presentes no currículo de Licenciatura, com atenção aos modos como este conceito foi tratado e os tipos de atividades que o envolvia nas diversas matérias. Vale dizer que o curso de Licenciatura em Física do IFUSP constitui apenas um exemplar de licenciaturas na área de estudos da formação de professores.

O terceiro ponto que destacamos vincula-se à metodologia. Como não foi possível realizar uma investigação longitudinal, na qual pudéssemos acompanhar os sujeitos ao longo dos anos da graduação, elaboramos uma alternativa ajustada às nossas condições e necessidades de pesquisa: para o levantamento de concepções de tempo, entrevistamos dezessete professores em pré-serviço do curso de Licenciatura em Física, sobre as seguintes condições:

- i) o participante deveria estar cursando sua primeira faculdade
- ii) a graduação deveria desempenhar um papel de destaque em relação a outras atividades, isto é, dentro da cadeia de atividades na qual o participante está inserido, o curso de física deveria, deliberadamente, constituir sua atividade principal, no sentido da exigência de sua presença no período estabelecido, com os materiais sugeridos, seguindo uma mesma média de tempo de estudo semanal.

O intuito destas condições foi selecionar estudantes que estivessem envolvidos de modo semelhante com as atividades da Licenciatura, pelo menos no que diz respeito às regras, divisão de trabalho e critérios de avaliação. Com isso, pretende-se obter certa homogeneidade qualitativa entre os participantes em relação a condições sociais, histórico e culturais. Sabemos que nossos resultados apresentarão imprecisões, porém, por meio desta estratégia nos foi possível analisar uma coleção de aspectos do curso, propor reflexões e apontamentos para a área de ensino de Física.

1.4. Objetivo

O intuito deste trabalho é investigar como estudantes do curso de Licenciatura em física compreendem o conceito de tempo. Estamos preocupados com a formação de professores de Física, no que diz respeito à compreensão deste conceito, fundamental dentro das teorias da Física.

Contudo, com relação as nossas amostras, temos como hipótese inicial a ideia de que as zonas mais acessadas por estudantes do curso de graduação estarão associadas ao tempo matemático, abstrato e, provavelmente, o curso de Licenciatura reforça esta interpretação. Sabemos que, ao longo dos anos, outros sentidos do conceito são introduzidos - como os relacionados à Termodinâmica e à Relatividade Restrita, porém, acreditamos que estes permanecerão circunscritos as atividades das disciplinas. Ou seja, as concepções de tempo dos professores em pré-serviço, provavelmente estarão bastante marcadas pela perspectiva do sentido do tempo numérico, linear, relacionado à sua medida.

Ora, além de conhecer os diferentes sentidos do tempo referentes às teorias da Física, acreditamos que professores devem ser capazes de identificar outros mais, estabelecendo relações entre eles, percebendo contextos distintos de uso, discrepâncias entre seus aspectos, etc. Para nós, o curso de Licenciatura deve proporcionar um conhecimento sobre o tempo que permita certa mobilidade entre os sentidos por parte destes sujeitos, tornando-os capazes de alçar perspectivas diversas.

Para sustentar este ponto de vista utilizamos a noção de *ordens de aprendizagem* de Rodrigues (2009). O autor propôs três ordens balizadoras da aprendizagem de conceitos, referentes à tomada de consciência pelos sujeitos. Na primeira ordem, considera-se que o sujeito apenas relaciona o conceito a um determinado contexto, sendo bastante difícil sua utilização fora dele. Na segunda ordem de aprendizagem, mais contextos e sentidos são acessados de forma apropriada pelo sujeito, porém, estes conhecimentos são utilizados de

modo mecânico, sendo acessados somente se dêixis sinalizarem seus contextos iniciais, onde tais aspectos do conceito foram conhecidos. Consideramos que este é um tipo de conhecimento “envelopado”, pois está restrito àquelas atividades iniciais onde o sentido do conceito foi construído. Esse envelopamento nos é esperado, conforme hipótese inicial de pesquisa.

Já a terceira ordem de aprendizagem caracteriza o sujeito que reconhece diferentes sentidos e contextos de uso, conseguindo estabelecer relações entre eles, enunciando-o com intenção dentro e fora da zona inicialmente construída para seu uso.

Estes marcadores nos ajudam a explicar que professores devem possuir certa mobilidade para transitar entre as zonas do perfil conceitual de tempo, para que assim apresentem maior disponibilidade para o diálogo com estudantes de nível fundamental, médio ou superior.

De fato, na atividade de ensino-aprendizagem de conceitos, a mobilidade do sujeito para transitar entre as zonas nos remete a importante questão da abertura para a alteridade: a exposição do outro, o reconhecimento e o acolhimento de suas posições e questionamentos. É assim que pensamos que sentidos poderão ser mais facilmente negociados, crenças e valorações revistas e visões de mundo expandidas, complexificadas. Entendemos que estar abertos para a alteridade contribui para que os entendimentos dos sujeitos não permaneçam fechados em si mesmos, com conhecimentos envelopados em determinadas atividades realizadas em sala de aula. Portanto, discutiremos e defenderemos neste trabalho que o ensino-aprendizagem de física aberto ao sentimento de alteridade precisa fazer parte de nossos objetivos educacionais.

1.5. Sobre o tema

Tempo é um conceito que possui relevância cultural, histórica, científica, filosófica, artística, econômica, tecnológica, etc. É objeto de pesquisa e reflexão de diferentes áreas, além de constituir termo de uso corrente, largamente utilizado em nosso dia-a-dia.

Além de sua importância nas mais diversas áreas do conhecimento, a relação entre este e a consciência humana também tem sido objeto de investigação filosófica e psicológica há muitos anos, como em Cohen (1967), Helson (1930), Locke (1689/1995), Mach (1886/1897), Piaget (1927/1969), Price-Williams (1954) (CASASANTO *et al*, 2010).

Mais especificamente, na área de ensino de Ciências, onde concentra nosso interesse, Martins (2004, 2007) desenvolveu uma pesquisa cujo objetivo era compreender aspectos da construção do conceito de tempo por estudantes do Ensino Fundamental e Médio, a partir

do referencial de Bachelard. Foram descritas diferentes regiões da hierarquia de escolas filosóficas bachelardianas para o conceito de tempo: realismo ingênuo, empirismo, racionalismo tradicional, surracionalismo.

Obstáculos epistemológicos foram identificados para a construção do conceito de tempo. Um exemplo destes obstáculos se refere à tendência presente na fala dos entrevistados em substancializar o tempo, promovendo uma sobre-objetivação que leva a ideia de um tempo absoluto. Isso porque, segundo o autor, existe uma dificuldade de lidar com um conceito tão fundamental e presente, mas imaterial, o que acaba a levar o sujeito a considerar o tempo como uma espécie de coisa, existente por si só.

Martins (2004, 2007) concentrou suas análises numa relação de caráter mais epistemológico, contudo, o autor identificou também a necessidade de complementação desse estudo via incorporação de um aporte cultural.

Nesta perspectiva, Souza (2008) em sua dissertação de mestrado, buscou estabelecer relações entre o conceito de tempo e a cultura ao longo da história. Seu propósito central era a compreensão e análise da relação entre o perfil epistemológico do conceito de tempo e o perfil cultural de diferentes grupos de alunos. Para tanto, além do aporte de Bachelard, o autor utilizou a classificação das culturas como científica, humanística e de massa, proposta por M. Eduarda Santos (2001) e a proposta de Paulo Freire sobre o conhecimento como ato gnosiológico, o que implicou no entender das características culturais dos alunos como pressuposto para a construção conceitual.

Posteriormente, em sua tese de doutoramento, Souza (2014) estudou dois conceitos de base, *tempo* e *espaço*, a partir das referências de Bachelard, sobre noções de perfil e obstáculo epistemológico, atrelado ao aporte cultural utilizado anteriormente.

O autor realizou entrevistas com 25 estudantes e foram feitas intervenções em sala de aula. Um dos resultados desta pesquisa sobre as concepções dos estudantes se refere a verificação de concepções passíveis de serem identificadas com as escolas filosóficas bachelardianas.

Ainda sobre perfis epistemológicos e culturais relacionados ao conceito de tempo, Souza, Testoni e Brockington (2016) apresentaram um artigo que discute os resultados de uma pesquisa empírica de natureza exploratória e diagnóstica, realizada em instituições de ensino particulares do estado de São Paulo. Nesta pesquisa, foram analisadas concepções de tempo de três alunas, sendo uma do ensino fundamental, uma do ensino médio e outra do ensino superior, utilizando como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard, mais especificamente a noção de perfil epistemológico, e de diferentes concepções de tempo

oriundas da física e da filosofia. Partindo dos relatos dos sujeitos, buscou-se a análise de seus perfis epistemológicos, da existência de influências culturais na constituição desses perfis, além da análise das práticas culturais das alunas segundo três categorias já utilizadas por Souza (2008, 2014): cultura humanística, cultura científica e cultura de massa.

Também envolvendo o espaço e o tempo, Crochik (2013) desenvolveu um interessante trabalho propondo uma aproximação da educação e da ciência com relação às artes, junto ao desenvolvimento de uma disciplina de nome *Oficina de Projetos de Ensino 1* oferecida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSP).

Além destes trabalhos, vale destacar que, Karam et al. (2006) e Martins (2007), afirmam que, principalmente no ensino de física na escola média, pouca ou nenhuma reflexão é feita em relação ao conceito de tempo e suas transformações, nem mesmo nos materiais didáticos. As abordagens dos livros, em geral, se resumem ao tratamento de unidades de medida temporais, onde o conceito é somente utilizado como parâmetro matemático abstrato. Segundo Martins (2007), grande parte dos professores não se preocupa em ir além dos conteúdos dos vestibulares e do que se encontra impresso nos livros didáticos. Sobre os manuais destinados ao ensino superior, alguns apresentam erros conceituais, o que demonstra pouco cuidado tomado nas abordagens (Ostermann & Ricci, 2002).

Sobre esta mesma justificativa - da falta de preocupação com estes conceitos elementares, Lemmer *et al* (1999) realizaram uma pesquisa na Namíbia e na África do Sul, acerca das concepções de tempo de 517 alunos do primeiro ano do curso de Física. Os autores pesquisavam sobre a influência do sexo, etnia, infância e nível de educação científica nas noções de tempo dos estudantes. Os resultados mostraram diferenças insignificantes entre diferentes gêneros, porém, em relação à etnia e ao nível de educação, os sujeitos de origem africana identificavam mais a concepção de tempo como duração de eventos, enquanto os de origem europeia identificavam o tempo mais relacionado à física newtoniana, ou seja, o tempo como entidade absoluta.

Nesta perspectiva, consideramos haver um grande descompasso no que diz respeito à relevância do conceito de tempo, considerando sua evolução na história da ciência em seus diversos enfoques e o tratamento simplificado dado ao mesmo nos cursos de Física e nos livros didáticos. Consideramos que a presença de reflexões e análises sobre esta entidade básica e fundamental mostra-se importante e atual, além de trazer a reboque outras motivações socioculturais inerentes ao estudo do tema, provenientes de áreas como línguas, artes, filosofia ou economia.

1.6. Nossa tese

Como Gourevitch (1975) afirma, representações do tempo são componentes essenciais da consciência social, cuja estrutura reflete os ritmos e as cadências que marcam a evolução da sociedade e da cultura. Na perspectiva desta ideia, consideramos que o desenvolvimento e a sofisticação que o conceito de tempo assume dentro das teorias da física, marcam a evolução desta ciência como uma construção social, humana, devendo ser explorada e debatida de uma forma mais ampla, especialmente junto a futuros professores de Física.

Desta forma, como mencionamos, com intuito de investigar as concepções de tempo dos professores em formação, realizamos um estudo sobre o curso de Licenciatura em Física, e também um levantamento de elementos da história da ciência acerca dos sentidos do tempo.

Feito isso, construímos nosso instrumento de pesquisa para entrevistar os licenciados, de todos os anos do curso de Licenciatura, baseando-nos neste estudo histórico e nas dimensões do perfil conceitual complexo. Vale lembrar que nossa hipótese inicial era a de que as concepções dos estudantes estariam especialmente marcadas pelo sentido do tempo numérico, matemático e, esperávamos obter poucas respostas abordando o sentido do tempo termodinâmico, relativístico, ou mesmo aspectos relacionados ao domínio de validade dos sentidos deste conceito.

Com relação aos resultados desta investigação, criamos um instrumento de análise baseando-nos no método genético de Vigotski e nas dimensões do perfil conceitual complexo.

Para nós, a gênese e o desenvolvimento do conceito, bem como do sujeito (sujeito-objeto), ocorre em distintos níveis do saber, compondo uma hierarquia, estabelecida pelo grau de complexidade das relações entre os conceitos internalizados pelos sujeitos. É nesta direção que Vigotski, preocupado com o funcionamento psicológico dos sujeitos, identificou quatro níveis genéticos – filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese, concernentes à compreensão das transições e caminhos para o desenvolvimento humano. Interpretamos estes domínios como um contínuo de grandes campos de influência de sentidos, que se superpondo e se metamorfoseando ao longo da história, alcançam formas cada vez mais complexas. Desta maneira, nos baseamos nesse aporte para analisar as respostas dos estudantes de modo a enxergar não apenas indícios dos sentidos do conceito de tempo vinculados às disciplinas da Licenciatura, mas também os significados e sentidos

provenientes de outros contextos, junto aos níveis genéticos de Vigotski associados ao conceito.

E assim, construímos a MOP – Matriz de Organização da Polissemia do Conceito. Esta Matriz nos auxiliou a identificar e a organizar os diferentes níveis, contextos, expondo as claras as dimensões do perfil conceitual complexo.

De posse deste instrumento, pudemos observar, entre outros resultados, um expressivo crescimento da dimensão epistemológica em intersecção com a escala microgenética, o que significa, segundo nosso critério, o contexto mais próximo do estudante, a partir das situações vivenciadas por ele, junto a maneiras de compreender o tempo. Assim, este aumento obtido ao longo dos anos, reflete um aumento das zonas, devido aos avanços nas disciplinas do curso de Licenciatura. Por outro lado, obtivemos baixos valores de registros para a escala ontogenética, que se refere à outras sociedades, épocas. Tal resultado aponta-nos a baixa atenção dada a elementos históricos relacionados ao tempo na formação destes professores.

Com relação as entrevistas com os docentes do curso, estas apontaram para a importância do ensino-aprendizagem do conceito de tempo como um parâmetro matemático, a ser equacionado nas diversas fórmulas matemáticas das teorias físicas. Os livros didáticos, constituintes nas bibliografias das disciplinas, apresentam poucos elementos históricos vinculados ao conceito de tempo, concentrando suas abordagens ao uso do tempo de forma matemática, sem que haja reflexões sobre suas gêneses, sentidos e contextos.

Desta forma, entendemos que os professores de Física em formação, durante a realização das disciplinas destinadas ao estudo da Física, estão, principalmente, imersos em atividades de resolução de exercícios, que lidam com o tempo como parâmetro matemático, sendo seu caráter numérico e matemático o aspecto fundamental abordado na aprendizagem do conceito de tempo.

De fato, na análise dos resultados obtidos nas entrevistas verificamos que os professores em formação utilizaram muitas vezes o tempo matemático para elaborar suas respostas, sendo este sentido do tempo o mais acessado por nossa amostra. Em face a estes estudos, nossa tese é a de que o conceito de tempo no curso de Licenciatura em Física é tratado como se tivesse um sentido praticamente único - o sentido de um número que varia, a ser equacionado nos diversos ferramentais matemáticos das teorias físicas. Este sentido é permanentemente exercitado nas atividades de resolução de problemas, sem que necessariamente haja espaço para a discussão do conceito, seja das suas implicações ou contradições dentro do contexto das teorias físicas.

Concordamos que é importante para um professor em formação, aprender a tratar o tempo como um parâmetro matemático. Assim, entendemos que a resolução de exercícios é uma atividade fundamental para a compreensão das teorias físicas. Contudo, também entendemos que o tratamento de um conceito como o tempo, tão caro para a Física, não deveria privilegiar, em todos os anos da graduação, apenas um tipo de atividade (resolução de exercícios). Para nós, falta ao curso de Licenciatura uma disciplina (obrigatória) voltada às teorias da Física, com atividades cujos objetivos sejam de estudar os conceitos físicos basilares (como tempo, espaço, massa, energia, etc.), seus diferentes sentidos e domínios de validade, a fim de que futuros professores possam questionar e refletir sobre o conhecimento físico neste espaço de formação.

Consideramos que, além da resolução de exercícios, é importante a introdução de atividades que envolvam os conceitos fundamentais de física, associados a seus contextos de origem e elementos históricos, para que se tornem objetos mais complexos aos olhos dos estudantes, e não simplesmente instrumentos acessórios, meramente teóricos, úteis no momento da resolução de exercícios e, portanto, apartados das atividades humanas, conectados apenas à atividade pedagógica. Entendemos que elementos históricos são relevantes para que os conceitos fundamentais da Física desponham como emergência da própria atividade histórica humana durante a formação destes futuros educadores.

Por isso, pensamos que professores em formação precisam ter a oportunidade de questionar as representações mais repetidas e naturalizantes sobre o conceito de tempo em nossa sociedade atual, até porque serão inevitavelmente expostos a novos sentidos deste conceito, seja em outras disciplinas do curso de graduação, seja nas suas aulas com estudantes do ensino médio.

1.7. Descrição do trabalho

Em relação à organização desta tese apresentamos, no Capítulo 2, nosso referencial teórico metodológico. Abordamos o aporte teórico de Vigotski, da Teoria Sócio Cultural Histórica da Atividade, bem como da noção de perfil conceitual como um o modelo de aprendizagem adequado à nossa investigação. Também apresentamos uma descrição e reflexão sobre o método genético de Vigotski e de seus níveis, aporte fundamental para nosso trabalho, tanto para análise dos levantamentos de perfis quanto para a compreensão da gênese dos conceitos. Ao final do capítulo, será apresentada a metodologia desta pesquisa.

No Capítulo 3 apresentamos um levantamento dos elementos históricos envolvendo as gêneses sócio-históricas do conceito de tempo. Nosso intuito é de recuperar algumas das

cadeias de atividades responsáveis por atribuir e sustentar determinados sentidos e significados deste conceito ao longo da história. É importante afirmarmos que este levantamento histórico está longe de abordar por completo os sentidos do tempo relativos à Física e à história humana. Por outro lado, durante esta etapa da pesquisa, procuramos desenvolver não somente uma descrição dos fatos históricos, mas uma análise das atividades humanas envolvendo os diferentes sentidos do conceito de tempo à luz do aporte teórico da Teoria da Atividade Sócio-Cultural Histórica.

No Capítulo 4 apresentamos uma investigação sobre o curso de Licenciatura em Física, oferecido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, na direção de uma compreensão sobre como o conceito de tempo é trabalhado durante a graduação.

No Capítulo 5 apresentamos nosso instrumento de investigação, categorias de análise, resultados e suas análises e no Capítulo 6 estão nossas considerações finais.

Capítulo 2

Referencial teórico metodológico

2.1 Vigotski e seu contexto

A Vigotski nasceu numa cidade chamada Orsha, próximo a Mensk, capital da Bielarus em 1896. Cresceu em um ambiente de grande estimulação intelectual, desfrutando de uma educação de qualidade. Formou-se em direito e fez diferentes cursos como história, filosofia, medicina. Profissionalmente também exerceu atividades diversificadas, tornando-se professor e pesquisador nas áreas de psicologia, pedagogia, filosofia, literatura, deficiência física e mental (VAN DER VEER & VALSINER 2001).

Apesar de não ser psicólogo de formação, iniciou a carreira como tal após a Revolução Russa de 1917, interessando-se pelo estudo das chamadas funções psicológicas ou processos mentais superiores, que são mecanismos complexos e sofisticados como, por exemplo, lembrança voluntária, imaginação, ação intencional, uso da linguagem, elaboração conceitual, raciocínio dedutivo, etc. Tais processos diferem daqueles considerados elementares, de origem biológica como reações automáticas, ações reflexas e associações simples (NEWMAN & HOLZMAN, 2002, REGO, 2008).

No desenrolar de seu trabalho na União Soviética, havia uma atmosfera de grande idealismo, inquietação e estímulo cultural. A sociedade ansiava por novas ideias e soluções para os principais problemas sociais e econômicos de seu povo. Neste sentido, devido à grande bagagem cultural, Vigotski reunia as condições necessárias para idealizar teorias para a Psicologia, Educação, Pedologia (como era chamada a ciência da criança), sendo que o amplo espectro de sua obra revela a preocupação com a criação de uma psicologia que tivesse relevância tanto para a educação como para a prática médica.

Em relação ao campo da psicologia da época, duas tendências principais estavam em cena: de um lado Wundt, Ebbinghaus e outros pesquisadores aproximavam a psicologia dos métodos realizados pelas ciências naturais, como a física, a química, etc. Tal tendência buscava explicar processos psicológicos elementares sensoriais e reflexos tomando o homem basicamente como corpo, quantificando fenômenos observáveis e subdividindo aqueles mais complexos em partes menores, para uma melhor análise. De outro lado, Dilthey, Spranger, etc. interpretavam o humano basicamente como consciência, mente e espírito. Neste caso, ao invés da preocupação com a subdivisão de fenômenos em componentes mais simples,

esta vertente mostrava-se mais descritiva, subjetiva e dirigida a fenômenos psicológicos globais (OLIVEIRA, 1993; LURIA, 1992).

Contudo, para Vigotski, nenhuma destas escolas fornecia bases sólidas para o estabelecimento de uma teoria unificada capaz de dar conta dos processos psicológicos humanos, configurando uma “crise na psicologia”. Foi na tentativa de superar esta crise que, influenciados pelo cenário filosófico e político em questão, o psicólogo e seus colaboradores encontraram no materialismo histórico-dialético de Marx e Engels uma fonte valiosa para a criação de uma abordagem teórica, que possibilitasse uma síntese entre as tendências vigentes. Desta maneira, debruçaram-se na criação de uma teoria *marxista* para o funcionamento intelectual humano, capaz de contemplar, numa mesma perspectiva, o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico (OLIVEIRA, 1993). A construção desta psicologia alternativa foi vista por Vigotski não como o surgimento de mais uma entre as correntes da psicologia, mas como um processo de construção de uma psicologia verdadeiramente científica (DUARTE, 2000).

2.2 Natureza humana constituída de relações sociais, culturais e históricas

Todas as relações humanas com o mundo a visão, a audição, o olfato, o paladar, o tato, o pensamento, a contemplação, o sentimento, a vontade, a atividade, o amor, em resumo, todos os órgãos de sua individualidade que, na sua forma, são imediatamente órgãos sociais, são, no seu comportamento objetivo ou na sua relação com o objeto a apropriação deste, a apropriação da realidade humana.

(MARX, 1844, *apud* Leontiev, p. 268, 2004)

No século XIX evolucionistas ingleses como Spencer, Tylor e Frazer estudavam a maneira pela qual as formas elementares de adaptação biológica às condições ambientais se tornam mais complexas ao longo do processo evolutivo, bem como o desenvolvimento das formas complexas de atividade mental. No entanto, ainda que o enfoque evolucionista utilizado adequava-se ao estudo do desenvolvimento mental de animais não humanos, para o caso do homem, mostrava-se bastante limitado, levando a conclusões superficiais e reacionárias como, por exemplo, a da semelhança entre as formas de pensamento dos povos primitivos aos infantis, apontando para inferioridade racial daqueles considerados atrasados (LURIA, 1990).

No século seguinte, expressivos debates ocorreram no campo da antropologia influenciando fortemente a construção da nova psicologia soviética. Tais discussões funcionaram “ora como fonte de inspiração, ora como campo de disputas na construção da abordagem sobre o desenvolvimento do saber na humanidade” (GERKEN, 2012, p.131). É o caso, por exemplo, dos representantes da escola francesa de sociologia, Durkheim e Lévy-Bruhl, que recusavam a interpretação dos processos mentais como resultantes da evolução natural. Tais pensadores consideravam os processos lógicos do pensamento como frutos do desenvolvimento histórico da sociedade (GERKEN, 2012).

Entre os enfoques teóricos de Vigotski, Durkheim e Lévy-Bruhl há convergências e divergências. No entanto, a psicologia de Vigotski e de seus colaboradores se destacou das demais por tratar de questões relacionadas à aprendizagem, estando alinhada veementemente ao pensamento de Marx e Engels, resultando numa abordagem psicológica marxista consistente (DUARTE, 2000).

Além de tais estudos antropológicos e sociológicos, haviam sido publicadas pesquisas vinculadas à neurociência que também tiveram um papel importante na fundamentação da psicologia soviética. Algumas delas, por exemplo, ensejaram a postulação de que o cérebro humano, apesar de ser um órgão definidor de limites e possibilidades para o desenvolvimento, não é um sistema estático, composto de funções fixas e imutáveis. O cérebro constitui um sistema aberto, de grande plasticidade, cuja estrutura e modos de funcionamento são moldados ao longo da história da espécie e do desenvolvimento individual. Assim, Vigotski tornou-se um dos primeiros defensores da associação da psicologia cognitiva experimental com a neurologia e a psicologia, lançando as bases para uma ciência comportamental unificada (OLIVEIRA, 1993). As proposições teóricas de Vigotski partiram da compreensão, notoriamente filiada às ideias marxistas, de que as chamadas funções psicológicas superiores não constituem uma forma de comportamento natural, isto é, não são dados a priori. Tais processos tiveram origem e desenvolvimento nas relações com os outros e na formação da sociedade com base no *trabalho*. É por meio do *trabalho* que a ação transformadora e dialética entre homem e natureza ocorre, possibilitando a criação da cultura e da história humana.

Nesta visão, o ser humano se adapta à natureza, criando uma realidade social em função do desenvolvimento de suas necessidades, o que implica numa transformação (humanização) tanto da natureza como do próprio homem. Ao mesmo tempo, ao longo da atividade dos sujeitos, a experiência sócio-histórica da humanidade se cristaliza, isto é, se acumula em seus produtos, sejam materiais ou intelectuais. Tais produtos ou construtos são

considerados instrumentos e possuem importância fundamental para a fixação da cultura e transmissão às gerações posteriores (LEONTIEV, 2004).

De acordo com Luria (1992), Vigotski gostava de chamar esta abordagem criada para a psicologia de “cultural”, “instrumental” ou “histórica”, pelo fato destes termos refletirem facetas do mecanismo geral pelo qual a sociedade e a história moldam a estrutura das atividades que distinguem o homem dos outros animais:

“O termo instrumental se referia à natureza basicamente mediada de todas as funções psicológicas complexas. (...) O aspecto “cultural” da teoria de Vigotski tinha a ver com os modos socialmente estruturados pelos quais a sociedade organiza as tarefas que são propostas à criança, e com as ferramentas, físicas e mentais, que são oferecidas à criança para que domine essa tarefa. Um dos instrumentos chave inventados pela humanidade é a linguagem, e Vigotski conferia à linguagem um lugar muito importante na organização e no desenvolvimento dos processos de pensamento. O elemento “histórico” fundia-se ao cultural. As ferramentas usadas pelo homem para dominar seu meio ambiente e seu próprio comportamento não surgiram completamente prontas da mente de Deus. Foram inventadas e aperfeiçoadas no curso da história social do homem. A linguagem carrega em si os conceitos generalizados que são o repositório da cultura humana” (LURIA, 1992, p. 48-49).

Desta forma, o homem se constitui nas suas relações sociais, culturais e históricas com o mundo e no mundo que o cerca, transformando-se por meio de processos biológicos e sócio-históricos, onde a cultura é parte essencial da constituição da natureza humana.

2.3 Mediação, internalização e zona de desenvolvimento proximal

2.3.1 Mediação

Com tais novas formulações, críticas foram feitas às teorias que atribuíam unicamente ao processo de maturação às propriedades das funções intelectuais do adulto e também à noção de que as funções psicológicas superiores poderiam ser justificadas por combinações de princípios oriundos da psicologia animal, em especial aqueles que representam uma combinação mecânica das leis do tipo estímulo-resposta.

Apesar destas diversas objeções, Vigotski parte do modelo de díade entre estímulo-resposta para desenvolver suas ideias em relação às funções superiores. Assim, propõe a inserção do instrumento X para mediar a relação entre os elementos A e B (que representam estímulo e resposta, respectivamente). Este modelo foi representado na Figura 1.

Figura 1: Relação mediada pelo instrumento, extraída de Vigotski (2004, p.95)

Neste momento, um percurso novo se estabelece incluindo a passagem pelo instrumento mediador X. Este percurso permite duas novas conexões A-X e B-X.

Este instrumento mediador descrito por Vigotski pode ser de vários tipos. Pode ser um sistema de contagem, uma técnica mnemônica, um símbolo algébrico, uma obra de arte, um esquema, diagrama, mapa, desenho e todos os tipos de signos convencionais (VIGOTSKI, 2001). Para tornar mais clara esta inserção, pode-se entender o mesmo triângulo de Vigotski em termos de sujeito, instrumento e objeto:

Figura 2: Relação mediada entre sujeito e objeto

Vamos considerar um exemplo bastante simples para ilustrar esta proposição: o casaco de João nos lembra João. O casaco está fazendo papel de instrumento entre o sujeito (nós) e objeto (João), ele é o instrumento que exerce uma função de estímulo relacionada à função de significação.

É desta maneira que a interposição do instrumento faz com que o novo percurso estabelecido reestruture e reorganize a relação entre os elementos, transformando a base do problema e permitindo outros modos de comportamento. Vigotski inseriu formas sociais de regulação para interpretar o comportamento e a própria formação da personalidade. Afinal, a capacidade do sujeito de criar e utilizar signos, ou seja, de significar sua realidade, quando em interação com o mundo e com seus semelhantes, implica no desenvolvimento das funções mentais e emocionais, tornando-o humano.

Sobre a função de significação associada ao instrumento, esta é uma das partes fundantes da abordagem de Vigotski: o significado, participante do processo de mediação homem-mundo, é justamente o eleito pelo psicólogo como unidade de análise. Não se trata de um elemento interior, individual. O significado é entendido como fruto da relação social-cultural-histórica, responsável por alimentar a tensão dialética existente entre interno-externo e por colocar o individual e o social em contato (VIGOTSKI, 2001).

Voltaremos a tratar da significação no item 2.6.

2.3.2 Internalização e zona do desenvolvimento proximal

Em resumo, interagimos e compreendemos o mundo não de forma direta, mas *mediada*. Isto é, a relação entre o sujeito e o mundo se estabelece com a interposição de sistemas simbólicos, também designados de instrumentos, que podem ser materiais ou não, através dos quais modos historicamente e culturalmente existentes são *internalizados*. A mediação é, novamente, um processo que caracteriza a relação entre homem-mundo, homem e outros seres, tendo papel fundamental no desenvolvimento das funções psicológicas superiores (VIGOTSKI, 2001).

A *internalização* mencionada aqui constitui outro conceito fundamental da abordagem vigotskiana, correspondendo ao processo responsável pelo estabelecimento de contato entre as esferas social e individual, num movimento que permite a apropriação de conceitos, significados, possibilitando a apropriação da experiência social da humanidade. Nas palavras de Davidov e Zinchenko (1993), a internalização é determinada pela transição da realização conjunta de uma atividade para a realização individual.

Engeström (1999) destaca a respeito das concepções de *mediação* e *internalização* de Vigotski, que estes não constituíram apenas termos psicológicos, mas que romperam com a ideia de separação entre o indivíduo e a sua cultura, sociedade.

Nesta perspectiva, o movimento entre as esferas social e individual, possibilita o processo da internalização de conceitos e práticas sociais e configura uma “região” designada por Vigotski de *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP).

Neste momento, antes de descrevermos a ZDP, é importante explicitarmos, ainda que de forma breve, a maneira como o psicólogo concebe a questão da aprendizagem e do desenvolvimento.

As noções de aprendizagem e desenvolvimento são entendidas de forma separada, não sendo coincidentes entre si, mas interdependentes. O aprendizado é essencial para o processo de desenvolvimento das funções mentais superiores: ele suscita e movimenta o

desenvolvimento, sendo dependente das condições dadas ao desenvolvimento em questão (OLIVEIRA, 2003).

O desenvolvimento é compreendido como dotado de dois níveis: *nível de desenvolvimento real* e *nível de desenvolvimento potencial*.

O nível de desenvolvimento real se refere à capacidade da criança de realizar tarefas de forma independente. Tratam-se daquelas etapas, habilidades ou funções já conquistadas por ela até aquele momento. Por exemplo: saber amarrar sapato, andar de bicicleta, resolver determinado problema matemático. Já o nível de desenvolvimento potencial refere-se à capacidade da criança de desempenhar tarefas mediante ajuda de companheiros mais experientes.

Posto a existência destes dois níveis – real e potencial, a zona de desenvolvimento proximal é definida como sendo a distância entre ambos - entre aquilo que a criança é capaz de fazer e aquilo que realiza em colaboração com outros elementos de seu grupo social. Assim, a ZDP representa um domínio psicológico em constante transformação: o que uma criança é capaz de fazer com a ajuda de um parceiro mais capaz hoje, poderá fazer sozinha amanhã. O aprendizado desperta processos de desenvolvimento que, aos poucos, vão tornar-se parte das funções psicológicas consolidadas do indivíduo (OLIVEIRA, 2003; REGO, 2008).

Na metáfora abaixo, o psicólogo ilustra a importância de se avaliar uma criança a luz destes dois níveis de desenvolvimento:

O estado de desenvolvimento nunca é definido somente pelo que está maduro. Se o jardineiro decidir avaliar somente os frutos maduros ou colhidos da macieira, não poderá determinar o estado de seu pomar. As árvores em amadurecimento também devem ser levadas em consideração. O psicólogo não deve limitar sua análise a funções que já amadureceram. Deve considerar aquelas que estão em processo de amadurecimento. Se quiser avaliar plenamente o estado de desenvolvimento da criança, o psicólogo deve considerar não somente o nível atual de desenvolvimento da criança, mas a zona de desenvolvimento proximal (VIGOTSKI 1987, p. 208-209, apud NEWTON E HOLZMAN, 2002, p. 72).

É nesta perspectiva que a questão do aprendizado e do desenvolvimento se inter-relaciona com as concepções de *mediação*, *internalização* e *ZDP*. Na interação com as outras pessoas e elementos participantes do grupo social a criança é capaz de colocar em movimento vários processos de seu desenvolvimento que, sem a ajuda externa seriam muito difíceis de ocorrer. Tais processos são internalizados num espaço de elaborações

compartilhadas (ZDP) e passam a fazer parte das aquisições do seu desenvolvimento individual.

Desta forma, retoma-se a ideia de que o homem não nasce pronto e acabado, mas se humaniza participando necessariamente de um processo social, histórico e cultural, como ocorre na ZDP, por exemplo. Com base em suas atividades e vivências em sociedade, mediante processos de comunicação, socialização e educação, o sujeito apropria-se da experiência humana, internalizando-a e transformando-a em sua própria experiência individual.

2.4 Abordagem dialética

Como mencionamos, as ideias de Vigotski promoveram uma ruptura com a noção de separação entre indivíduo e sociedade. Esta visão de mundo está relacionada a uma perspectiva dialética de realidade, que vamos discorrer sucintamente neste item.

Desde muito cedo a filosofia se preocupou em compreender como o ser humano se relaciona com as coisas do mundo, com a natureza, a vida. Trata-se da importante relação sujeito-objeto, amplamente discutida em abordagens diversas ao longo da história do conhecimento.

Destas abordagens, a dialética, especificamente a *dialética marxista* ou o *materialismo histórico dialético* é a que mais nos interessa neste trabalho, por conta do aporte teórico de Vigotski. Contudo, na Grécia antiga, o termo *dialética* já era bastante usado, entendido como arte do diálogo, ou como arte de demonstrar teses por meio de argumentações capazes de definir conceitos envolvidos numa discussão (KONDER, 2012). Como mostra Pazello (2011), podemos falar em dialéticas, pois há muitas abordagens para ela, como a de Sócrates, Platão, etc.

Vamos iniciar citando o pré-socrático Heráclito de Éfeso, cujas ideias já trazem traços fundamentais da dialética marxista. Diferente de Platão que pensava alcançar a verdade pelo diálogo, pressupondo pelo menos duas instâncias iguais, sob um princípio de identidade, Heráclito afirmava o diálogo ocorrer somente entre os diferentes, sendo a diferença portadora do conflito e condutora do diálogo. Para o filósofo, a realidade era entendida como um perpétuo vir a ser, um constante movimento das coisas, que são ao mesmo tempo elas mesmas e também as coisas contrárias, se transformando umas nas outras:

“vida ou morte, sono ou vigília, juventude ou velhice são realidades que se transformam umas nas outras. (...)”

Um homem não toma banho duas vezes no mesmo rio. Por que? Porquê da segunda vez não será o mesmo homem e nem estará se banhando no mesmo rio (ambos terão mudado)”. (KONDER, 2012, p. 8).

Nas ideias de Heráclito encontram-se já presentes os pólos *tese* e *antítese*, explorados por Hegel junto da *síntese*. Em relação a estas ideias, os gregos as viam como abstratas e perturbadoras, principalmente no que diz respeito ao movimento, a mudança, a instabilidade do ser. Afinal, o que poderia justificar que o homem deixava de ser aquilo que era, para ser algo que antes não era? (KONDER, 2012).

Desta maneira, os gregos tenderam para abordagem metafísica de Parmênides, contemporâneo de Heráclito. Parmênides sustentava que o movimento era superficial e ilusório, enquanto a essência do ser imutável. Esta visão prevaleceu sobre a dialética de Heráclito, pois correspondia aos interesses das classes dominantes, interessadas na manutenção do regime social vigente, por meio do fortalecimento das instituições existentes e de seus valores (NOVELLI & PIRES, 1996).

Desta forma, a posição dialética foi bastante reprimida ao longo da história, sendo que, para sobreviver, teve de renunciar à suas expressões mais drásticas e se conciliar à metafísica. Durante a Idade Média, por exemplo, muitos teólogos, influenciados por textos gregos, consideraram a dialética como um exercício de contraposição de ideias até se chegar a um conceito que fosse correspondente à fé cristã, irrefutável racionalmente (PIRES, 1997).

Avanços na dialética de Heráclito puderam ser notados de modo pontual e vagaroso, em especial, na época da renascença e do iluminismo. Com o antropocentrismo renascentista, o pensamento filosófico se desvinculou de dogmas religiosos e, no século XVIII, com Iluminismo, noções de conflitos e contradições sociais ganharam força, quando foram consideradas responsáveis por mover tanto a política quanto a própria sociedade nas ideias dos filósofos franceses, como Diderot e Rousseau por exemplo (PIRES, 1997).

Contudo, foi com o alemão Hegel que a concepção dialética foi retomada como importante objeto de estudo da filosofia. Partindo das ideias de Kant sobre a capacidade de intervenção do homem na realidade, Hegel debruçou-se na questão da dialética como um método, propondo uma oposição ao dualismo dicotômico sujeito-objeto e ao princípio da identidade, buscando a valorização das contradições e da historicidade (NOVELLI; PIRES, 1996). De acordo com Hegel, a contradição não era somente uma dimensão essencial na consciência do sujeito do conhecimento, como afirmava Kant, mas era um princípio básico que não poderia ser suprimido nem da consciência do sujeito nem da realidade objetiva (KONDER, 2012).

De acordo com Konder (2012), Lukács, em sua obra “o jovem Hegel”, afirma que, na obra de Hegel, não há somente uma reflexão sobre a revolução francesa, mas sobre a revolução industrial que vinha se realizando na Inglaterra. É neste contexto que Hegel vai interpretar a questão do *trabalho* como a mola impulsionadora do desenvolvimento humano. É no trabalho que o homem produz a si mesmo e por onde se compreende suas atividades de criação. Para Hegel, é graças ao trabalho que o ser humano pode se desgrudar da natureza, permitindo a existência da relação sujeito-objeto (KONDER, 2012).

No caminho trilhado por Hegel, Karl Marx, incorpora suas ideias, prossegue e aprofunda a elaboração do método dialético, conferindo a ela um caráter materialista e histórico. Marx considerava que Hegel tratava a dialética apenas de modo ideal, no plano do espírito e das ideias. Assim, diferentemente dele, buscou superar a dicotomia da separação entre o sujeito e objeto trabalhando a dialética junto à sua materialização (PIRES, 1997).

O método materialista histórico-dialético caracteriza-se pelo movimento do pensamento através da materialidade histórica da vida dos homens em sociedade, isto é, trata-se de descobrir (pelo movimento do pensamento) as leis fundamentais que definem a forma organizativa dos homens durante a história da humanidade. Nesta perspectiva, contradições são aceitas e necessárias para que seja pensada a realidade, e para que se aprenda dela o que é essencial (ibidem, 1997).

Neste sentido, a dialética, na acepção moderna, é o modo de pensar as contradições da realidade, de se compreender a realidade como essencialmente contraditória e em permanente transformação: “a força da dialética enquanto lógica está em sua capacidade de relacionar a objetividade do conteúdo dos conceitos e teorias da ciência com sua mutabilidade, instabilidade” (KOPNIN, p.82). A dialética negar-se-ia ela mesma, caso cristalizasse suas sínteses, recusando-se a revê-las. Em outras palavras, dialética é uma maneira de pensar elaborada em função da necessidade do reconhecimento constante da emergência do novo na realidade humana (KONDER, 2012).

Esta perspectiva é para nós como um cenário no qual visualizamos as ideias de Vigotski no que diz respeito à aprendizagem de conceitos.

2.5 Método da ascensão ao concreto

De acordo com Kosik (1985), a realidade do “perpétuo vir a ser” que Heráclito já descrevia, não se manifesta imediatamente o homem em sua essência, de modo que, para que se compreenda a realidade - “a coisa em si”, é necessário certo esforço:

A essência - ao contrário dos fenômenos - não se manifesta diretamente, e desde que o fundamento oculto das coisas deve ser descoberto mediante uma atividade peculiar, tem de existir a ciência e a filosofia. Se a aparência fenomênica e a essência das coisas coincidissem diretamente, a ciência e a filosofia seriam inúteis. (KOSIK, 1985, p. 13)

Nesta perspectiva, a realidade permanece em constante transformação, de forma que, a construção do conhecimento humano será interpretada por meio de um interessante e peculiar método que ficou conhecido por “ascensão do abstrato ao concreto”.

Ilyenkov (1977) considera que o contato imediato com o mundo pelo pesquisador, a partir do concreto, junto a sua contemplação e experimentação, produz dados e generalizações empíricas, que devem ser revistas, retrabalhadas pelo sujeito, gerando um movimento pelo qual o pensamento humano se torna capaz de reproduzir o sistema de relações internas que dão origem ao objeto. Trata-se de um movimento contínuo de redução ao abstrato e ascensão ao concreto real: o concreto é o ponto de partida e de chegada de todo um processo mediado por uma redução, na qual, por meio da racionalidade, elementos do concreto primitivo são isolados para que sejam transformados. Logo, busca-se ultrapassar a aparência em questão, o imediato, o observável, procurando por nexos e relações constituintes da realidade. A ascensão reside na volta ao concreto real, ou concreto complexificado, qualitativamente diferente do primeiro concreto, no qual se fazem presentes toda a complexidade e as contradições inerentes à realidade humana (KOSIK, 1985).

Também sobre conhecer e transformar o concreto, em Kopnin (1978) encontramos as palavras de Lenin:

para conhecer realmente o objeto, é preciso abrangê-lo, estudar todos os seus aspectos, todas as relações e mediações. Nunca conseguiremos isso plenamente, mas a exigência da multilateralidade nos prevenirá contra erros e necrose. Isto, em primeiro lugar. Em segundo, a lógica dialética exige que se tome o objeto em seu desenvolvimento, ‘automovimento’ (como Hegel às vezes dizia), em mudança... Em terceiro lugar, toda prática humana deve incorporar-se à plena ‘definição’ do objeto, quer como critério da verdade, quer como determinante prático da relação entre o objeto e aquilo de que o homem necessita. Em quarto lugar, a lógica dialética ensina que não há verdade abstrata, que a verdade é sempre concreta’... (LENIN, *apud* KOPNIN, pág. 82).

Em relação aos termos *abstrato* e *concreto*, segundo Ilyenkov (1960) trata-se de categorias que possuem significados bastante definidos na lógica dialética, estando intrinsecamente vinculadas à concepção materialista-dialética da relação do pensamento com a realidade, por exemplo. Influenciado por Hegel, Ilyenkov vê o concreto como “o conflito

próprio do mundo real”. Tal conflito não é visto como algo negativo, mas como a mola propulsora para o entendimento da própria realidade (PAZELLO, 2011). A categoria de abstrato é entendida não como um mero produto da atividade mental, algo “puramente ideal”, que ocorre somente no cérebro do homem. Na lógica dialética, “a tarefa da abstração não é separar uns dos outros os indícios sensorialmente perceptíveis, mas através deles descobrir novos aspectos no objeto que traduzam as relações de essência” (KOPNIN, 1978, p. 161).

Na abordagem de Davidov (1990), o autor descreve uma interdependência entre concreto e abstrato expressa nas chamadas generalizações empírica e teórica. A generalização empírica refere-se à seleção e isolamento dos atributos do chamado concreto-sensorial, ou seja, trata-se de um processo de indução - por meio da comparação o indivíduo separa de um grupo de objetos algumas propriedades que se repetem, pois a identificação do que é comum é sempre algo abstrato. Por isso, Davidov não considera a indução como processo final da formação de conceitos, porque tais aspectos abstratos, retirados de um contexto específico devem ser articulados novamente na realidade concreta.

Logo, o concreto não é entendido nesta perspectiva apenas sobre uma forma sensorial, uma vez indivíduo retira, isola e articula os elementos abstraídos de contextos diversos e passa a enxergá-los dialeticamente, como uma unidade na diversidade, uma parte pelo todo (PAZELLO, 2011). Para Davidov (1990), as generalizações empíricas não são capazes de reestabelecer sozinhas os nexos do concreto real, elas destacam aspectos do concreto-sensorial. Para que a compreensão do concreto real seja feita é necessário uma redução inicial à aspectos abstratos. Por isso a questão de haver dois processos: uma redução, do concreto-sensorial ao abstrato e uma ascensão, desses aspectos abstratos ao concreto real.

Kosik (1985) descreve um movimento em espiral neste processo:

O ponto de partida do exame deve ser formalmente idêntico ao resultado. Este ponto de partida deve manter a identidade durante todo o curso do raciocínio visto que ele constitui a única garantia de que o pensamento não se perderá no seu caminho. Mas o sentido do exame está no fato de que no seu movimento em espiral ele chega a um resultado que não era conhecido no ponto de partida e que, portanto, dada a identidade formal do ponto de partida e do resultado, o pensamento, ao concluir seu movimento, chega a algo diverso – conteúdo – daquilo que tinha partido. Da vital, caótica, imediata representação do todo, o pensamento chega aos conceitos, às abstratas determinações conceituais, cuja formação se opera o retorno ao ponto de partida; desta vez, porém, não como ao vivo, mas incompreendido todo da percepção imediata, mas ao conceito do todo ricamente articulado e compreendido. O caminho entre a “caótica representação do todo” e a “rica

totalidade das determinações das relações coincide com a compreensão da realidade” (KOSIK, 1985, p.29).

No método da ascensão do abstrato ao concreto, as generalizações teóricas são as rearticulações das conexões da realidade, ou seja, a compreensão de conceitos dentro de um sistema de conceitos (DAVIDOV, 1990).

Na esteira da compreensão da realidade como em constante transformação dialética, tem-se a questão do sujeito-objeto como pertencentes a uma mesma categoria ontológica. Afinal, como já dizia Heráclito, um mesmo sujeito não se banha duas vezes num mesmo rio: à medida que o homem transforma a natureza e o mundo, ele também se transforma. Sujeito-objeto estão, portanto, em constante transformação. Esta questão do outro dentro da *unidade sujeito-objeto*, que não é identidade, ganha uma importância fundamental nesta abordagem, ilustrada por Lefebvre (2013) no trecho a seguir:

O homem, portanto, só se desenvolve em relação a esse ‘outro’ de si mesmo, que ele traz dentro de si mesmo: a natureza. Suas atividades somente se exercem e progridem ao fazer surgir no centro da natureza um mundo humano. É o mundo dos objetos, dos produtos das mãos e do pensamento humano. Tais produtos não são o ser humano, mas somente seus ‘bens’ e seus ‘meios’. Existem somente por ele e para ele: não são nada sem ele, porque são exclusivamente a obra da atividade humana. Reciprocamente, o ser humano não é nada sem os objetos que o rodeiam e o cercam. No transcurso de seu desenvolvimento, ele se exprime e cria a si mesmo, através desse ‘outro’ de si mesmo, formando pelas coisas inumeráveis, que o próprio homem confeccionou. Ao tomar consciência de si mesmo, tanto como pensamento humano, quanto como individualidade, o homem não pode se separar de seus objetos, bens e produtos, se ele se distingue deles, ou mesmo opõe-se a eles, isso só pode ocorrer dentro de um relacionamento dialético; portanto, no interior de uma unidade (LEFEBVRE, 2013, p.44-45).

Assim, a alteridade, não deve ser apenas considerada como a consciência da existência do outro. Mas, também o fato de que o outro também nos constitui. É na relação com os outros que o homem se hominiza. Esse olhar de que homem-mundo transformam-se dialeticamente, torna o individual e o coletivo como uma unidade (mas não identidade), “O homem só se torna humano criando um mundo humano. É dentro de sua obra, que ele se torna ele mesmo, mas sem confundir-se com ela, embora não se separe dela”. (LEFEBVRE, 2013, p.46). Homem-mundo, sujeito-objeto tornam-se aqui um binômio inseparável, um mesmo objeto ontológico sujeito-objeto (PAZELLO & MATTOS, 2010).

2.6 Noção de conceito que vamos utilizar

O processo de formação de conceitos foi um tema de grande relevância nas proposições de Vigotski, uma vez que sintetiza suas principais ideias acerca do desenvolvimento humano: as relações entre pensamento e linguagem, o papel mediador da cultura na constituição do modo de funcionamento psicológico do sujeito e o processo de internalização dos significados elaborados socialmente (OLIVEIRA, 1993).

Com intuito de investigar a gênese e aprendizagem de conceitos, inicialmente Vigotski (2009) lançou mão de algumas tarefas experimentais descritas no capítulo cinco da obra *A Construção do Pensamento e da Linguagem* (2009), cujo método denomina-se “método funcional de dupla estimulação”, desenvolvido pelo colaborador L. S. Sákharov. Trata-se de um método que estuda o desenvolvimento das funções mentais superiores com o auxílio de duas séries de estímulos: um desempenha o papel de objeto da atividade e o outro o papel dos signos por meio dos quais se organiza a atividade. Basicamente, as crianças devem separar objetos com a mesma designação e, para tanto, terão de reconhecer nos objetos suas propriedades em comum, por meio do uso das palavras.

A seguir, apresentamos uma descrição deste método pelo autor e um desenho extraído de Vigotski (2001), que mostra as diferentes peças usadas neste experimento.

O material utilizado nos testes de formação de conceitos consiste em 22 blocos de madeira, de cores, formas, alturas, e larguras diferentes. Existem cinco cores diferentes, seis formas diferentes duas alturas (os blocos altos e os baixos) e duas larguras da superfície horizontal (larga e estreita). Na face inferior de cada bloco, que não é vista pelo sujeito observado, está escrita uma das *lag*, *bik*, *mur*, *cev*. Sem considerar a cor ou a forma, *lag* está escrita em todos os blocos altos e largos, *bik* em todos os blocos baixos e largos, *mur* nos blocos altos e estreitos, e *cev* nos blocos baixos e estreitos. No início do experimento todos os blocos, bem misturados quanto às cores, tamanhos e formas, estão espalhados sobre uma mesa à frente do sujeito... O examinador vira um dos blocos (a amostra), mostra-o e lê seu nome para o sujeito e pede a ele que pegue todos os blocos que pareçam ser do mesmo tipo. Após o sujeito ter feito isso... O examinador vira um dos blocos “erradamente” selecionados, mostra que aquele bloco é de um tipo diferente e incentiva o sujeito a continuar tentando. Depois de cada nova tentativa, outro dos blocos erradamente retirados é virado. À medida que o número de blocos virados aumenta, o sujeito gradualmente adquire uma base para descobrir a que características dos blocos as palavras sem sentidos se referem (VIGOTSKI, 2005, p.70 e 71).

Figura 3: Estudo da formação dos conceitos. Método de Sákharov (VIGOTSKI, 2001, p. 166)

Por meio destes experimentos, Vigotski pode focar sua atenção na função mediadora exercida pela palavra no processo de formação de conceitos, uma vez que palavra era vista como um meio utilizado pela criança para classificar objetos e resolver problemas. Assim, na formação de conceitos a palavra é um signo mediador que, em princípio tem a função de meio na formação conceitual e, posteriormente, torna-se o seu símbolo. A criança interage com os atributos presentes nos elementos do mundo real, sendo essa interação direcionada pelas palavras que designam categorias culturalmente organizadas. A linguagem internalizada passa a representar essas categorias e a funcionar como instrumento de organização do conhecimento.

O método de dupla estimulação revelou importantes aspectos em relação à aprendizagem de conceitos, como por exemplo, o fato de seu início ter sido detectado desde a infância. Além disso, um percurso genético não linear¹ do desenvolvimento do pensamento conceitual foi delineado e identificados alguns estágios: pensamento por sincréticos, por complexos, pseudoconceitos e conceitos.

Com relação a estas fases do desenvolvimento, à medida que o significado vai sendo desenvolvido pela criança pode-se observar a possibilidade de designar conceitos com outros conceitos, sendo alguns mais particulares, outros mais gerais, alguns mais concretos, outros mais abstratos. Vigotski (2001) recorre ao “emprego forçado de designações metafóricas, tomadas de empréstimo à geografia” (p. 365) para interpretar este aspecto. Nesta metáfora,

¹ Segundo OLIVEIRA (1992), ainda que Vigotski se refira a primeiro, segundo e terceiro estágio (e subdivisões), o terceiro estágio não aparece necessariamente consecutivo ao término do segundo: “é como se houvesse duas linhas genéticas, duas raízes independentes, que se unem num momento avançado do desenvolvimento para possibilitar a emergência dos conceitos genuínos” (OLIVEIRA, 1992, pag. 29).

ele se refere à concretude e abstração dos conceitos como correspondente a longitude, e às diferentes esferas da realidade a latitude:

Enquanto, na geografia, entre as linhas de longitude e latitude, entre os meridianos e paralelos existem relações lineares de tal forma que ambas as linhas só se cruzam em um ponto que determina simultaneamente a posição destas linhas no meridiano e no paralelo, no sistema de conceitos essas relações são mais complexas e não podem ser traduzidas na linguagem das relações lineares. Um conceito superior pela longitude, é ao mesmo tempo mais amplo por seu conteúdo; abrange toda uma área de linhas de latitude de conceitos a elas subordinados, área essa que possui uma série de pontos para ser definida. Graças a existência da medida de generalidade, para cada conceito, surge a sua relação com todos os demais conceitos, a possibilidade de transição de um dos conceitos a outros, o estabelecimento de relações entre eles por vias inúmeras e infinitamente diversas, surge a possibilidade de equivalência entre os conceitos (VIGOTSKI, p. 365-366, 2001)

Todavia, concordamos com Lago (2013) e Pazello (2011) sobre a polêmica da composição desta obra (*A Construção do Pensamento e da Linguagem*), uma vez que esta constitui uma compilação de textos de fases distintas do pensamento do autor. Por exemplo, no quinto e sexto capítulos ainda se mantêm algumas perspectivas de um pensamento lógico-formal. Porém, já o sétimo capítulo, apresenta-se uma perspectiva muito mais ligada ao materialismo dialético, apontado como um forte aliado ao estudo da formação e aprendizagem conceitual. Polêmicas a parte, este trabalho está baseado na abordagem vigotskiana alinhada ao materialismo dialético.

Esta visão dialética está ilustrada no parágrafo a seguir:

Um conceito real é a imagem da objetividade de algo em sua complexidade. Somente quando reconhecemos algo com todas as suas conexões e relações, e quando essa diversidade é sintetizada em uma palavra, em uma imagem integral através de uma multiplicidade de determinações, nós desenvolvemos um conceito. De acordo com o ensinamento da lógica dialética, um conceito inclui não só o geral, mas também o individual e particular. Em contraste com a contemplação, para o conhecimento direto de um objeto, um conceito é preenchido com determinações do objeto, é o resultado do processamento racional de nossa experiência, e é um conhecimento mediado do objeto. Pensar em um objeto com a ajuda de um conceito significa incluir o objeto em um complexo sistema de conexões mediadas e relações divulgadas em determinação do conceito. Assim, o conceito é o resultado de um longo e profundo conhecimento do objeto. (VIGOTSKI, 1998, p. 53)

Neste parágrafo, muitos pontos fundamentais são encontrados. Como já apontado por Lago (2013), quando o autor menciona a “multiplicidade de determinações”, verifica-se que

sua compreensão para conceito é de algo multifacetado e com diversos sentidos, sendo dinâmicos e socio-históricos por natureza: “como tais, eles não são nem unidades totalmente fixas de representação, nem representações mentais únicas, mas surgem, desenvolvem-se e vivem nas interações entre as pessoas que os criam e os usam” (NESSERIAN, 2012, *apud* LAGO, 2013, p. 245). Nota-se também que, o autor explora a tensão entre o geral e individual presente em um conceito, pois é determinado a partir do objeto concreto da experiência humana (LAGO, 2013).

Assim, na perspectiva Vigotskiana, conceitos são sistemas de relações e generalizações contidos nas palavras e que são determinados em processos históricos culturais. São construções oriundas da práxis humana e que são internalizadas pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento. Trata-se, portanto, de processos cognitivos dinâmicos e por isso não devem ser descritos como uma lista de atributos, dotados de propriedades suficientes, capazes de existirem de uma maneira isolada, imutável.

Com relação ao início da aprendizagem de conceitos pelo sujeito, como já mencionamos, Vigotski considera que ocorre muito cedo. Desde muito pequenas, através da relação com o meio físico e social, as crianças realizam uma série de aprendizados, observando, experimentando, imitando e recebendo instruções das pessoas mais experientes de sua cultura (REGO, 2008).

Podemos pensar no conceito de *tempo* como exemplo. Inicialmente, uma criança tem contato com a noção de tempo junto aos irmãos, adultos, familiares. É este primeiro contato que marca o início do desenvolvimento do pensamento, no que diz respeito à noção de tempo. A continuidade da interação da criança por meio do contato com os mais variados signos relativos, por exemplo o tempo, serão responsáveis pelo desenvolvimento do pensamento conceitual. É por isso que para Vigotski (2009) o aprendizado tem um início, mas nunca um fim. Segundo o autor:

O conceito começa a ser entendido não como uma coisa, mas como um processo, não como uma abstração vazia, mas como uma profunda e penetrante reflexão de um objeto da realidade em toda sua complexidade e diversidade, em conexões e relações que todo o resto da realidade (VIGOTSKI, 1998, p.54).

Por fim, neste trabalho, entenderemos os conceitos como participantes de um sistema complexo de relações, existindo em atividades que implicam certo *significado* e *sentido* a eles. Trataremos destes aspectos a seguir.

2.7 Sentido, significado e generalização

As maneiras pelas quais o homem constrói sentidos e significados para a realidade e para sua existência encontra ampla discussão na literatura, sobretudo nas diversas psicologias (BARROS *et al*, 2009). Segundo Smolka, Furlan e González Rey (2004), entre as diversas abordagens, um dos pontos em comum sobre o assunto é o fato de que, a significação e a atribuição de sentidos são condições humana para a experiência e existência humana no mundo.

Na abordagem de Vigotski, foco de atenção deste trabalho, em obras como “O significado histórico da crise da psicologia” (2004) e “A construção do Pensamento e da Linguagem” (2001), mais especificamente no sétimo capítulo desta última, pode-se encontrar um apanhado de reflexões existentes sobre relação entre linguagem e pensamento, até então tomadas como processos independentes. Frente a esta dicotomia, Vigotski adota uma perspectiva diferente: pensamento e palavra não estão completamente ligados, mas há um elo entre eles. Considerá-los separadamente seria como tentar explicar como a água consegue apagar o fogo decompondo-a como dois compostos isolados, hidrogênio e oxigênio (ficando surpresos ao perceber que o oxigênio mantém a combustão enquanto o hidrogênio é inflamável). Desta forma, o psicólogo defende que não é desejável compreender as propriedades da água a partir dos elementos que a compõe. Por isso, na maioria das vezes busca-se por uma melhor unidade a ser analisada, no caso, a própria molécula de água (VIGOTSKI, 2001). Assim, considerando que o significado da palavra se situa numa posição de interseção entre pensamento e linguagem, o psicólogo o elegeu como unidade de análise:

(...) encontramos no significado da palavra essa unidade que reflete da forma mais simples a unidade do pensamento e da linguagem. O significado da palavra, como tentamos elucidar anteriormente, é uma unidade indecomponível de ambos os processos, e não podemos dizer que ele seja um fenômeno da linguagem ou um fenômeno do pensamento. A palavra desprovida de significado não é palavra, é um som vazio. Logo, o significado é um traço indispensável da palavra. É a própria palavra vista no seu aspecto interior (VIGOTSKI, p. 398, 2001).

Nesta perspectiva, pensamento e palavra formam também uma unidade, uma unidade dialética. E a parte mínima capaz de conservar as características básicas do que se quer analisar encontra-se num aspecto interno da palavra: o seu *significado*. O significado reflete

a vinculação entre pensamento e linguagem, é nele que o pensamento e o discurso se unem, constituindo o pensamento verbal, conceitual.

Na direção apontada por Vigotski, Leontiev (1978) toma a significação como um reflexo da realidade independente da relação individual ou pessoal do homem a esta. Em outras palavras, o significado é interpretação compartilhada pelos sujeitos em sociedade, de forma a apresentar certa estabilidade e uniformidade. Significados são muitas vezes ditos “universais” devido à estabilidade das experiências humanas que são apropriadas,

Na perspectiva de Vigotski, em relação aos sentidos dos conceitos, Smolka (2004) destaca que

Os sentidos podem sempre ser vários, mas dadas certas condições de produção, não podem ser quaisquer uns. Eles vão se produzindo nos entremeios, nas articulações das múltiplas sensibilidades, sensações, emoções e sentimentos dos sujeitos que se constituem como tais nas interações; vão se produzindo no jogo das condições, das experiências, das posições, das posturas e decisões desses sujeitos; vão se produzindo numa certa lógica de produção, coletivamente orientada, a partir de múltiplos sentidos já estabilizados, mas de outros que também vão se tornando possíveis. No jogo e na história das relações e das práticas, determinados signos e sentidos se estabilizam como “mais validos” ou “mais verdadeiros”, se impõem e se tornam hegemônicos. (SMOLKA, 2004, p. 45-46).

Desta maneira, sentidos podem ser interpretados como significados de certas palavras para cada sujeito, composto por relações que dizem respeito ao contexto de uso desta palavra e às vivências afetivas do sujeito (DALRI, 2010). Assim, o sentido refere-se, portanto, à forma como cada palavra ressoa para cada pessoa, sendo negociado em momentos particulares. Nas palavras de Vigotski,

o sentido de uma palavra é a soma de todos os fatos psicológicos que ela desperta em nossa consciência. Assim, o sentido é sempre uma formação dinâmica, fluida, complexa, que tem várias zonas de estabilidade variada. O significado é apenas uma dessas zonas do sentido que a palavra adquire no contexto de algum discurso e, ademais, uma zona mais estável, uniforme e exata. (VIGOTSKI, 2001, p. 465)

Como exemplo, podemos pensar no conceito de *alimento*. Vamos considerar um pedaço de carne diante de uma pessoa vegetariana e outra não-vegetariana. Ainda que ambas reconheçam na palavra carne o significado de alimento, os sentidos atribuídos à ela podem ser bastante distintos. Por exemplo, enquanto uma atribui à carne o sentido de objeto de

prazer alimentar, a outra pode atribuir o sentido de um animal morto, e, portanto, não ingerível, não classificável como “alimento”.(SODRÉ, 2008).

Também nesta mesma perspectiva, BARROS *et al.* (2009) sintetiza que, para Vigotski, “sentido” pode ser considerado como um acontecimento semântico particular, constituído em meio às relações sociais, onde uma gama de signos é posta em jogo, permitindo a emergência de processos de singularização em uma trama interacional histórica e culturalmente situada” (BARROS, *et al.* 2009, p.179).

Um importante aspecto desta interpretação é o de que sentidos e significados não estão localizados na mente humana, nem na natureza, no mundo, mas são produzidos e se encontram nas práticas sociais, nas cadeias de atividades humanas.

Outro aspecto fundamental da noção de significado é o da generalização. Para Vigotski (2001) o significado de uma palavra não pode ser desvinculado da generalização, pois:

generalização e significado da palavra são sinônimos (...) toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível do pensamento (...) a descoberta da mudança do significado das palavras e do seu desenvolvimento (...) permite, pela primeira vez, superar definitivamente o postulado da constância e da imutabilidade do significado da palavra” (VIGOTSKI, 2001, p.398-399)

Afinal, palavra é “a generalização nela contida como modo absolutamente original de representação da realidade na consciência” (VIGOTSKI, 2001, p. 407).

O segundo aspecto corresponde à questão de que, sendo os sentidos, atribuídos aos conceitos, menos estáveis de que seus significados, a generalização, por sua vez, pode ser interpretada de modo inadequado, como a mais estável e universal dos três, sendo invariante em relação ao contexto.

Rodrigues (2009) explica que, apesar de conceitos terem validade para uma classe de elementos, ao tomar-nos um conceito como um produto acabado, “generalizado”, , este passaria a ser considerado como se existisse independentemente de quaisquer contextos. A generalização, sob essa visão, caracteriza-se como o estágio final do “divórcio com o concreto”. “Nesta perspectiva, a aprendizagem de conceitos científicos é associada a um processo que leva sempre a mesma compreensão dos conceitos científicos” (RODRIGUES, 2009, p.117). Além disso, Pazello & Mattos (2010) também fazem uma expressiva crítica sobre a noção de generalização como processo de *descontextualização*, mostrando que o conceito, na perspectiva de um Vigotski materialista dialético, não deve ser entendido como

algo absoluto, como se fosse independente de contexto. Dessa forma, a generalização não representa o final do processo de conceituação, nem um processo de busca por um universal, por um conceito cujo sentido seja invariante em relação ao contexto.

Da forma proposta por Pazello (2011) e Pazello & Mattos (2010), a generalização vigotskiana é um processo de *hipercontextualização* e não de descontextualização, ou seja, é um processo de reconhecimento da possibilidade de múltiplos contextos e, conseqüentemente, de múltiplos sentidos que tais entidades podem adquirir nas práticas sociais humanas. Assim, partimos de concretos imediatos, que são contextos particulares, realizamos simplificações para uma forma abstrata particular, com a qual podemos identificar novas relações que nos permite voltar ao concreto inicial que é transformado em um concreto complexificado que comporta múltiplos contextos. Desta forma, o processo de formação de conceitos não se constitui na busca da construção de abstrações puras, nem tampouco na busca de formas cada vez mais descontextualizadas e independentes da atividade humana, mas pelo contrário, na busca de articulações cada vez mais complexas entre os elementos da realidade concreta que se modifica continuamente.

Nesta perspectiva, a aprendizagem constitui-se então de um contínuo reconhecimento do mundo mediado pelo pensamento teórico que emerge da práxis humana. Na lógica dialética este é o processo de ascensão de elementos abstraídos (isolados) de um concreto primeiramente sensorial e sua rearticulação para enxergarmos o concreto complexificado. Isto é, generalização é o próprio processo de formação de conceitos, uma vez que o conhecimento será construído por meio de um processo contínuo de estabelecimento de relações com o concreto. É por este processo que se pode fazer *generalizações* de modo a, continuamente, transcender a experiência sensorial imediata.

2.8 Vigotski e os domínios genéticos

Como mencionamos anteriormente, Vigotski se empenhou em elaborar uma teoria psicológica que estivesse fundamentada na concepção marxista de ser humano, de sociedade e de história.

Para retomarmos um pouco destas ideias, iniciaremos este tópico com uma reflexão encontrada no artigo *Sobre o papel do trabalho na transformação do macaco em homem*, escrito por Engels (1976), principal colaborador de Marx.

Neste texto, Engels inicia sua abordagem com uma descrição feita por Darwin sobre grupos de macacos que, há centenas de milhares de anos, em alguma zona tropical, eram

cobertos de pelos, tinham barbas, orelhas pontiagudas, viviam em árvores e formavam manadas.

Acredita-se que tal grupo tenha se dividido em outros e, aos poucos, deixaram de utilizar as mãos para caminhar, adotando uma posição mais ereta, levando ao surgimento de várias espécies de macacos bípedes. Ao longo do artigo, Engels enfatiza a relevância alcançada pelas mãos livres das criaturas e a sua relação com o trabalho, permitindo o exercício de funções cada vez mais diversificadas, como recolher e sustentar os alimentos, empunhar um pedaço de pau para se defender de inimigos, cortar frutos, etc. Ele diz:

Mesmo entre os macacos existe já certa divisão de funções entre os pés e as mãos. (...) Mas aqui precisamente é que se percebe quanto é grande a distância que separa a mão primitiva dos macacos, inclusive os antropóides mais superiores, da mão do homem, aperfeiçoada pelo trabalho durante centenas de milhares de anos. O número e a disposição geral dos ossos e dos músculos são os mesmos no macaco e no homem, mas a mão do selvagem mais primitivo é capaz de executar centenas de operações que não podem ser realizadas pela mão de nenhum macaco. Nenhuma mão simiesca construiu jamais um machado de pedra, por mais tosco que fosse. (...) Antes de a primeira lasca de sílex ter sido transformada em machado pela mão do homem, deve ter sido transcorrido um período; e tempo tão longo que, em comparação com ele, o período histórico por nós conhecido torna-se insignificante. Mas havia sido dado o passo decisivo: a mão era livre e podia agora adquirir cada vez mais destreza e habilidade; e essa maior flexibilidade adquirida transmitia-se por herança e aumentava de geração em geração. (ENGELS, 1977, p. 3).

Da citação acima destacaremos dois aspectos. O primeiro deles é que as mãos do macaco e do homem não parecem tão diferentes do ponto de vista biológico. O que o autor considera essenciais são as operações e o trabalho que estas mãos, agora livres, conseguem executar.

O segundo aspecto que ressaltaremos é a existência de escalas de tempos distintas atuando durante a transição entre macacos e homens. O autor comenta que a escala de desenvolvimento biológico possui um ritmo de passagem mais lento que a escala histórica, (ou sócio-histórico-cultural). Desta maneira, no desenvolvimento humano, além das transformações físicas (como formato das orelhas, posição ereta, etc.) transcorre também, em ritmo diferente, transformações psicológicas por conta da vivência destas criaturas em uma sociedade organizada com base no trabalho.

Sobre a escala de tempo histórica, baseando-se em dados da paleoantropologia, Leontiev (1978) argumenta que se trata de um longo processo que compreende toda uma série de estágios.

O primeiro estágio refere-se à *preparação biológica do homem*, tendo início no fim do terciário e início do quaternário. Seus representantes eram os Australopitecos, que levavam uma vida gregária, conheciam a posição vertical e serviam-se de utensílios rudimentares, não trabalhados. É provável que tivessem meios bastante primitivos de comunicação. Neste estágio, considera-se que as leis da biologia estavam sobre o comando.

O segundo estágio foi designado de *passagem ao homem*. Inicia-se com o aparecimento do Pitecantropo à época do homem de Neanderthal. Nesta etapa tem-se o início da fabricação dos instrumentos e pelas primeiras formas, ainda embrionárias de trabalho e de sociedade. Leontiev (1978) afirma que a formação do homem ainda estava submetida, neste estágio, às leis biológicas, pois continuava a traduzir-se por alterações anatômicas transmitidas de geração em geração pela hereditariedade. Contudo, ao mesmo tempo, elementos novos apareciam no seu desenvolvimento. Começavam a produzir-se, sobre a influência do desenvolvimento do trabalho e da comunicação pela linguagem que ele suscitava, modificações na constituição anatômica do homem, do seu cérebro, dos seus órgãos dos sentidos, nas mãos e nos órgãos da linguagem. Assim, um aspecto bastante importante desta fase é que o desenvolvimento biológico torna-se dependente do desenvolvimento da produção.

Desta maneira, o homem se desenvolvia sobre duas leis: as leis biológicas, em virtude das quais seus órgãos se adaptaram às condições e as necessidades da produção, e às leis sócio-históricas, que regiam o desenvolvimento da própria produção e os fenômenos que ela engendra. O trecho a seguir de Engels (1986) parece ilustrar esse estágio:

(...) vemos pois, que a mão não é apenas o órgão do trabalho; é também, produto dele. Unicamente, pelo trabalho, pela adaptação a novas e novas funções, pela transmissão hereditária do aperfeiçoamento especial assim adquirido pelos músculos e ligamentos e, num período mais amplo, também pelos ossos; unicamente pela aplicação sempre renovada dessas habilidades transmitidas a funções novas e cada vez mais complexas foi que a mão do homem atingiu esse grau de perfeição que pode dar vida, como por artes de magia, aos quadros de Rafael, às estátuas de Thordwaldsen e à música de Paganini (ENGELS, 1986, p.7).

A formação do homem passa então por um terceiro estágio: a viragem, momento no qual o desenvolvimento humano se torna menos dependente das mudanças biológicas,

transmitidas por hereditariedade. Agora, Leontiev (1978) afirma que leis sócio históricas também regerão a evolução do homem. De acordo com o antropólogo soviético I. I. Roguinski (1955, *apud* LEONTIEV, 1978, p.263), a viragem representa um divisor de águas na medida em que, se anteriormente a atividade do trabalho estava estreitamente ligada à evolução morfológica, neste terceiro estágio, para o homem atual, acabado, o trabalho não mantém relação com a progressão morfológica (LEONTIEV, 1978, p. 263). Entretanto, é importante destacar que tal divisor de águas pode dar a ideia de uma transformação dualista, em que, a partir de um determinado instante ocorreram profundas alterações que transformaram macacos em homens. De fato, esta não é a ideia defendida por Leontiev (1978). A questão da “viragem” deve ser compreendida não como um marco pontual na vida daquelas criaturas, mas como uma “janela” de tempo larga, um intervalo de tempo grande em que diversos processos de transformação ocorreram. O humano então formado já possuía todas as propriedades biológicas necessárias ao seu desenvolvimento sócio histórico:

A passagem do homem em uma vida em que a sua cultura é cada vez mais elevada não exige mudanças biológicas hereditárias. O homem e a humanidade libertaram-se, do despotismo da hereditariedade e podem prosseguir o seu desenvolvimento num ritmo desconhecido do desenvolvimento animal. E efetivamente, no decurso de quatro ou cinco dezenas de milênios que nos separam dos primeiros representantes do *homo sapiens*, as condições históricas e o modo de vida dos homens sofreram, em ritmos sempre mais rápidos, mudanças sem precedentes. Todavia, as particularidades biológicas da espécie não mudaram ou, mais exatamente, as suas modificações não saíram dos limites de variações reduzidas (LEONTIEV, 1978, p. 264).

Leontiev (1978) não considerava o homem subtraído do campo de ação biológica, mas reconhecia as modificações biológicas hereditárias agindo concomitantes ao desenvolvimento sócio-histórico do homem e da humanidade. Contudo, é importante frisar que, de um ponto de vista sócio-histórico-cultural, as necessidades e habilidades de viver em um ambiente transformado pelo trabalho são consideradas as características específicas da espécie humana. Tais habilidades e transformações possuem um mecanismo peculiar de transferência de geração em geração, que se dá por meio da capacidade de criação e utilização de artefatos culturais. Esta mediação realizada por meio de artefatos culturais é considerada fundamental nos processos psicológicos tipicamente humanos.

Desta maneira, a tese da constituição cultural dos processos humanos, a visão de desenvolvimento, do macaco ao homem cultural e a preocupação com a dimensão histórica, levaram Vigotski a considerar a exigência de análises simultâneas em vários níveis

temporais, delineando estágios históricos de desenvolvimento dos fenômenos mentais, designados *domínios genéticos*, o que constitui o chamado *método genético*. Assim, para Vigotski, o comportamento do homem cultural é produto de linhas ou escalas de desenvolvimento e, portanto, apenas pode ser cientificamente explicado por meio da análise destes caminhos que constituem a história do desenvolvimento humano.

Assim, qualquer fenômeno psicológico humano é interpretado como oriundo da interação de processos que ocorrem em diferentes níveis de vida. Passaremos, neste momento, para a descrição deste método e de seus níveis, conforme nossas leituras de Wertsch (1985) e Leontiev (2004). Vale frisar que as ideias e reflexões descritas neste capítulo não são apenas minhas, mas foram feitas em conjunto, no interior do grupo de pesquisa ECCo, coordenado pelo prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos.

O método genético

De acordo com Wertsch (1996), no documento *Estudos sobre a História do Comportamento: o Macaco, o Primitivo e a Criança* (VIGOTSKI, 1993), pode-se encontrar uma boa fonte para compreensão do método genético de Vigotski referente ao comportamento e funcionamento mental. Para Wertsch (1996), qualquer proposição a respeito do comportamento humano deve ser feita com base em uma análise genética, capaz de examinar as origens dos processos mentais humanos e as transições sofridas até alcançar suas formas mais avançadas.

Desta forma, Vigotski identifica quatro escalas principais (ou domínios genéticos) no desenvolvimento do comportamento humano: a filogênese, a ontogênese, a história sociocultural (ou sociogênese) e a microgênese. Nestas escalas operam diferentes forças de desenvolvimento, cada qual com seu próprio conjunto de princípios explicativos específicos (WERTSCH, 1985). Apesar dessa perspectiva, interpretamos que o desenvolvimento humano deve ser entendido como *um contínuo* em que processos de desenvolvimento ocorrem em escalas de tempo distintas. A descrição de exatos quatro níveis foi, portanto, o modelo adotado pelo psicólogo que, segundo Wertsch (1996), ocorreu devido à sua atenção ao uso de instrumentos pelos macacos e à questão do trabalho, ao uso de signos psicológicos no homem primitivo e às linhas de desenvolvimento “psicológico-natural” e “psicológico-cultural” da criança².

² Sobre a interpretação de níveis, podemos citar Cole (1998) que, diferentemente de Wertsch (1985) trabalhou com um modelo de nível de desenvolvimento designado “mesogenético”: um domínio situado entre a escala microgenética empregada em estudos clássicos (em que é estudado a utilização

Wertsch (1996) salienta que tais escalas genéticas vigotskianas não estão numa relação de mero paralelismo, estando somente justapostas, mas há influência mútua entre elas. Todavia, afirma que Vigotski não descrevia a existência da sobreposição entre os domínios, o que é apontado como uma limitação da teoria, uma vez que pesquisas no campo da antropologia (como Geertz, 1973, *apud* Werstch 1985) mostram a convivência das diferentes escalas simultaneamente.

Van der Veer & Valsiner (2001) explicam que, não reconhecer a sobreposição entre a evolução biológica e a história humana é o mesmo que formular a chamada “teoria do ponto crítico”, na qual o desenvolvimento da capacidade de adquirir cultura é considerado uma ocorrência súbita na filogenia dos primatas. E assim, o desenvolvimento biológico é entendido como precursor do desenvolvimento cultural. Segundo estes autores, as teorias de Engels e Vigotski não parecem implicar neste ponto de vista. Engels, no artigo citado no início deste capítulo, evita expressamente a noção de ponto crítico ao explicitar a complexa interação entre as mãos, os órgãos sensoriais e o cérebro. Já Vigotski, embora às vezes aparente ter concepções próximas à noção do ponto crítico, em alguns documentos deixava claro sua concordância com a sobreposição entre as escalas:

O desenvolvimento do homem, como um tipo biológico, aparentemente já estava praticamente terminado no momento em que a história humana começou. Isto, é claro, não significa que a biologia humana tenha estacionado desde o momento em que começou o desenvolvimento histórico da sociedade humana... Mas essa mudança biológica da natureza havia se tornado uma unidade dependente e subordinada ao desenvolvimento histórico da sociedade humana (VIGOTSKI & LURIA, 1930a, p.70, *apud* VAN DER VEER & VALSINER, 2001, p. 220).

Para nós, a sobreposição dos domínios é, de fato, importante, e não deve ser negligenciada. Acreditamos que as escalas se influenciam mutuamente, contudo, a complexa influência de um domínio no outro exige um estudo particular, aprofundado, que está fora do escopo deste trabalho. Neste sentido, Engels (1986) menciona a dificuldade de explicar algumas relações e influências que parecem existir em alguns organismos do ponto morfológico, ou biológico. Por exemplo, de modo geral, a úngula fendida (casco presente nas patas) de alguns animais parece estar ligada à presença de estômago adaptado à ruminação e, gatos totalmente brancos e de olhos azuis, são quase sempre surdos.

de novos meios mediacionais quando crianças são confrontadas com um problema difícil), e a escala denominada macrogenética, que ele associa pela diferença histórica entre o camponês e as sociedades industrializadas.

Por fim, vamos aqui interpretar os quatro domínios reconhecidos por Vigotski - filogenético, ontogenético, sociogenético e microgenético, como campos de influência de sentidos, havendo superposição entre eles, ou seja, são domínios que existem simultaneamente, em escalas de tempo distintas, e que nos ajudam a entender o funcionamento psicológico humano.

2.8.1 Filogênese

De acordo com Wertsch (1985), os escritos de Vigotski sobre a filogênese prestam atenção à comparação entre macacos e humanos, baseando-se especialmente nas abordagens de Darwin e Engels e nos estudos de Köhler sobre a ação mediada nos chimpanzés.

Em suas investigações, Köhler procurava mostrar que o desenvolvimento psicológico avançaria também pela mesma rota evolutiva do desenvolvimento biológico: dos animais superiores para o homem. Contudo, vestígios das formas de comportamento humano presentes nas outras espécies de animais só poderiam ser investigadas se estas formas já estivessem previamente definidas pelos pesquisadores. Portanto, Köhler considerou que a invenção e utilização de instrumentos como sendo as características essenciais e distintivas do comportamento humano. Assim, buscou encontrar em seus estudos a existência de rudimentos destas formas em macacos antropoides, realizando experimentos entre 1912 e 1920 na ilha de Tenerife, na estação de antropoides, organizada pela Academia Prussiana de Ciências para este fim.

No primeiro capítulo da obra *Estudos sobre a História do Comportamento. Símios, Homem Primitivo e Criança*, Vigotski (1993) analisa alguns destes experimentos. Entre outros apontamentos, o psicólogo considera que, enquanto macacos pareciam ser “reféns” da situação em que se encontravam num determinado momento, seres humanos possuíam meios representacionais para ultrapassar tais limitações. É por isso que Vigotski defendia a ideia de que diferenças de funcionamento entre símios e humanos não se justificariam apenas por meio de mudanças baseadas na teoria evolutiva, mas deveriam ser examinadas por meio de outra perspectiva: aquela que envolve formas de mediação e mudanças associadas à vida psicológica e social.

Vigotski argumentou que o uso de ferramentas técnicas forneceu a fundação para a atividade socialmente organizada com base no *trabalho*, a forma peculiar de adaptação da natureza emergida no homem.

O trabalho, como considera Engels (1960), é o fator principal no processo de transição do macaco para o homem. “É a primeira condição fundamental de toda a vida

humana; e o é em tal grau que, em certo sentido, devemos dizer: o trabalho criou o próprio homem” (Engels, 1985, p. 4). Desta maneira, a hominização resultou da transformação daqueles seres primatas à seres que viviam em uma sociedade organizada com base no trabalho, modificando sua natureza e marcando profundamente o início de um desenvolvimento peculiar da espécie que, diferentemente do desenvolvimento dos animais, está submetido não às leis biológicas, mas às leis sócio-históricas.

(...) se olharmos para todo este estágio através do qual o macaco ingressa no desenvolvimento do comportamento, temos que dizer que o embrião da atividade de trabalho – o pré-requisito necessário de sua origem – existe no macaco sobre a forma do desenvolvimento da mão e do intelecto que, tomados conjuntamente, levam ao uso de instrumentos. Contudo, não encontraremos no macaco pré-requisitos de autocontrole ou uso de signos, ainda que primitivos. Estes, só aparecem no período histórico do desenvolvimento do comportamento humano e constituem o conteúdo principal de toda a história do desenvolvimento cultural (VIGOTSKI & LURIA, 1996, p.91).

Vigotski e Luria (1996) exemplificaram a atuação das leis sócio-históricas mencionando elefantes. Afirmam que, um elefante pode quebrar galhos de árvores e os utilizar para espantar moscas. Porém, o uso de galhos para combater moscas, provavelmente não desempenhou nenhum papel considerável no desenvolvimento da espécie: “elefantes não se tornaram elefantes pela razão de seus ancestrais matarem moscas com galhos. Não é o que se dá com o homem. Toda a existência de um aborígene australiano depende de seu bumerangue, do mesmo modo que toda a existência da moderna Inglaterra depende de suas máquinas. Tirar o bumerangue de um aborígene torna-o um agricultor e, então, ele terá necessariamente que mudar inteiramente seu estilo de vida, hábitos, todo seu modo de pensar, toda a sua natureza” (Vigotski & Luria, 1996, p. 88). Como ressalva, os autores comentam que, ainda que o uso de instrumentos seja incomparavelmente mais desenvolvido nos símios do que nos elefantes, mesmo no caso dos macacos, esses instrumentos ainda não desempenham papel decisivo na luta pela sobrevivência.

Como Wertsch (1988) observa, apesar dos argumentos sobre o papel da linguagem e dos instrumentos no desenvolvimento do trabalho remontarem escritos marxistas, a importância atribuída aos fenômenos semióticos é superior na obra de Vigotski. Se Marx sublinhou o aparecimento do trabalho e da produção organizados socialmente como elemento-chave para distinguir o ser humano dos outros animais, Vigotski atribuiu um papel fundamental ao aparecimento da fala.

Por fim, em termos práticos, é comum a associação do domínio filogenético com a história da espécie, etapa responsável por definir limites e possibilidades para a espécie, fornecendo um balizamento para as possibilidades humanas: como por exemplo, o fato de ser bípede, não voar, ter visão binocular e ser capaz de fazer configuração de pinça com as mãos. No entanto, é importante ressaltar dois aspectos. O primeiro é que, quando falamos em “história”, muitas vezes este termo é interpretado apenas no seu sentido de “passado”, como se apenas remetesse às transformações genéticas e morfológicas da época da transição entre macacos e homens. Para nós, a filogênese deve ser compreendida como uma constelação de eventos que se sucedem desde o passado e que continua seu desenrolar no momento presente. Afinal, nesta escala de tempo longa e ampla devemos conviver com mutações nas diversas sociedades, das quais, algumas, irão gradativamente promover transformações, com a tendência de vir abarcar o conjunto da humanidade.

O outro aspecto que vamos destacar é o fato de que as características e mudanças que surgem neste domínio não são apenas biológicas, mas também frutos do surgimento e desenvolvimento do trabalho e da linguagem das criaturas que viviam coletivamente, em sociedade. Não há, portanto, independência ou isolamento entre o desenvolvimento biológico, orgânico e o cultural. Como mencionamos, estas escalas influenciam-se mutuamente, estando em retroalimentação.

Assim, estamos então interpretando este domínio como referente à história da espécie, sendo influenciado diretamente pelos aportes de Darwin e Engels. Trata-se de um domínio que constitui um processo lento de transformações e mais amplo, pois circunscreve o conjunto da humanidade, sendo “registrado” no indivíduo na forma de novas combinações genéticas, passíveis de sofrer modificações ao longo dos séculos e milênios.

2.8.2 História sociocultural ou sociogênese

O domínio da história sociocultural compreende às alterações que se produzem nos processos mentais humanos relacionadas à organização social e cultural da sociedade. Nesta escala, Vigotski não se atém às alterações biológicas, mas aquelas que se produzem sócio-historicamente. O desenvolvimento sócio-cultural do indivíduo é considerado como desenvolvimento histórico, situado na história social humana. Assim, para que esse desenvolvimento ocorra, é necessário que o indivíduo se aproprie de produtos culturais. Como Duarte (2000) assinala, a cultura construída na história social humana transmitida pelos adultos às crianças, não é concebida na psicologia vigotskiana apenas como um dos fatores do desenvolvimento, mas como o seu fator determinante.

O trecho a seguir ilustra a importância dada pelo psicólogo aos aspectos sócio-históricos do desenvolvimento humano:

A evolução da espécie “*homo sapiens*”... procedeu em alguma outra esfera diferente do que a biológica, as características das espécies não foram acumuladas sob a forma de alterações morfológica, mas em qualquer outra forma. Tem sido uma esfera de vida social humana, uma forma de fixação de realizações das atividades humanas na experiência social e histórica da humanidade... O homem aprende com os erros, e ainda mais com os sucessos das outras pessoas, enquanto cada geração dos demais animais pode aprender exclusivamente a partir de seus próprios... É a humanidade como um todo, mas não um separado ser humano, que interage com o ambiente biológico; portanto tais leis da evolução como, por exemplo, a lei da seleção natural se tornar inválida dentro da sociedade humana. (VIGOTSKI, 1970, p.123-124, *apud* WERTSCH, 1985, p.31)

De acordo com Wertsch, (1985), as ideias deste domínio desempenharam um papel tão marcante na formulação da abordagem vigotskiana que, muitas vezes referem-se como abordagem de Vigotski como “sócio-histórica” ou “histórico-cultural”.

Para esta escala, o pensamento de Vigotski reflete principalmente as influências de Lévy-Bruhl (1919,1923), cujo interesse se centrava na distinção entre as funções mentais dos homens “primitivos” e dos indivíduos das sociedades modernas. Essa referência proporcionou a Vigotski descrições precisas do pensamento primitivo, necessárias para suas caracterizações e comparações entre culturas primitivas e funcionamento psíquico de crianças (VAN DER VEER & VALSINER, 2001).

Vigotski concordava com Lévy Bruhl sobre o fato de que os processos mentais superiores nos povos “primitivos” não eram inferiores, mas diferentes dos povos “culturais” ou “civilizados”. De fato, a ideia fundamental da teoria histórico-cultural não era a ordenação de diversos grupos étnicos, mas sim uma descrição dos diferentes estágios do desenvolvimento dos processos mentais superiores em relação às condições do desenvolvimento histórico (WERTSCH, 1993). Sobre este ponto de vista, é importante entendermos a interpretação de Vigotski sobre as chamadas funções elementares, rudimentares e superiores.

Retomemos que, de acordo com Newman & Holzman (2002) e Rego (2008), as funções psicológicas ou processos mentais superiores são mecanismos complexos e sofisticados como, por exemplo, lembrança voluntária, imaginação, ação intencional, uso da linguagem, elaboração conceitual, raciocínio dedutivo, etc. Já os processos considerados

elementares, são aqueles de origem biológica como reações automáticas, ações reflexas e associações simples³.

Posto que a sociogênese vai apontar para a questão das funções mentais humanas e a abordagem vigotskiana considera que tais funções devem ser entendidas de maneira *mediada*, torna-se evidente a necessidade de voltarmos a atenção para a questão da mediação.

Nesta direção, a fim de compreender o processo de mediação junto das funções superiores, Wertsch (1985) utiliza um termo relacionado à sua interpretação do processo de generalização de Vigotski⁴. De acordo com Wertsch (1985), da mesma maneira que as transformações biológicas estão fundamentadas em princípios relacionados à teoria da evolução, Vigotski pretendia explicitar um princípio que fosse capaz de substituir as leis darwinianas de evolução após a emergência da cultura no desenvolvimento humano. Assim, Wertsch (1985, p. 33) assinala que o psicólogo soviético chamou de “princípio de descontextualização dos instrumentos de mediação” o processo pelo qual os significados dos sinais (que são os instrumentos mediadores) tornam-se cada vez menos dependentes do contexto espaço-temporal no qual eles são utilizados.

Na abordagem de Wertsch (1985) este princípio foi ilustrado por meio das operações matemáticas. As formas de calcular observadas em homens primitivos eram fortemente dependentes do contexto, ou seja, o cálculo dependia da percepção de objetos em ambientes específicos. Tal relação não excluía a capacidade de fazer distinções mais precisas entre as quantidades, mas estas são baseadas em julgamentos sobre objetos perceptivelmente presentes.

³ Segundo Wertsch (1985), as funções mentais rudimentares e avançadas encontravam-se em termos de uma progressão genética, como uma gradação dentro do conjunto “funções mentais superiores”: “a estrutura de formas mais elevadas (avançadas) aparece em uma forma pura nesses fósseis psicológicos, esses remanescentes vivos de épocas anteriores. Estas funções rudimentares (superiores) nos revelam o estado prévio de todo o processo mental superior (avançado), revelam o tipo de organização que, em algum momento possuíram” (VIGOTSKI, 1960, p.108, *apud* WERTSCH, 1985, p.32, tradução nossa). Por isso, Wertsch (1985) afirma que, como estamos tratando de níveis de desenvolvimento dentro de funções mentais superiores, foi-lhe conveniente empregar os termos “funções mentais superiores rudimentares” e “funções mentais superiores avançadas”. Deste modo, tais denominações são consideradas distinções entre níveis de desenvolvimento dentro das funções mentais superiores. Tratam-se de polos extremos de um mesmo sistema de comportamento, designando limites dentro dos quais se distribuem todos os níveis e as formas de funções superiores. Assim, funções mentais rudimentares contêm as propriedades das funções superiores, porém, Vigotski considera que tais propriedades manifestam-se somente durante os períodos iniciais do desenvolvimento das funções mentais superiores (WERTSCH, 1985).

⁴ Não compartilhamos da compreensão de Wertsch sobre o processo de generalização pelas razões já descritas no capítulo 2 no item 2.7.

Durante a execução de um cálculo, a “descontextualização” estaria vinculada a aparição de um sistema numérico em que uma quantidade poderia ser representada separadamente de qualquer contexto e uso prático. Isto porque, nesta visão, toda quantidade pode tornar-se uma grandeza abstrata própria em vez de um significado relacionado a um conjunto de objetos particulares.

Com a descontextualização, torna-se possível falar sobre dois ou três sem especificar o que são estes dois ou três. A sistematização torna possível explicar o significado dos sinais matemáticos sem depender do contexto de seu uso ou aplicação. Assim, dois pode ser definido a partir de dentro do sistema como um número acrescido de um, três menos um, quatro menos dois, e assim por diante (WERTSCH, 1985, p.33).

Para nós, a citação acima nos remete à questão da impossibilidade de separação entre conceito e contexto (ver capítulo 2, item 2.7), afinal, não está sendo reconhecido o fato de que as palavras “dois ou três”, assim como os conceitos a que se referem podem estar relacionados à contextos que se referem à cardinalidade ou à ordinalidade⁵, o que já impediria que seus sentidos fossem únicos mesmo considerando os limites de validade da matemática. Isso indica o problema central da abordagem de Wertsch, que é a minimização do concreto em detrimento do abstrato, uma vez que ele toma a cardinalidade como uma espécie de ápice do conceito, o qual seria abstrato, superior e apartado do mundo.

Todavia, diferente de Wertsch (1985), nós temos outra visão para compreender as chamadas “funções mentais” e este nível de desenvolvimento genético. Se o domínio da sociogênese contempla a compreensão das funções psicológicas superiores e rudimentares, não concordamos que estas devem ser interpretadas por meio de “processos de descontextualização”, afinal, pensamos como Pazello (2011) e Rodrigues (2009) sobre a questão de que conceito e contexto não podem ser dissociados. Assim, no lugar da “descontextualização” vamos utilizar o modelo de Ilyenkov (1982) e Davidov (1990) usualmente chamado de “ascensão do abstrato ao concreto”, o qual descrevemos no mesmo item citado acima.

Duarte (2000) afirma que Vigotski, na obra “Psicologia da arte” (Vigotski, 1972) considera a existência de formas inferiores e superiores de arte, criticando multiculturalismo relativista que considera não haver sentido em afirmar que existam saberes mais desenvolvidos que outros, mas apenas que existem diferentes saberes. Segundo o autor,

⁵ A cardinalidade se refere a indicação do número como quantidade de elementos constituintes de um conjunto, enquanto a ordinalidade introduz a ideia de ordem e hierarquização.

Vigotski era explícito ao que considerava superior, mais desenvolvido, de forma que a existência de formas inferiores e superiores de saberes justifica a utilização do método inverso (que aqui tratamos por meio da ascensão do abstrato ao concreto).

Outro aspecto que vamos ressaltar para este domínio é a relevância de pensarmos funções mentais superiores em relação às cadeias de atividades nas quais o sujeito está imerso naquele determinado momento, quando serão investigadas tais funções. Isto porque, com base em Leontiev (1978), *atividade* e consciência humana determinam-se dialeticamente. Desta forma, como funções mentais estão imbricadas na consciência e na personalidade do sujeito, nosso acesso a elas poderá ser obtido por meio da observação da atividade desempenhada pelo sujeito. E assim, processos psicológicos superiores não são adquiridos de maneira descolada das atividades humanas, mas se manifestam nelas.

Em termos práticos, muitas vezes a dimensão sócio-histórica é vista como sendo a interferência da história e da cultura de cada sociedade humana no desenvolvimento psicológico de seus indivíduos. A cadeia de atividades na qual uma sociedade se constitui tem a capacidade de alargar as potencialidades humanas, já que é em atividade que sujeitos tomam consciência de suas limitações e desenvolvem ferramentas para superá-las. Por exemplo, seres humanos a princípio não voariam por não possuírem asas, porém, voam graças aos aviões que constroem. São estes instrumentos mediadores que promovem um tipo de desenvolvimento do mundo e do homem simultaneamente e dialeticamente.

Assim, concordamos com Leontiev (1978) que a consciência não deve ser entendida por meio de determinados processos intelectuais, mas através das condições sócio-culturais e da atividade do trabalho, na medida em que tais atividades resultam em produtos e um destes produtos é a própria consciência.

2.8.3 Ontogênese

Enquanto que o desenvolvimento “natural” se explica fundamentalmente a partir de princípios biológicos, o desenvolvimento cultural atribui-se a princípios associados aos instrumentos de mediação, o qual Wertsch (1985) interpreta como “processo de descontextualização dos instrumentos de mediação” e nós por meio da noção de generalização, traduzida pelo método ascensão do abstrato ao concreto. Para o domínio genético da Ontogênese, Wertsch (1985) destaca que tais forças de desenvolvimento estão em operação não como um processo aditivo ou de simples sobreposição, mas constituindo uma estrutura explicativa qualitativamente unitária, evitando assim qualquer extremismo reducionista. Sobre esta última observação, supomos estar de acordo com nossa visão de que

os domínios genéticos compõem um contínuo, possuindo várias perspectivas, níveis de um mesmo processo de desenvolvimento.

Assim, a ontogênese é considerada como um domínio do desenvolvimento em que há uma fusão, uma síntese produzida pela confluência de duas ordens genéticas diferentes - a maturação orgânica e a história sociocultural. Vigotski descreveu este domínio sendo formado tanto pela linha “natural” (biológica) como pela linha “social” ou “cultural” do desenvolvimento:

O desenvolvimento cultural da criança é caracterizado, em primeiro lugar, pelo fato de se verificar, em condições de alterações dinâmicas orgânicas. O desenvolvimento cultural é sobreposto a processos de crescimento, maturação, e desenvolvimento orgânico da criança. Todos esses processos formam uma unidade. Somente por meio de um processo de abstração poderemos separar um conjunto de processos de outro. O crescimento da criança na civilização envolve normalmente uma fusão com os processos de maturação orgânica. Ambos os planos de desenvolvimento - natural e cultural - coincidem e se confundem entre si. As duas linhas de mudança penetram uma na outra formando basicamente uma única linha de formação sociobiológica da personalidade da criança (VIGOTSKI, 1960, p. 47, *apud* Wertsch, 1985, p.41).

Wertsch (1985) assinala que, enquanto os estudos ontogenéticos formam uma parte essencial desta análise, há certas limitações inerentes em tal estudo, porque sempre há mais de uma força de desenvolvimento em operação. Para lidar com este problema é necessário completar as conclusões de um domínio genético com as de outros.

Wertsch (1985) também faz críticas sobre a abordagem de Vigotski para este domínio. Segundo o autor, enquanto os pressupostos teóricos de Vigotski descreviam uma fusão, em que ambos os planos de desenvolvimento coincidem e se entrecruzam, na prática, o psicólogo se concentrou quase exclusivamente no modo em que as forças culturais transformavam o curso biológico do desenvolvimento. Ou seja, ele tendia a ver a “linha natural” como provedora de “matérias-primas”, que são então transformadas por forças culturais.

Críticas à parte, nós, neste trabalho, pensamos o domínio da ontogênese de outro ponto de vista. Acreditamos que esta escala pode ser melhor compreendida levando em consideração o potencial exploratório da espécie e sua capacidade de desenvolver estratégias adaptativas, possibilitando sua dispersão e ocupação de ambientes diferenciados ao longo de alguns milhares de anos.

Devido a esta mobilidade, a espécie pode percorrer distâncias cada vez maiores, enfrentando desafios frequentes, como mudanças nas pressões e interações ambientais. Estas mudanças foram trazendo novas situações de vida e contato com outras espécies de parasitas, por exemplo e, portanto, diferentes condições de saúde e comportamento. Assim, embora os tipos de desafios enfrentados pelo homem moderno sejam diferentes dos da época do homem primitivo, sujeitos continuam enfrentando e transformando a si próprios e ao mundo dialeticamente. Por isso, pensamos ser fundamental o ponto de vista da concepção dialética de ser humano: o homem não está pronto em momento algum, mas está se tornando humano o tempo todo, afinal, a maneira como se comporta, se alimenta e interage com o ambiente, transforma dialeticamente a unidade homem-mundo (ver capítulo 2, item 2.5.).

Assim, podemos pensar, por exemplo, no caso dos Inuí́t, tribo que habita a região norte do Alasca e sobrevive a faixas de temperaturas menores que as suportadas pelo restante da população humana. Esta capacidade dos Inuí́t pode ser entendida como um ajustamento fisiológico, uma vez que o organismo humano está respondendo às imposições do ambiente durante o período de vida destas pessoas. Há dúvidas sobre o fato deste mecanismo de adaptação ser capaz de produzir alterações genéticas transmissíveis a ponto de serem perpetuadas no conjunto da população.

Como exemplo destes ajustamentos fisiológicos destas pessoas pode-se citar o aumento do metabolismo celular, fazendo com que a temperatura corpórea normal seja mais elevada, reduzindo o risco de hipotermia. Os Inuí́t conseguem ativar a termogênese, produzindo calor corpóreo sem que haja contração muscular (tremor). Esta adaptação permite a economia de energia, uma vez que não serão gastas para promover a contração dos músculos. A ativação da termogênese na ausência de contração é possível devido à presença de tecido adiposo multilocular, conhecido também como tecido adiposo marrom, cuja metabolização é mais lenta que aquela dos tecidos adiposos comuns à maioria da população do planeta. O tecido adiposo marrom é normalmente metabolizado por animais que hibernam (MORAN, 1979, *apud* MATTOS & DRUMMOND, 2004).

É neste sentido que estamos pensando a confluência entre a maturação orgânica e história sociocultural mencionada por Werstch (1985) na ontogênese: um processo histórico de vida do indivíduo da espécie, desde seu nascimento até sua morte, mas englobando também o potencial adaptativo da espécie, que influencia sua natureza, sua aparência, seu funcionamento psicológico e modos de ser. Interpretamos este domínio como uma função temporal do ser, pois, o sujeito de hoje não é o mesmo de ontem de modo que o conjunto de suas formas de ser no mundo constituem essa escala de desenvolvimento genético.

Para nós, com base em nossas referências marxistas, o estabelecimento de uma dicotomia (como Wertsch (1985) apontou), ou uma relação de causa ou efeito para entender o funcionamento psicológico humano é inviável. Por exemplo, estudar as estruturas dos órgãos sensoriais e os efeitos provocados por eles no mundo objetivo não está em conformidade com o referencial vigotskiano, uma vez que é preciso considerar o ser humano como um ser social, assim como sua atividade social deve ser vista imersa a um processo sócio-histórico, homem-mundo. Entendemos que o ser humano torna-se homem como o resultado do processo de desenvolvimento de uma cadeia de atividades humanas, de forma que, mesmo isoladamente, ele é sempre um ser social, por resultar das relações estabelecidas com outros sujeitos e suas interações numa dada organização do trabalho.

Desta forma, pensamos que Vigotski não pretendia entender a ontogênese de modo polarizado, como Wertsch (1985) interpretou ao associar as linhas naturais e culturais do desenvolvimento com as respectivas funções mentais elementares e avançadas.

Acreditamos que esta dualidade pode ser superada quando pensamos em termos da noção de mediação de Vigotski e da noção de que tais escalas de desenvolvimento formam um contínuo. A relação do sujeito com o mundo não é direta, mas mediada por instrumentos, que podem ser psicológicos ou materiais, de forma que qualquer interação com o mundo não pode ser considerada como puramente biológica, ou puramente sócio-histórica.

Em relação ao contínuo que citamos, para nós, os níveis genéticos de Vigotski são categorias de um contínuo de gêneses do desenvolvimento humano. Por isso, voltamos a frisar que não consideramos adequado pensar que existem apenas quatro níveis genéticos segmentados, apartados entre si e que fenômenos e alterações adaptativas e de desenvolvimento humano só podem ocorrer circunscritos neles. Por exemplo, habitantes de São Paulo comparados com os indivíduos Inuí, são diferentes do ponto de vista ontogenético, por conta das características fisiológicas presentes nos indivíduos da tribo, mas também diferem do ponto de vista sociogenético, microgenético e provavelmente também filogenético, se consideramos que tais alterações adaptativas serão perpetuadas ao longo do tempo no conjunto daquelas populações árticas. Da mesma forma, não podemos pensar que alterações nos genes humanos ocorrem somente dentro da escala filogenética, porque esta se encontra embrenhada em outros níveis, de modo que este mesmo fenômeno – de alteração genética, reflete-se de formas distintas nos indivíduos, nas diferentes escalas.

2.8.4 Microgênese

De acordo com Wertsch, este quarto domínio genético está mais presente na obra de Vigotski associado aos estudos experimentais em laboratórios, envolvidos na formação e execução dos processos psicológicos. A microgênese contempla a análise do indivíduo “em situação”, ou seja, uma análise dinâmica de momento a momento do sujeito, durante a realização de uma determinada tarefa.

Nos escritos do autor, pode-se identificar dois tipos de microgênese. O primeiro diz respeito à formação de curto prazo de um determinado processo psicológico e, para isso, faz-se necessário observações repetidas de tarefas na qual o sujeito deve resolver um determinado problema. De acordo com o psicólogo, as pesquisas sobre a aprendizagem que ignoram esta forma básica de transição genética não contemplam a mais interessante fonte de dados que possuem.

O segundo tipo de microgênese identificado se refere a uma descoberta perceptiva ou conceitual, quase automática, isto é, de muito curta duração: Wertsch (1985) fala em milissegundos, e afirma que Vigotski, no capítulo final de “Pensamento e linguagem” vai recorrer a este segundo tipo de microgênese para explicar as produções da fala e as transformações relacionadas à passagem do pensamento à oralização.

Em termos práticos, podemos entender a microgênese como sendo a construção de significados a partir das situações em que o sujeito participa, o que ressalta a especificidade, a particularidade da história de vida de cada um. É, então, destacada a singularidade no que se refere às trajetórias que cada sujeito percorreu, junto a seu ponto de vista particular no mundo. Um exemplo costumeiramente dado é o de saber “amarrar sapato”. Antes o sujeito não sabia como fazê-lo e após um determinado tempo ele aprende. A história de como aprendeu a amarrar o sapato diz respeito à microgênese. A microgênese também pode ser evidenciada quando pensamos em gêmeos idênticos, que apesar da grande semelhança, são sujeitos diferentes, podendo apresentar habilidades, gostos, valores distintos.

Neste momento cabe a nós retomarmos nosso problema de pesquisa. Realizamos um levantamento das concepções de tempo de estudantes de licenciatura ao longo da graduação a fim de propor um perfil conceitual para nossas amostras.

Estamos considerando que há uma relação entre aprendizagem de conceitos e as cadeias de atividades que os estudantes estão inseridos nas disciplinas do curso. Desta forma, como os alunos estão envolvidos em cadeias de atividades muito próximas quando estão em sala de aula, foi feita uma aproximação entre o curso de Licenciatura em Física e o domínio microgenético. Nesta perspectiva, as perguntas que vão nos guiar nesta investigação dizem

respeito às atividades responsáveis pela construção de concepções, sentidos e significados destes conceitos.

Assim, realizamos entrevistas com estudantes em todos os anos do curso de licenciatura, com objetivo de investigar a presença de alterações ou a manutenção das concepções de tempo das amostras. Assim, para justificar a existência de modificações ou não do perfil dos participantes, investigamos quais foram as atividades às quais estas turmas foram expostas durante as disciplinas do curso voltadas à Física.

2.9 Teoria da Atividade Sócio Cultural Histórica

Após a morte prematura de Vigotski, seus colaboradores, em especial Alexander Romanovich Luria e Alexei Nnokolaievich Leontiev, continuaram a desenvolver investigações e produziram um vasto material fundamentado nos pressupostos básicos de seu pensamento, o que serviu de ampliação ao que chamamos hoje em dia de Teoria da Atividade Sócio Cultural Histórica.

Passaremos agora a descrever alguns aspectos importantes da Teoria da Atividade Sócio Cultural Histórica, cujos fundamentos estão baseados nas ideias de Marx, Engels, Vigotski, entre outros, mas que foi sistematizada somente no século XX, com o trabalho de Leontiev.

De acordo com Sannino *et al* (2009), trata-se de uma teoria que procura analisar o desenvolvimento humano no interior de suas atividades, levando em conta aspectos psicológicos, antropológicos, sociológicos, históricos e linguísticos. Desta maneira, diferentemente de Vigotski, que considera *significado* como unidade de análise, com Leontiev e seu estudo do desenvolvimento do psiquismo humano, a unidade de análise tomada é *a atividade humana*, isto na intenção de dar conta da complexa estrutura cultural e histórica da formação do indivíduo. *A atividade humana* é, então, eleita a unidade básica capaz de conter toda a estrutura necessária para o entendimento do desenvolvimento humano.

Nesta teoria, uma das teses principais é a existência da associação entre a atividade e o desenvolvimento da consciência: a atividade e a consciência humana determinam-se dialética e reciprocamente. É por meio da atividade que a consciência, a personalidade e as potencialidades tipicamente humanas podem se desenvolver junto à transformação da realidade, pois, é por meio dela que contradições são superadas, novos artefatos culturais, necessidades e condições de existência são gerados (SANNINO *et al*, 2009). De acordo com o Leontiev:

Sabe-se que o desenvolvimento da consciência não tem história independente, que ele é determinado, pelo fim das contas pela evolução da existência. (...) a estrutura da consciência humana está regularmente ligada à estrutura da atividade humana (...) o nosso método geral consiste, portanto, em encontrar a estrutura da atividade humana engendrada por condições históricas concretas, depois, a partir desta estrutura, pôr em evidência as particularidades psicológicas da estrutura da consciência dos homens (Leontiev, 2004, p. 99-100).

Leontiev (2004) explica que, para os animais não humanos, há uma fusão entre motivo (o que o leva à atividade) e objeto (para onde a atividade se dirige), porém, no caso da atividade dos homens, ocorre a separação entre objeto e motivo, devido as complexas relações entre os envolvidos, que dão sentido às ações individuais.

O processo designado “atividade” é desencadeado pela existência de uma necessidade, que gera um motivo concretizado num objeto. Assim, os sujeitos agem orientados ao objeto. Toda atividade é composta por ações, e estas possuem fins específicos. As ações “se relacionam com a atividade, na medida em que pertencem a ela, e uma atividade constitui-se em um conjunto de ações, sem se constituir como somatória delas” (BIZERRA, 2009, p.67).

As ações, por sua vez, são compostas de operações, que podem ser definidas como os meios pelos quais se desenvolvem as ações em determinadas condições de execução.

A atividade, ainda que seja tomada como unidade de análise, não deve ser pensada como um todo homogêneo e hermético. Ao contrário, toda atividade é entendida como aberta, vinculada a complexificação proporcionada pela divisão do trabalho e modos de produção. Isto torna sua estrutura bastante complexa, com sistemas de operações e ações que se subordinam uns aos outros e que estão em constante movimento. Também é importante esclarecer que os componentes da atividade não mantêm entre si uma causalidade linear, uma vez que há retroalimentação dos diferentes níveis, que se determinam reciprocamente. Dependendo do nível de análise, os diferentes níveis da operação, ação e atividade podem ser níveis inferiores ou superiores de outras atividades vinculadas à cadeia de atividades, revelando diferentes graus de complexidades existentes nessa estrutura. Sobre esta estrutura da atividade, como apontam DALRI *et al* (2009), cada nível hierárquico – operação, ação e atividade – pode ser visto como uma unidade de análise caso possa ser entendido como uma atividade.

A seguir, a Figura 4 representa, de forma esquemática, a hierarquia dos elementos participantes da atividade:

Figura 4: Hierarquia da atividade, ações e operações (adaptada de CAMILLO & MATTOS, 2011).

De acordo com Engeström (1999), pode-se falar na existência de pelo menos três gerações da teoria da atividade. A primeira refere-se à Vigotski e seu modelo de mediação entre sujeito e objeto representado pelo triângulo apresentado na Figura 2, no qual sujeito interage com o objeto mediado pelo instrumento. Este modelo tem como foco de atenção o sujeito e as suas relações com os objetos.

No entanto, esta representação traz uma limitação: está centrada no sujeito, e não explicita, claramente, a natureza social da atividade na qual está inserido. Afinal, a divisão do trabalho deixa claro que as ações dos sujeitos não satisfazem diretamente suas próprias necessidades. Para ilustrar esta questão, Leontiev (2004) utiliza o exemplo da atividade da caça realizada por um grupo de homens primitivos. Nesta atividade, considera que, enquanto um grupo de homens está encarregado de espantar os animais para que fiquem acuados em determinado local, outro grupo terá de ir matá-los e outro de arrancar suas peles. Podemos considerar que estas três ações que compõe a atividade da caça, possuem fins específicos e, se analisadas individualmente, parecem divergir do objetivo de capturar a presa e saciar a fome.

Desta maneira, levando em consideração o aporte de Leontiev, a chamada segunda geração da teoria da atividade, propõe a explicitação da comunidade em que o sujeito está inserido para se compreender sua atividade, a qual foi representada, por Engeström (1999), na a seguir (Figura 5):

Figura 5: Representação de um sistema de atividade proposto por Engeström (DANIELS, 2003, p. 119).

Esta representação torna explícito o fato de que o sujeito é, necessariamente, participante de uma comunidade e está mediado com ela por *regras*, enquanto a comunidade está mediada com o objeto pela *divisão de trabalho*. Assim, a atividade desempenhada pelo sujeito, estará mediada por todos estes elementos. Em outras palavras, a atividade humana é sustentada por diversas tríades de mediação.

A principal contribuição de Engeström (1989) para a Teoria da Atividade, autointitulada de “terceira geração”, foi considerar que as atividades não estão isoladas, mas que pertencem a um sistema de atividades inter-relacionadas entre si.

Figura 6: Compartilhamento de objetos em um sistema de atividades (ENGESTRÖM, 2001, p. 136)

Camillo (2011) entende que o processo de compartilhamento de objetos entre atividades demanda a negociação de instrumentos mediadores para que de fato surja um novo objeto compartilhado entre estudantes e professores.

De fato, o não alinhamento de sentidos e/ou não compartilhamento de mediações e de objetos pode implicar na existência de contradições, que são aspectos considerados fundamentais da atividade: contradições se fazem presentes na atividade humana e são tensões acumuladas historicamente que geram a mudança da própria atividade.

Para Engeström (2008) a construção de um novo objeto é a própria mudança da atividade e dos motivos correspondentes. Isso significa que a transformação da atividade se reflete em todos os seus componentes, é uma transformação da totalidade da atividade, é uma dinâmica da unidade de análise.

2.9.1 Atividade dominante e a Licenciatura

Leontiev (1978), no capítulo “O desenvolvimento do psiquismo na criança”, discute as diversas etapas do desenvolvimento infantil, relacionando-o às mudanças ocorridas no sistema de relações humanas em que a criança participa.

O autor utiliza a imagem de círculos para explicar as diversas relações sociais que envolvem as crianças. Assim, o mundo que rodeia a criança pode ser visualizado por meio de “dois círculos”. O primeiro compreende seus cuidadores mais íntimos: sua mãe, pai, ou aqueles que ocupam estes lugares. As relações travadas com os familiares mais íntimos determinam as relações da criança com o resto do mundo. Já o segundo círculo é considerado maior, pois é constituído por todas as outras pessoas que participam da vida da criança. Nesse caso, as relações da criança com os outros são mediatizadas pelas relações estabelecidas no primeiro círculo.

O autor considera que um dos maiores acontecimentos que, no geral, ocorre na vida da criança, interferindo nas relações entre os círculos, refere-se à sua entrada na escola, quando “todo o sistema de relações vitais se reorganiza” (p.289). O principal ponto destacado desta etapa, não é o fato de que na escola “surtem” obrigações, (afinal, em casa estas também existem) mas, refere-se à questão de que suas obrigações não são apenas para com os pais e o educador, mas para com a sociedade, de forma que, de sua realização dependerá o seu lugar na vida, a sua função e o seu papel social e, portanto, com consequência na vida futura.

Leontiev (1978) explica que, ao realizar as tarefas na sala de aula, a criança tem a sensação de fazer algo verdadeiramente importante. Assim, as relações íntimas da criança no círculo menor vão aos poucos perdendo seu papel determinante no círculo maior, de forma a passar a ser determinadas dentro destas relações mais vastas do segundo círculo.

Com relação à passagem para a adolescência, esta vincula-se à inserção do sujeito nas formas de vida social que lhes são acessíveis, já desprovidas do caráter infantil. Concomitantemente, também se transforma o lugar que o adolescente ocupa na vida cotidiana dos adultos. Muitas vezes, por exemplo, as forças físicas e os conhecimentos dos jovens os colocam no mesmo nível dos adultos, quando não em níveis superiores em determinados aspectos.

Assim Leontiev (1978) explica que um dos aspectos fundamentais para que se compreenda as forças motoras do desenvolvimento do psiquismo refere-se às modificações sofridas pela criança no sistema de relações sociais. Tais modificações se fazem presentes *na atividade da vida* da criança, sobre determinadas condições concretas. A *atividade da vida*, ou a *atividade de conjunto* está sendo aqui entendida não como a soma das diversas atividades que a criança realiza, pois, alguns tipos de atividades tem importância superior para o desenvolvimento de sua personalidade. Assim, atividades consideradas principais, ou *atividade dominante* de Leontiev (1978) é aquela em que as crianças se relacionam com o mundo, produzindo e reproduzindo as condições necessárias à constituição de sua individualidade. São as mudanças nas atividades dominantes que estão imbricadas na passagem de um estágio de desenvolvimento da criança para outro. Segundo o autor:

A atividade dominante é [...] aquela cujo desenvolvimento condiciona as principais mudanças nos processos psíquicos da criança e as particularidades psicológicas da sua personalidade num dado estágio do seu desenvolvimento (LEONTIEV, 1978, p. 293).

Assim, é importante ressaltar que a atividade dominante não é, necessariamente, aquela realizada na maior parte do tempo, ou com maior frequência, mas refere-se à atividade cujo desenvolvimento rege as mudanças mais importantes para o desenvolvimento, aprendizagem e posicionamento do sujeito, integrando aspectos cognitivos, motivacionais e sociais do desenvolvimento.

Apesar de que diversas atividades desempenham importantes funções no desenvolvimento da criança, em qualquer momento de suas vidas, a atividade dominante é considerada como o tipo de interação social benéfica ao desenvolvimento em termos de sua preparação para o próximo período de desenvolvimento, no sentido de que, são desenvolvidas um amplo leque de capacidades, incluindo a conexão emocional com os outros sujeitos, a motivação para o envolvimento em atividades mais complexas, criadoras

e reestruturadoras das habilidades cognitivas (LEONTIEV, 1978, STETSENKO & ARIEVITCH, 2004).

O conceito da atividade dominante foi estendido para vários estágios ou períodos do desenvolvimento, como o período adulto, especialmente por Stetsenko e Arieivitch (2004), que argumentam que a individualidade e subjetividade do sujeito pode ser entendida por meio das atividades principais que o sujeito participa, uma vez que sua subjetividade é entendida como um processo de sua vida, sendo constantemente reeditado e reconstruído a partir destas atividades.

Nesta perspectiva, fizemos uma aproximação considerando a atividade do curso de Licenciatura constituindo a *atividade dominante* na vida de parte dos professores em Física que estão em formação dentro dos cursos de graduação. Portanto, para nós, a atividade da Licenciatura corresponderá à atividade na qual orbitam os posicionamentos destes estudantes e o restante das atividades, como também as novas atividades emergentes em suas vidas. Apresentaremos os procedimentos metodológicos relacionados à seleção de estudantes com base na aproximação da atividade dominante e a Licenciatura, no item 2.21.

2.10 Modelo de perfil conceitual

Em relação aos modelos de aprendizagem de conceitos científicos, muitos trabalhos foram desenvolvidos na área de Ensino de Ciências. Antes da noção de perfil conceitual, na década de 70 do século XX, considerava-se que aprendizado de conceitos era influenciado pelo conhecimento prévio, de modo que boa parte da atenção dos pesquisadores voltava-se para o estudo das chamadas concepções alternativas: aquelas que fazem parte do arcabouço conceitual dos indivíduos antes do ensino formal de um determinado conceito (MORTIMER *et al*, 2014; VIGGIANO, 2009).

Levando em conta as concepções alternativas, surgiu o modelo de mudança conceitual, que buscava modelar o processo de aprendizagem por meio da substituição da concepção prévia do estudante pela concepção científica. Além desta abordagem, muitas outras surgiram, como o Modelo de Perfil Conceitual, proposto por Eduardo Mortimer (1995) baseado na noção de perfil epistemológico de Bachelard.

Apropriando-se da noção de perfil epistemológico, Mortimer (1995, 1996 e 2000) propôs que, em relação a um determinado conceito, cada indivíduo possui um conjunto de diferentes representações sobre ele: são as chamadas de zonas, que compõem o perfil deste conceito. Na proposição original de Mortimer (1995, 2000), as zonas do perfil conceitual têm uma dimensão epistemológica (como no modelo de Bachelard), mas também uma

dimensão ontológica, afinal, a coexistência de diferentes interpretações para um conceito, mediante contextos distintos sinaliza realidades ontologicamente diferentes, ou seja, naturezas distintas para o conceito.

Para Mortimer *et al* (2014), a evolução das ideias dos estudantes pode ser compreendida como a evolução de um perfil de concepções em que novas ideias adquiridas no processo de aprendizagem passam a conviver com as anteriores, admitindo a convivência entre o senso comum, o saber escolar e o saber científico

No entanto, apontaremos algumas alterações neste modelo de perfil descrito, desenvolvidas por Rodrigues & Mattos (2006). Estes autores tomam o contexto como um sistema complexo, no qual diversos elementos que o constituem estão em retroalimentação, sendo composto de diversos níveis hierárquicos de interação (FIEDLER-FERRARA & MATTOS, 2002). Assim, o mundo é considerado também como um sistema complexo, cujas estruturas estão refletidas nas representações cognitivas do sujeito. Deste modo, o perfil conceitual do sujeito refere-se a estas representações, compostas por zonas. Por sua vez, as zonas refletem os sentidos atribuídos às palavras em contextos específicos, não existindo de forma isolada (RODRIGUES & MATTOS, 2006).

E nesta perspectiva, em relação às dimensões das zonas do perfil, além das dimensões epistemológicas e ontológicas apresentadas por Mortimer (2000), será considerada também a existência de uma dimensão axiológica na constituição destas zonas (DALRI, 2010; MATTOS, 2014).

Temos, portanto, a *dimensão epistemológica* que se refere à produção do conhecimento e suas diversas interpretações da natureza associadas às correntes filosóficas. Esta dimensão trata de “como” o sujeito conhece um objeto, relacionando-o à história e à filosofia da ciência. A *dimensão ontológica*: trata da natureza dos objetos, referindo-se à questão do “o que é” o objeto. Esta dimensão está bastante ligada à polissemia das palavras que representam conceitos, permitindo muitas possibilidades de significado.

A *dimensão axiológica* refere-se aos valores e fins atribuídos aos objetos. Trata-se da questão do “por que” das escolhas, suas motivações e intenções, dentro das quais o conceito é utilizado pelo sujeito.

Visto desta perspectiva, a aprendizagem deve ser compreendida como uma dinâmica ou evolução do perfil conceitual, na qual, o sujeito cria ou modifica zonas. O processo de ensino-aprendizado deve proporcionar que o indivíduo compreenda a adequação do uso de uma determinada zona do perfil conceitual a um contexto específico. Em outras palavras, o conceito científico deve ser entendido junto a um sentido, relativo a um determinado

contexto, cujas regras (regentes das relações internas do contexto) implicam no uso da ciência para a resolução do problema apresentado (RODRIGUES & MATTOS, 2006).

Assim, as instituições escolares devem se preocupar em preparar sujeitos capazes de estruturar um tipo de conhecimento que revele a complexidade do mundo, reconhecendo, sobretudo, seus limites, seu domínio de validade.

Outra alteração no modelo do perfil conceitual refere-se à aprendizagem e sua interpretação associada à ideia de evolução do perfil conceitual. A aprendizagem não deve ser considerada apenas como um acréscimo de novas zonas do perfil conceitual – como proposto por Mortimer (1995, 2000) – mas, também, uma transformação do conjunto de todas as zonas, visto como “uma totalidade possível, ou em questão”. Este assunto será tratado no item 2.12.

A aprendizagem então é vista como uma atividade coletiva com um propósito definido e seu sucesso depende de uma série de articulações de ações e operações.

2.11 Ordens de aprendizagem

Rodrigues (2009) propõe, como marcadores da dinâmica dos processos de internalização e tomada de consciência, três categorias denominadas *ordens de aprendizagem*. É importante destacar que tais categorias não constituem um percurso linear de etapas, pelo qual o estudante deve passar. As ordens são apenas categorias que permitem relacionar de maneira dinâmica, cognição e comunicação, perfil conceitual e contextos.

A primeira ordem de aprendizagem pode ser entendida em termos da consciência que o sujeito tem da zona de perfil conceitual. Nesse caso, há uma associação de correspondência direta entre a zona do perfil conceitual e o contexto, onde uma zona do perfil conceitual está ligada à apenas um contexto. Este tipo de aprendizagem justifica a questão de que alguns conhecimentos estão “envelopados” na medida em que a zona do perfil conceitual formada dentro da escola acaba por se restringir ao contexto escolar. Trata-se, portanto, de uma relação unívoca entre um determinado conhecimento e o contexto de uso apresentado.

Rodrigues (2009) destaca haver certa passividade por parte do aprendiz quando a pedagogia está baseada nesta ordem de aprendizagem. E assim, com relação ao perfil conceitual, aqui se considera somente a inclusão de uma nova zona quando algo novo é aprendido, como um novo envelope, onde novas informações foram adicionadas.

Na segunda ordem de aprendizagem, a mudança no perfil conceitual ocorre devido à aquisição de informação e à consciência das zonas do perfil, de forma que o sujeito consegue discernir entre sentidos do conceito e seu uso em determinadas zonas do perfil. e relacionar

os conceitos internalizados. As diversas zonas do perfil conceitual são relacionadas com seus respectivos contextos de uso, havendo a possibilidade do estabelecimento de relações entre as zonas do perfil, que começam a se diferenciar.

Já a terceira ordem de aprendizado pode ser definida como a conscientização da relação entre as zonas de um perfil conceitual com seus possíveis contextos de uso. Neste caso, o sujeito tem a compreensão das relações entre as zonas do perfil conceitual e os contextos apropriados de uso, o que o faz capaz de enunciar e de interpretar enunciados em diferentes situações. Por exemplo, o sujeito tem consciência de que a definição física de força nem sempre cabe a todos os contextos. Isso faz com que o indivíduo perceba os empregos e delimitações desta zona nos diversos contextos e a delimitação dos próprios contextos. Por meio desta percepção, há uma reorganização das zonas e criação de prioridades para o uso do conceito, adequado aos diferentes contextos. A este evento, Rodrigues (2009) chamou de ressonância entre zona de perfil e contexto.

2.12 A questão do contexto

Em acordo com a tese de Leontiev (2004) de que a atividade e consciência determinam-se dialeticamente, Mattos (2014) aponta para a necessidade de uma abordagem que relacione a complexidade do mundo com a complexidade estrutural dos estados cognitivos dos sujeitos.

Para Mattos (2014), a cognição humana pode ser pensada como um sistema complexo mediado e constituído pela linguagem, sendo representada por diferentes níveis hierárquicos das relações entre as coisas do mundo. Tal sistema emerge da coordenação dinâmica da interação das atividades humanas. Desta forma, a complexidade estrutural dos estados cognitivos do sujeito pode ser expressa por um perfil conceitual complexo, que em contextos específicos nos permitem representar as dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas.

Em relação ao contexto, neste trabalho interpretaremos contexto como a compreensão do sujeito sobre uma determinada situação, como ele percebe a relação entre os objetos e seres inseridos nessa situação do qual pode ou não fazer parte (WERTSCH, 1985). Na visão de Mattos (2014) contexto pode ser entendido como um elemento constituinte da dinâmica das interações sociais. Um campo complexo de dêixis negociadas nas interações sociais. Em acordo com a esta perspectiva, utilizaremos a ideia da indissociabilidade do binômio conceito-contexto, encontrada em Pazello & Mattos (2010), na qual, conceitos, tanto científicos como cotidianos, não podem ser dissociados do contexto

no qual estão imersos, uma vez que não são universais, ou seja, possuem um campo específico de aplicação. Assim, pensamos que conceitos não devem ser tratados como elementos ontologicamente independentes do sujeito cognoscente, pois “suas características foram objetivadas somente nas atividades humanas “práticas” (PAZELLO *et al*, 2011, p.2).

Desta forma, considera-se que as palavras são capazes de abrigar todos os seus diferentes significados uma vez que o pensamento é expresso e formado por elas. Por isso, quando uma palavra não está atrelada a um contexto específico ela significa *mais*, significando *menos* quando está. É neste sentido que um conceito só se constitui quando atrelado a pelo menos um contexto (PAZELLO & MATTOS, 2010).

A lei fundamental da dinâmica do significado das palavras de Vigotski ilustra a posição defendida pelos autores:

A palavra incorpora, absorve de todo o contexto com que está entrelaçada os conteúdos intelectuais e afetivos e começa a significar mais ou menos do que contém seu significado quando tomamos isoladamente e fora do contexto: mais, porque os círculos dos seus significados se amplia, adquirindo adicionalmente uma variedade de zonas preenchidas por um novo conteúdo; menos, porque o significado abstrato da palavra se limita e se restringe àquilo que ela significa apenas em um determinado contexto (VIGOSKI, 2001, p.466).

2.20 Procedimentos metodológicos

O objetivo deste trabalho é a realização de um levantamento de concepções de tempo de professores de Física em formação. Para tanto, por motivos de logística, de facilidade de acesso aos entrevistados (alunos e docentes) e materiais das disciplinas, nossa pesquisa foi realizada no curso de Licenciatura em Física oferecida pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP/SP), nos turnos diurno e noturno.

Com relação às concepções de tempo destes professores em formação, tínhamos uma hipótese. Em geral, nos cursos de Física do ensino médio e mesmo na licenciatura, trabalha-se com conteúdos nos quais o conceito de tempo é considerado como parâmetro matemático, abstrato, independente, ou seja, vinculado à medida do relógio, e também utilizado em boa parte das atividades humanas. Deste modo, nossa hipótese era a de que as concepções de tempo de licenciados em Física estariam marcadas por interpretações principalmente numéricas, sem que seja dada atenção aos sentidos do tempo e as relações que estes estabelecem nos diferentes contextos da Física.

Neste momento, é importante fazermos uma distinção. Chamaremos de “tempo matemático” a concepção de tempo descrita apenas como um número que varia, sendo, portanto, numérico, medido por relógios. Contudo, com relação à ciência Mecânica, o conceito de tempo, além de ser numérico e mensurável, guarda outros aspectos e relações junto ao arcabouço desta teoria, e que não são utilizados no cotidiano das pessoas (como a reversibilidade temporal nos sistemas mecânicos). Assim, quando nos referirmos à noção de tempo concebida como algo que passa, sendo numérico, medido pelos relógios, iremos chamá-lo de “tempo matemático”. Já quando estivermos nos referindo ao conceito de tempo utilizado na ciência Mecânica, mencionaremos “tempo da mecânica clássica”.

Assim, voltando à nossa hipótese, estamos considerando que as concepções dos estudantes de licenciatura serão, em maior parte, vinculadas ao “tempo matemático”. Para a investigação desta hipótese, realizamos entrevistas em diferentes amostras do curso de licenciatura em todos os anos da graduação. Estas coletas nos possibilitaram fazer algumas considerações a respeito da evolução dos perfis conceituais durante a formação oferecida a estes sujeitos que, aparentemente, pretendem lecionar física.

Além disso, também realizamos uma investigação sobre como o conceito de tempo é tratado nas diversas disciplinas (obrigatórias e da área de Física). E, de forma a validar nossas impressões e considerações sobre o curso, foram feitas breves entrevistas com quatro docentes do Instituto de Física, etapa da pesquisa apresentada no Capítulo 5.

Outra distinção que precisamos fazer neste trabalho refere-se aos docentes e professores: estamos chamando de *professores em pré-serviço* ou *em formação* os estudantes do curso de Licenciatura em Física no IFUSP/SP, e de *docentes* os professores que lecionam Física para estes licenciandos, no mesmo instituto e universidade.

Para este momento, apresentaremos nossos procedimentos metodológicos sobre as seguintes etapas de trabalho:

- Sobre a metodologia utilizada acerca dos critérios de seleção das amostras.
- Sobre a construção do instrumento de pesquisa utilizado nas entrevistas com professores em formação

2.21 Sobre a seleção dos participantes da amostra

Para a coleta de dados, consideramos que, uma condição ideal para este tipo de pesquisa seria a realização de uma investigação longitudinal junto das amostras, de modo a acompanhar os sujeitos ao longo dos anos da graduação, nas diversas atividades

desempenhadas por eles. No entanto, considerando o prazo para a conclusão da pesquisa e as condições concretas em que esta foi realizada, tivemos de criar uma alternativa para esta investigação: a fim de obter certa homogeneidade qualitativa entre os participantes em relação a condições sociais, histórico e culturais, criamos critérios para seleção de participantes para nossas amostras. São eles:

- O sujeito deveria estar cursando seu primeiro curso universitário
- O sujeito deveria manifestar a intenção de se tornar professor de Física
- A atividade principal ou dominante do sujeito deveria ser o curso de Graduação: Licenciatura em Física.

Desta forma, procuramos selecionar estudantes que estivessem envolvidos de modo semelhante com as atividades da Licenciatura. E assim, elaboramos um “questionário preliminar” (disponível no apêndice deste trabalho) a ser aplicado antes da realização das entrevistas.

Neste questionário, nos dois primeiros itens, o estudante teve de informar o turno de seu curso de graduação (diurno ou noturno) e em qual etapa (ano) está do curso. A seguir, em uma listagem contendo todas as disciplinas obrigatórias da licenciatura, o estudante teve de assinalar um X na opção “já cursou” ou “está cursando”.

No terceiro e quarto itens, perguntamos se o participante pretende ser professor e, por quê e, quantas horas são dedicadas (aproximadamente) aos estudos das disciplinas por semana. Todas estas questões visaram verificar a importância do curso de licenciatura na vida destes sujeitos.

Após estes itens, foi solicitada a informação sobre possíveis envolvimento em atividades remuneradas e, por fim, para uma caracterização geral da amostra, solicitamos uma marcação em uma faixa média de valores para a renda mensal de sua família, bem como o tipo de instituição frequentada durante o ensino fundamental e médio (em escolas particulares e/ou escolas públicas).

2.23 Sobre a amostra

Para o levantamento de concepções de tempo dos professores em pré-serviço foram selecionadas quatro amostras.

A primeira, segunda e terceira amostra foi formada por 4 integrantes que cursavam, respectivamente o primeiro, segundo e terceiro ano da Licenciatura em Física, nos períodos

diurno e noturno. A quarta amostra foi formada por 5 integrantes que cursavam entre o quarto ano do curso (no turno diurno) e o quinto ano (do turno noturno) da licenciatura oferecido pelo IFUSP/SP.

A Tabela 1 apresenta os participantes, seus códigos de identificação, quantidade total e conjuntos de amostras:

Tabela 1: Amostras, integrantes e códigos de identificação

Ano do curso	Estudantes (Código para identificação)	Total de participantes	Amostra
1°	9, 10, 11, 12,	4	amostra 1
2°	5, 17,18,19	4	amostra 2
3°	3, 7, 8, 20	4	amostra 3
4° ou 5°	1, 2, 4, 13, 16	5	amostra 4

A quantidade de estudantes não foi a mesma em todas as amostras devido aos nossos critérios de seleção, que nos fez procurar com mais cautela por participantes que se adequassem às exigências descritas anteriormente.

Com relação aos alunos do 4° ou 5° ano dos cursos (turnos diurno e noturno, respectivamente), a partir deste momento vamos nos referir a eles como aos alunos “do último ano”, ou mesmo “do 4° ano” do curso, para facilitar a exposição dos dados apresentados no Capítulo 5.

2.2.4 Construção do instrumento

Como explicamos em capítulos anteriores, estamos trabalhando com a noção de conceito de Vigotski do ponto de vista dialético - como construções dinâmicas, presentes nas interações sociais, imersas em diversas cadeias de atividades humanas.

Nesta perspectiva, e com o intuito de propor perfis conceituais complexos de tempo para nossas amostras, decidimos construir um instrumento de levantamento de concepções de tempo nos baseando nos sentidos do tempo obtidos em nosso estudo histórico e nas dimensões do perfil conceitual complexo. Assim, nossa intenção era a formulação de perguntas capazes de levar os participantes não só aos contextos das disciplinas da licenciatura, mas também àqueles da vida cotidiana (apontados no estudo dos elementos históricos). Para tanto, fizemos uso de palavras (dêixis) que direcionassem o participante não somente ao seu contexto mais imediato (como da sala de aula da licenciatura), mas para os

externos ao curso, abrangendo sua sociedade, cultura e também outras. Com esta estratégia, nossa finalidade era de investigar a existência da percepção do conceito de tempo como construção histórica na formação destes professores.

Além disso, também utilizamos palavras para remeter os entrevistados às dimensões do perfil conceitual complexo: perguntamos sobre como o tempo é conhecido, mensurado, entendido em sua natureza e também sobre os valores e fins atribuídos a este conceito.

2.2.4.1 Dimensões do perfil conceitual complexo e as perguntas da entrevista

Como mencionamos anteriormente e, em resumo, a dimensão epistemológica se refere e “como” o sujeito conhece um objeto, a dimensão ontológica faz referência à natureza dos objetos, e a axiológica corresponde aos valores e fins atribuídos aos objetos.

Reconhecemos que a dimensão ontológica é indissociável da dimensão epistemológica, porém, ainda assim, consideramos importante fazer a separação entre as duas dimensões no sentido da abstração ou redução dos elementos relacionados ao tempo, para que possamos explorá-los, analisá-los e, em seguida, reinterpretá-los de maneira mais complexa.

Dadas as descrições das dimensões do perfil conceitual complexo e, nos baseando em nosso levantamento histórico sobre o tempo, construímos um primeiro questionário, que foi aplicado à distância em estudantes de licenciatura em Física da Universidade de Campinas, Unicamp.

Esta aplicação foi feita em junho de 2015, com o auxílio da ferramenta “Formulários” do site Google. Contudo, neste tipo de instrumento, notamos que foram muitas as vezes em que os alunos não desenvolveram suas ideias, explicando-se pouco, de modo insuficiente para a análise que esperávamos fazer.

Desta forma, consideramos que o melhor caminho para proceder com a investigação seria a realização de entrevistas presenciais, possibilitando a intervenção por parte da pesquisadora, de modo a esclarecer as falas dos estudantes. E assim, reelaboramos o instrumento de pesquisa de forma implementarmos em estudantes de Licenciatura em Física em pré-serviço. A seguir, na Tabela 2 apresentamos as perguntas construídas para as entrevistas presenciais:

Tabela 2: Perguntas para entrevista sobre concepções de tempo

1. Para você, o que é tempo?

-
2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?
-
3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?
-
4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique
-
5. O tempo pode ser alterado? Como?
-
6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.
-
7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.
-
8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?
-
9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?
-
10. E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?
-
11. Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?
-
12. Imagina que uma pessoa fala para você: “Ao seu lado o tempo passa mais depressa!” Como você a interpreta?
-
13. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.
-
14. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?
-
- Caso a dilatação do tempo seja mencionada: você acha que ela acontece mesmo ou é só teoria?
-
15. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?
-
16. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?
-
17. O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida? Para que serve saber tais interpretações do tempo?
-
18. Você acha que o espaço e o tempo estão relacionados dentro das teorias da física? Como?
-
19. (Caso o contexto termodinâmico, relacionado à seta do tempo não apareça)
Porque você acha que o tempo se desdobra numa única ordem, do passado para o futuro?
-
- Porque vemos um copo se espatifando e não se “desespatifando”?
-
- (Caso o contexto termodinâmico não apareça:) Você acha que o tempo está relacionado com a Termodinâmica?
-

20. Você acha que o tempo está relacionado à energia e sua conservação? Como?

As perguntas da Tabela 2 foram organizadas dos contextos mais gerais aos mais específicos, de forma que as primeiras questões possuem menos marcas contextuais. Posteriormente, apresentamos mais dêixis, apontando para alguns contextos, por exemplo - quando perguntamos sobre a mensuração do tempo, apontamos para a questão da sua medida. Por fim, estão as questões que trazem no enunciado o contexto da Física, explicitamente.

É importante esclarecermos que, a coleta de dados ocorreu de 2015 a 2017. Contudo, até as primeiras 9 entrevistas, o questionário apenas continha as perguntas 1 a 18. Fomos percebendo a importância de incluir mais questões posteriormente, quando o acrescentamos as perguntas 19 e 20. Desta forma, as duas últimas perguntas da entrevista foram feitas para 63% da amostra (12 participantes), enquanto 37% (7 participantes) responderam à entrevista no seu formato inicial (18 questões).

Faremos, a seguir, um breve esclarecimento sobre nossas intenções com algumas das perguntas que formulamos.

Com relação à primeira questão, nosso objetivo era que o participante elaborasse uma síntese de suas concepções de tempo, não utilizando jargões ou respostas prontas. Pretendíamos verificar quais sentidos do tempo seriam escolhidos para responder à questão. Seriam os sentidos relacionados à física? Em quais contextos?

Sobre a segunda pergunta, nosso intuito era levar o sujeito a pensar na distinção entre concepção individual e concepção da sociedade, afinal, será levado a responder não por si próprio, mas pelo conjunto de sua sociedade e, por isso, outras naturezas, sentidos para o tempo poderiam aparecer.

Com relação à terceira questão, nosso objetivo era verificar se o sujeito conhece outras interpretações do tempo, em diferentes comunidades e momentos históricos, diferentes da medida do relógio, o que também nos daria indícios de que o estudante considera o conceito de tempo uma construção humana.

Sobre a quarta questão, relacionada à mariposa, nosso objetivo era fazer o sujeito se “descolar” do tempo matemático e pensar em outros sentidos para o tempo. Também queríamos verificar se a existência do tempo é considerada independente do homem, da espécie, de forma a possuir sempre o mesmo aspecto: a passagem do tempo homogênea, linear, numérica, uniforme. Imaginamos que esta pergunta possibilitaria evocar o sentido absoluto do tempo.

Consideramos que a quinta questão, sobre a alteração do tempo, poderia ser respondida, por exemplo, no contexto da Relatividade Restrita e Geral e, também, considerada sobre outros pontos de vista, quando pode-se alterar o tempo fazendo-o parecer passar depressa quando estamos entretidos e fazendo algo prazeroso, ou torná-lo longo ao sentirmos tédio.

Na sexta questão, planejamos verificar como o sujeito percebe o conhecimento compartilhado em sua sociedade e cultura e, se relaciona a noção da medida do tempo não apenas ao relógio, mas ao movimento, às transformações relacionadas ao organismo e à consciência.

Sobre as questões relacionadas ao valor e fim do tempo, consideramos que fornecem um espaço para a reflexão sobre o motivo de estudar o tempo, e até de estudar Física. Pensamos que este tipo de pergunta poderia evocar mais sentidos e valores para o conceito.

Sobre a pergunta 13, nosso propósito era conhecer os conceitos, conhecimentos que os estudantes percebem haver relações com o tempo. Consideramos a ideia de comparar as relações estabelecidas pelos alunos no primeiro ano e no último.

As perguntas 14 e 15 referem-se ao contexto da Relatividade Restrita. Caso este contexto fosse utilizado pelo participante, decidimos perguntar se o estudante considera que o sentido do tempo, no contexto da relatividade, só é válido do ponto de vista teórico e não na vida cotidiana.

Sobre a pergunta 16, relacionada às noções de passado, presente e futuro dentro das teorias da física, consideramos que poderia ser respondida de diversas maneiras. Por exemplo, pode-se pensar na finitude da velocidade da luz e, então, temos objetos refletindo a luz incidente presentes no passado. Pode-se lembrar dos astros, que estão muito longe, de forma que os visualizamos há anos, séculos, milênios atrás. Pode-se falar do cone de luz relacionado à relatividade, ou da simultaneidade, relativa a um observador. Pode-se falar do tempo reversível da mecânica clássica ou do determinismo desta teoria clássica, ou falar Termodinâmica e da seta do tempo, de modo a relacionar o futuro ao aumento da entropia. Nosso objetivo, portanto, era verificar quais destas relações apareceriam. Consideramos esta pergunta bastante importante porque passado, presente, futuro são termos extremamente usados no cotidiano, na vida. Para nós, estabelecer relações entre eles e o conteúdo aprendido nos cursos de graduação é atribuir sentido para este conhecimento, mantendo “vivas” as relações utilizadas no contexto da sala de aula, já que estará sendo utilizada para estabelecer relação com o mundo concreto, de forma a complexificá-lo.

Sobre a pergunta 17, (acerca do valor atribuído à aprendizagem dos sentidos do tempo no curso de licenciatura), nossa finalidade era verificar se o estudante estabelece relações entre os sentidos do tempo da Física e a vida, no geral.

Por fim, na pergunta sobre a relação entre o tempo e energia, objetivamos verificar se os estudantes aprendem sobre a relação entre a homogeneidade do transcurso do tempo e a conservação da energia. Esta é questão bastante específica, teórica e implica numa discussão sobre os limites da teoria Mecânica.

2.25 Uma síntese

Consideramos a realidade em permanente transformação - um perpétuo vir-a-ser. Junto da realidade, há o sujeito e, entendemos sujeito e realidade, ou seja, sujeito e objeto possuindo existência mútua, *sujeito-objeto*, capaz de formar um binômio que se transforma dialeticamente, ao longo da história.

A relação entre sujeito-objeto é de unidade, mas não de identidade. Tal relação é necessariamente mediada por instrumentos, como expôs Vigotski. Todavia, com o aporte de Leontiev, esta mediação, (agora triangular: *sujeito-instrumento-objeto*) pertence a uma comunidade, se configurando como uma *atividade* na qual o homem e natureza se transformam dialeticamente, de acordo com suas necessidades, motivos. Assim, entendemos que a intervenção do humano no ambiente é fruto de uma intenção, de modo que a atividade humana revela a ação teleológica do homem no mundo, sendo responsável por colocá-lo em contato com o coletivo e com os artefatos culturais. É desta maneira que o gênero humano cria dialeticamente a realidade humana, satisfazendo suas necessidades e vontades.

Em relação à atividade, constitui-se de coordenações de operações e de coordenação de ações e, acima de tudo, é aberta. As atividades também estão coordenadas, formando cadeias de atividades. Um elemento fundamental da atividade é a *contradição*, revelando os sentidos não negociados, o não compartilhamento de objetos, a ausência de mediações entre os sujeitos da atividade no sistema de atividades. Assim, existem tensões na estrutura da atividade, elemento central para suas transformações e modificações de suas dinâmicas.

As mudanças ocorridas nas atividades por conta das contradições promovem a construção de novas relações com o mundo, novos instrumentos, novas mediações, novos conceitos: é desta maneira que ocorre a contínua *complexificação* da realidade, ou seja a complexificação da relação sujeitos-objetos. Trata-se do que Pazello e Mattos (2010) chamaram de processo de contínua recomplexificação do concreto, do qual a unidade de complexificação pode ser entendida como a “descensão do concreto imediato numa redução

ao abstrato e a posterior ascensão do abstrato particular para o concreto complexificado”. Este último, neste novo momento se torna o novo concreto imediato que será reduzido à novo abstrato que, novamente será ascendido a um novo concreto complexificado. Assim o que se chama de “método da ascensão ao concreto”, na verdade deveria se chamar “o método de descensão do concreto imediato ao abstrato e posterior ascensão do abstrato ao concreto complexificado” (MATTOS, 2017), do qual se parte de contextos particulares, os quais são reduzidos à proposições particulares, com as quais é possível identificar relações mais gerais no contexto prévio, que passa se torna um contexto mais geral.

Em relação aos conceitos, os tomamos então como sistemas de relações e generalizações contidos nas palavras, sendo necessariamente históricos, sociais, culturais. São eles que nos permitem as mais diferentes maneiras de pensar o mundo, significá-lo, recriá-lo, traduzi-lo, expressá-lo.

Dada essa visão de mundo, é nesta perspectiva que entendemos a Física como atividade humana. Por exemplo: vamos pensar no conceito de *espaço*.

O homem existe junto ao *espaço* num movimento dialético, uma vez que sujeito-objeto adquire realidade na práxis humana: à medida que o homem interage com o espaço por meio da Física: ele o mensura, investiga suas propriedades, determina sua curvatura, calcula o campo elétrico num determinado ponto, verifica a conservação do momento, etc. transforma a si mesmo e a realidade do espaço, reciprocamente. Deste modo, a consciência do sujeito é ampliada ao mesmo tempo em que a realidade à sua volta se transforma, tornando-se qualitativamente distinta, mais complexa.

Além disso, o fato de considerarmos que conceitos nascem e vivem nas interações entre as pessoas que os criam e os usam, justifica a existência da polissemia das palavras, suas diversas interpretações, mediações, sentidos, significados, valores e também a tentativa de sua modelagem por meio da noção de perfil conceitual.

Sobre o perfil conceitual, este é um modelo que foi criado para expressar o conjunto de diferentes representações sobre um determinado conceito. Tais representações são chamadas zonas e aqui serão consideradas do ponto de vista epistemológico e ontológico (como em Mortimer) e do ponto de vista axiológico (como em Rodrigues & Mattos, 2006a, Dalri, 2010). O aspecto ontológico associado ao perfil é justificado pelo fato de que, a coexistência de diferentes interpretações para um conceito sinaliza naturezas distintas para ele. Já a dimensão axiológica do perfil está relacionada aos valores que os sujeitos em atividade atribuem aos objetos (conceitos), o que possibilita entender e reconhecer as razões

afetivas das escolhas de certas representações dos objetos em determinados contextos e seus fins.

Com relação ao contexto, este também é um elemento caro para a noção de perfil conceitual, pois o uso das zonas está condicionado ao contexto no qual o indivíduo se insere. Assim, o sujeito pode acessar uma determinada zona do perfil conceitual conforme sua ressonância com o contexto. Contexto, aqui, é entendido como a compreensão que uma pessoa tem de uma determinada situação, como ela percebe a relação entre os objetos e sujeitos inseridos nessa situação do qual pode ou não fazer parte (WERTSCH, 1985). Como Mattos (2014) aponta, trata-se de um campo complexo de dêixis negociadas nas interações sociais. Desta forma, se existir mais de uma possibilidade de compreensão das relações destes mesmos objetos e sujeitos na situação, haverá outros contextos.

Também destacamos que, estamos levando em consideração a contribuição dada por Pazello e Mattos (2010) à noção de perfil conceitual referente à *indissociabilidade entre conceito e contexto*. Concordamos com os autores com o fato de que, conceitos não são definições independentes, como se fossem produtos acabados, no sentido de estarem descolados do contexto de origem para ter validade numa classe de elementos, existindo independentemente de quaisquer relações.

Além disso, interpretando contexto como um campo de dêixis, como campos de influências de sentidos, pode-se perceber a existência de diversos níveis hierárquicos e que muitas vezes estão sobrepostos. Por exemplo, a superposição pode se dar quando consideramos o aporte de Vigotski sobre a gênese dos conceitos, que provavelmente deve ter as características já apontadas nas suas escalas genéticas: filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese. Assim, a maneira como um sujeito conhece um determinado conceito e percebe sua natureza estará ligada a situações ocorridas em sua casa, escola, família e em situações específicas vividas por ele. Também será influenciada por situações e eventos mais duradouros ocorridos em sua comunidade ou na sociedade em que vive. Sobrepondo-se a isso, tem-se também a influência daqueles eventos mais longos, como os pertencentes à história das sociedades e da espécie humana.

Desta forma, imaginamos que os perfis conceituais de tempo dos participantes das nossas amostras conterão traços de todos estes campos genéticos.

Capítulo 3

O conceito de tempo

3.1 Movimento do conceito

Entendemos que a cognição humana é produto de eventos genéticos que se desenvolvem ao longo de milhões de anos, de eventos sócio culturais que ocorrem em dezenas de milhares de anos de tempo histórico e de eventos “pessoais” que se dão ao longo de milhares de horas no tempo microgenético.

Nesta perspectiva, da mesma maneira que o funcionamento psicológico é entendido por meio de escalas de desenvolvimento, considerando sujeito-objeto como uma categoria ontológica, os conceitos também serão compreendidos como emergentes nestas escalas, uma vez que são construtos socioculturais e históricos da práxis humana.

Assim, conceitos podem ser compreendidos como construções complexificadas na medida em que as próprias atividades humanas se complexificam. Iniciado junto à consciência do homem primitivo, todos os conceitos permanecem em aberto, no sentido de que diferentes perspectivas e relações sempre poderão ser estabelecidas no devir da atividade humana (VIGOTSKI, 2001).

Neste capítulo apresentaremos uma reflexão envolvendo a gênese sócio-histórica do conceito de tempo num recorte que contempla o currículo do curso de Licenciatura em Física. Pretendemos recuperar determinados contextos, mediações e contradições, a fim de revelarmos alguns aspectos do *movimento* deste conceito fundamental.

Estamos interpretando a ideia de *movimento* de um conceito com base nas nossas referências teóricas. De primeiro, consideramos a associação entre conceito e atividade, encontrada em Lago (2013). Neste trabalho, é feita a proposição do “conceito-atividade”, a partir do estabelecimento de uma aproximação entre sistema de conceito, de Vigotski e, o sistema de atividade (unidade de análise da TASCH). Em linhas gerais, tanto o conceito como a atividade humana são tomados como representantes de uma síntese do homem no mundo e, como atividades diferentes formam conceitos diferentes, para uma construção conceitual adequada considera-se necessário um olhar cuidadoso sobre as atividades pedagógicas propostas. E assim, como as atividades humanas sofrem transformações, são abertas e dinâmicas - o que Engeström (1999) designa de “ciclos expansivos de atividade”, o conceito também se transforma, se movimenta. Afinal, quando os sentidos não estão sendo

compartilhados, ou quando não há compartilhamento de mediações e objetos, há contradições que geram mudanças nas atividades. Ou seja, ao associarmos determinadas zonas do perfil do conceito à certas cadeias de atividades, interpretamos o movimento do conceito como as mudanças ocorridas nestas cadeias de atividades, capazes de formar outras cadeias, complexificando sua estrutura. A presença de contradições ajuda-nos a explicitar a complexificação do conceito de tempo.

Ainda com relação à questão do *movimento* do conceito, podemos pensá-lo também numa escala mais microgenética, em relação ao ensino e a aprendizagem - aqui entendido como processo de *ensino-aprendizagem*. Este é um processo dinâmico único, um binômio dialético da educação, para a qual há apenas sentido em aprendizagem na presença de ensino. A metáfora de um jogo de basquete pode nos ajudar a ilustrar essa ideia. Uma partida só acontece, de fato, quando os dois times estão em campo. Se tivermos o juiz e um time, pode haver um aquecimento, um treinamento, mas não um jogo propriamente dito. Voltando ao contexto da educação, se quisermos analisar o processo de ensino-aprendizagem em uma determinada sala de aula, por exemplo, não basta mantermos nosso foco de atenção apenas nos estudantes: no quanto aprenderam ou, o quão suficiente foram suas performances. Deve-se levar em conta a presença e atuação do professor - como planejou estratégias e abordagens, o tempo que dedicou a cada tópico, as escolhas das atividades nas quais envolveu a turma e como organizou suas avaliações frente a tudo isso. Entendemos que a performance do professor e dos estudantes estão coordenadas como ações de uma atividade.

Esclarecida esta visão, vamos então pensar no movimento dos conceitos num contexto mais específico e mais próximo da microgênese dos conceitos no cenário da educação formal, por meio da noção de *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP) de Vigotski (ver Cap. 2, item 2.3).

Situando o processo de ensino-aprendizagem de conceitos entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, localizamos aí a transformação do *sujeito-objeto*. Afinal, a ZDP representa um domínio psicológico em constante transformação. Por exemplo, podemos pensar no caso de que, durante a negociação de sentidos em sala de aula, um professor apresenta um significado relativo a um determinado conceito, estabilizado pela prática humana (por exemplo, a ciência), que pode diferir do sentido estabelecido pelo seu interlocutor, o estudante. É neste caso que interpretamos haver uma tensão entre sentido e significado, permitindo o *movimento* do conceito: processo realizado numa determinada atividade pedagógica na qual o estudante complexifica o conceito, desempenhando tarefas relacionadas a ele mediante novos sentidos.

Este caso também pode ser pensado em termos das *ordens de aprendizagem* (ver Cap.2, item 2.11). Uma vez formada a nova zona, o sujeito pode se relacionar de diferentes maneiras com ela. Por exemplo, pode apenas conhecer o novo sentido do conceito e associá-lo ao contexto adequado de uso de uma forma estanque, no sentido de ser um conhecimento isolado, não relacionado aos outros conhecimentos que possui: ou o sujeito aprende a nova zona de uma forma mais próxima de si, no sentido de que consegue, ele próprio atribuir um sentido para a nova zona, relacionando-a com outras zonas, outros conhecimentos, percebendo diferenças, semelhanças, etc. Entendemos que, este movimento do conceito significa o próprio movimento da relação sujeito-objeto.

Neste capítulo partindo da noção de movimento descrita acima, apresentaremos alguns exemplos da história da ciência envolvendo diferentes cadeias de atividades, nas quais o conceito de tempo é utilizado, com seus significados e sentidos específicos. Afinal, sujeitos se apropriam dos objetos atribuindo significados e sentidos a eles enredados às atividades humanas. Nestas complexas cadeias realizamos recortes que nos permitiram iluminar contradições capazes de levar a outras zonas do perfil de tempo presentes nos conteúdos do curso de Licenciatura em Física.

É importante ressaltar que nosso objetivo não é uma historiografia do conceito ou uma mera descrição da maneira como o conhecimento científico se desenvolveu ao longo dos séculos e, muito menos sugerir causalidades lineares. Nosso propósito é recuperar algumas das cadeias de atividades responsáveis por atribuir e sustentar determinados sentidos e significados do conceito do tempo ao longo do processo sócio-histórico.

Novamente, enfatizamos que nossas escolhas de abordagens e recortes foi feita com especial atenção aos conteúdos presentes no curso de Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo.

3.2. Tempo e organismos

Astros do sistema solar encontram-se em permanente movimento de rotação e translação. Tais movimentos fazem com que todos os seres vivos do planeta experimentem mudanças ambientais, segundo padrões cíclicos.

As diversas formas de vida se adaptam a esses padrões por meio da evolução de algum mecanismo fisiológico, capaz de regular o comportamento dos organismos, que se adaptam às variações externas criando uma espécie de rotina interna. Tal mecanismo é conhecido como “relógio biológico” (MARKUS *et al*, 2003, MENNA-BARRETO, 2007).

Todos os “relógios biológicos”, nas mais diversas espécies, possuem uma função primordial em comum: a sincronização dos padrões de comportamento num determinado meio. Assim, presentes desde o início da vida na Terra, estes mecanismos foram os primeiros organizadores do comportamento dos seres vivos em relação ao movimento periódico dos astros, ou seja, os primeiros a fornecer à vida uma estrutura sequencial, periódica, sincronizada com as mudanças do meio externo. Pedrazolli *et al*, (2008) explica que “relógios biológicos” são importantes pois revelam o processo de adaptação das espécies, visando a manutenção da sintonia entre os processos vitais dos organismos e as mudanças ambientais em que estão inseridos, permitindo a previsão de fenômenos e o planejamento da vida destes seres.

Estamos colocando entre aspas a palavra relógio pois, sua etimologia deriva do latim *horologium* e significa “conhecimento da hora”. Consideramos que, este mecanismo interno dos seres vivos não permite que se conheça a hora, no sentido de um determinado horário no período de um dia, mas refere-se a um mecanismo cíclico, endógeno, relacionado à sincronização com o ambiente externo.

De modo geral, a comprovação da existência destes mecanismos internos de tempo nos animais e nas plantas originou três campos de pesquisa: o estudo da navegação animal, o estudo do fotoperiodismo (nome genérico dado às reações dos organismos às mudanças sazonais na duração do dia e da noite) e o estudo de ritmos periódicos ou diários no comportamento e atividade dos organismos (WHITROW, 2005).

Em relação à navegação animal, os gafanhotos, por exemplo, formam “nuvens” migratórias num período regular de 17 anos. Já as abelhas apresentam um caso bastante sofisticado ao se comunicarem, indicando localizações, tendo seu senso da passagem do tempo baseado em um relógio interno de período 24 horas. Segundo Whitrow (2005), quando a abelha escoteira descobre flores repletas de néctar, ela se apressa em informar às outras da colônia: executa uma dança que indica a distância e a direção das flores. Caso as flores estejam a menos de 100 metros de distância, sua dança é circular, movendo-se uma vez para direita e outra para esquerda, repetidas vezes, durante mais ou menos 30 segundos. Caso as flores estejam longe, as abelhas voam a uma curta distância, sacudindo o abdômen rapidamente de um lado para o outro. Em seguida, é feita uma volta completa para esquerda, indo em frente novamente e virando à direita, repetindo o movimento várias vezes.

De acordo com as pesquisas, a distância das flores é indicada pelo número de voltas dadas num certo tempo: quanto menor este número, maior a distância. A direção das flores é indicada pela parte da dança em linha reta, onde o Sol é utilizado pela abelha como

referência. Esta comunicação entre as abelhas depende da capacidade de percepção do tempo destes insetos, pois a abelha executa a dança de tempos em tempos com a regularidade de um relógio.

O segundo campo de pesquisa citado, relacionado aos estímulos da luz do dia e o comportamento de plantas e animais parece ter tido origem com os estudos de um astrônomo francês, Jean-Jacques De Mairan, em 1729. De Mairan observou que uma planta da espécie *Mimosa* abria e fechava as folhas conforme a luminosidade. Para estudar a relação entre o movimento periódico das folhas e o ciclo claro-escuro, o astrônomo a colocou num local isolado - um baú, e pode verificar que o vegetal continuava se comportando como se acompanhasse a presença ou ausência do sol (WHITROW, 2005).

Outros cientistas também estudaram fenômenos similares, porém, foi somente em 1930, por meio das pesquisas do alemão Erwin Bünning que a medição com precisão da passagem do tempo pelas plantas, foi comprovada mesmo na ausência de luz, evidenciando a existência de relógios biológicos intrínsecos nestes organismos (WHITROW, 2005).

Em relação aos “relógios biológicos” do homem, este possui um grande número de “cronômetros” internos, que se manifestam de vários modos. Por exemplo, há mudanças rítmicas na temperatura do corpo, nas atividades metabólicas, endócrinas e nervosas. A investigação destes mecanismos e de suas variáveis periódicas fisiológicas e comportamentais (os chamados ritmos biológicos) nos seres vivos constitui objeto de estudo de um ramo da ciência denominado *Cronobiologia*. Reconhecida oficialmente desde 1960, a Cronobiologia estuda características temporais da matéria viva em todos os seus níveis de organização, o que inclui os ritmos diários humanos, conhecidos por “circádios” - derivado do latim *circa* (cerca de) e *dies* (dia). Isso porque, o período dos ritmos circádios é de 24 horas (PEDRAZOLLI *et al*, 2008, MARKUS *et al*, 2003, MENNA-BARRETO, 2007).

Os ritmos circadianos podem ser eventos bioquímicos, fisiológicos ou comportamentais importantes para sobrevivência. Estão sincronizados com outros ciclos evidenciados pela variação da luz, da fome, entre outros, mas também persistem sem pistas ambientais, o que os caracteriza como ritmos gerados endogenamente (PEDRAZOLLI *et al*, 2008). Assim, nesta perspectiva mais específica da cronobiologia, segundo Markus *et al*, (2003), para que os seres vivos possam acompanhar estas variações do ambiente externo é necessário que uma estrutura seja capaz de exibir um padrão oscilatório auto-sustentado, endógeno, de forma independente de qualquer variação temporal externa. Pesquisas mostraram que esta estrutura, sede do “relógio biológico” de mamíferos, localiza-se nos

núcleos supraquiasmáticos (NSQ), que receberam esse nome devido à localização dessas células logo acima do quiasma óptico.

Os NSQ são pequenos aglomerados de neurônios no hipotálamo, contendo cerca de vinte mil células e ocupando um volume de 0,1 mm³. Funcionando como marca-passos geradores de “relógios biológicos”, são responsáveis pelo controle de funções vitais e autônomas, tais como a fome, sede, respiração, circulação do sangue, dentre outras (Ibidem, 2003).

Mesmo quando colocadas em cultura, as células do NSQ mantêm um ritmo de aproximadamente 24 horas, indicando que sua atividade rítmica é independente da informação temporal oriunda do meio ambiente. Portanto, para uma adaptação aos ritmos ambientais estas células são sincronizadas diariamente à inforação de claro/escuro através de uma via sináptica que conecta a retina ao NSQ. Os NSQ também se conectam por via neural com a glândula pineal, localizada no cérebro. Ativada pelo escuro, a glândula pineal produz o hormônio melatonina que, ao penetrar rapidamente na circulação sanguínea, informa a todas as células do organismo que está escuro. O hormônio da melatonina está presente na maioria das espécies, incluindo organismos unicelulares (MARKUS & CECON, 2013, p.52).

Além dos “relógios biológicos”, de modo a dar sequência a nossa abordagem sobre o tempo, vale frisar que não podemos pensar neste nível genético descrito, mais biológico - da cronobiologia, separado dos aspectos sócio-culturais, que juntos contribuíram para a construção de diferentes sentidos do tempo, em especial aqueles relacionados à física clássica.

3.3 Comunidades sem calendário: tempo e a atividade agrícola

Os antigos parecem homens que caminham de costas para o futuro
(Schuhl *apud* Gourevitch, 1975, p.269).

Para iniciarmos este texto, pareceu razoável buscar referências sobre concepções de tempo em comunidades numa fase anterior à linguagem escrita, quando padrões convencionais de medida eram inexistentes.

Utilizamos, para este fim, as abordagens do sociólogo alemão Norbert Elias (2010), que na obra “Sobre o tempo” descreve diversas atividades nas quais sentidos do conceito de tempo foram forjados, e do historiador russo Gourevitch (1975), que em “As culturas e o tempo”, traz uma análise do conceito de tempo como um problema da história cultural.

Elias (2010) inicia sua abordagem relatando que nos estágios precoces de formação das sociedades existia a necessidade de situar os acontecimentos da vivência humana e de

avaliar a duração de determinados processos e fenômenos naturais. O homem, em geral, em comunidades essencialmente agrárias, desenvolvia suas atividades segundo diversos movimentos da natureza, como as marés, o nascer e pôr do Sol, da Lua e de outros astros. Segundo Elias, nesta fase, as sociedades ainda não possuíam representações simbólicas claras das sucessões dos anos, ou seja, eram desprovidas de calendários e as principais referências temporais dos indivíduos baseavam-se em processos biológicos como fome, sono, sede, frio, etc. os quais eram correlacionados com fenômenos naturais tais como marés, secas, chuvas, entre outros.

Uma curiosidade destacada pelo sociólogo é o fato de que, como eram inexistentes as representações simbólicas para a sucessão de instantes de tempo, os homens não sabiam ao certo nem sua idade. Elias exemplifica: “eles dirão (...): eu era pequeno quando ocorreu o grande terremoto” (ELIAS, 2010, 11). Deste modo, os acontecimentos são considerados pontuais, servindo de quadro de referência para o tempo, não se vinculando a um desenrolar contínuo.

Elias (2010) considera a percepção de tempo destas sociedades como sendo “passivamente determinada”, ou seja, a alternância do dia e da noite, assim como a mudança nas estações do ano regia a atividade produtiva. É destacada também a inexistência da noção de irreversibilidade do tempo, uma vez que nestas comunidades a consciência humana era mais atingida pela repetição das mesmas sequências, como o ciclo das estações do ano, do que pela sucessão de anos que não voltam. Assim, o autor classificou esta percepção de tempo como *cíclica* – por estar associada a fenômenos periódicos na natureza, *descontínua* e *qualitativa* – por não se vincular a processos com um desenrolar contínuo e mensurável.

De modo complementar, o historiador russo Gourevitch (1975) destacou dois aspectos principais caracterizando a concepção de tempo nas sociedades primitivas: a questão deste não ser entendido como ideia, mas como algo constituinte da realidade vivida, e a percepção de passado e futuro dispostos junto ao presente, o que designou de *espacialização do tempo*.

O primeiro aspecto que Gourevitch (1975) destacou, diz respeito à questão de que, em geral, o tempo não era vinculado a uma ideia ou símbolo numérico neutro, mas à determinadas atividades da comunidade, assim, é algo carregado de valor afetivo: pode ser bom, mau, sagrado, profano, favorável ou nefasto. O tempo é, portanto, a vida dos homens e se modifica qualitativamente com ela, se sucedendo e retornando, repetitivamente, assim como as estações. Gourevitch afirma que, a noção de tempo (assim como a de espaço) não

é dada fora da experiência ou antes dela, mas unicamente na experiência concreta destas comunidades.

Nesta visão, a aparência cíclica do tempo não só ocorre pela relação entre atividades sociais e alternâncias periódicas de luminosidade e fenômenos climáticos, mas devido a existência de uma crença (daquelas pessoas que viviam em sociedades agrárias) de que, atos humanos se repetem ao longo da vida, em especial, aqueles realizados pelas divindades ou por “heróis culturais”. Sustentando esta crença, o autor explica que eram oferecidos cultos aos antepassados nos períodos das festas. Daí a epígrafe apresentada no início deste texto: a consciência do homem primitivo não estava orientada para a percepção de novas modificações, mas levada a encontrar o antigo no novo. Por isso, o futuro, para tais comunidades, não se distingue do seu passado (GOUREVITCH, 1975).

O segundo aspecto destacado por Gourevitch - a espacialização, diz respeito à ideia de tempo limitado ao passado recente, ao futuro mais próximo e à atividade em curso no ambiente imediato. Para além desses limites, a percepção dos eventos ocorridos tornava-se vaga, acabando por configurar lendas ou mitos. Assim, a espacialização do tempo referida pelo autor, se refere a questão do tempo ser vivido de forma que, passado, presente e futuro possuem uma imagem de bloco temporal único, constituinte da realidade que se experimenta.

Sobre estas duas descrições, ainda que ambos os autores destaquem a aparência cíclica do tempo, é preciso fazer a ressalva de que tais visões não implicam na total ausência da noção de tempo linear nas sociedades primitivas. Afinal, o envelhecimento, a sucessão de acontecimentos e fenômenos sempre ocorreram diante dos homens. Entretanto, ambos autores consideram que a ideia de tempo linear não predominava na consciência dos sujeitos daquelas sociedades, mas, de certa forma, estava subordinada a uma percepção cíclica dos fenômenos da vida e também a uma imagem mítica do mundo.

Neste caso, podemos analisar estas interpretações de tempo à luz de nosso referencial teórico. Percebemos que as sociedades primitivas citadas têm em comum o fato de serem essencialmente agrárias. Claro que outras atividades também eram realizadas, como caça, pesca, etc. Porém, vamos fazer essa redução para nos ajudar a pensar, não interrompendo nossa abordagem diante da complexidade das cadeias de atividades humanas.

Assim, entendemos que o conceito de tempo destas comunidades, seus sentidos e significados eram negociados e compreendidos com base nas suas atividades agrárias principais, como por exemplo, agricultura, irrigação dos solos, etc. Esta atividade principal ou dominante - aquela sobre a qual orbitam todas as outras atividades da comunidade (CAMILLO, 2015), confere uma determinada aparência ao tempo, descrita por Elias (2010)

como “processo cíclico, descontínuo e qualitativo”. Todavia, além de aparência, uma essência também é apresentada, uma vez que esta concepção se forja em meio a um conjunto de mediações participantes da agricultura e que configuram uma totalidade em questão. Ou seja, esta interpretação para o conceito de tempo pode ser tomada como sua essência se desconsiderarmos a cadeia de atividades mais amplamente, ou seja, os níveis hierárquicos existentes acima e abaixo desta atividade onde, por exemplo, o tempo pode ser entendido como sua medida (interpretação que descreveremos no item 4.0).

É importante lembrar que, os sentidos e significados do tempo estão relacionados às atividades humanas que, por sua vez, estão ligadas à consciência, tese central de Leontiev (1978) de que atividade e consciência humana determinam-se dialeticamente. Ora, é na interação sujeito-objeto-comunidade que emerge a linguagem que estabelece e permite estabelecer sentidos aos objetos e ao próprio processo de trabalho, resultando em novos objetos e na ampliação da consciência. Nesta direção, pensamos que a atividade da agricultura constitui e é constituída pelos diversos modos de ser dos sujeitos daquelas sociedades.

Embora Elias (2010) e Gourevitch (1975) tenham se referido a sociedades muito antigas, vamos agora citar dois exemplos atuais de povos que interpretam o tempo de maneira não quantificada. A tribo Amondawa⁶ (SINHA et al, 2014; SINHA; GÄRDENFORS, 2014), habitante da floresta amazônica, sobrevivente da caça, pesca e agricultura, percebe o tempo por meio dos eventos climáticos naturais. Os integrantes da tribo não possuem idade e a transição de criança para a vida adulta é assinalada pela mudança de nome: uma criança dá seu nome a um irmão recém-nascido, assumindo uma nova identidade.

Outra comunidade é a dos *kichwa canelos*, no Equador. Originários da mistura de povos devido às migrações forçadas durante as conquistas espanholas, encontram-se distribuídos ao longo de rios, possuindo um estilo de vida baseado na caça, pesca e agricultura de subsistência e um idioma que foi imposto pelos jesuítas no século XVII (MARTÍNEZ NOVO, 2012).

Martínez Novo (2012) realizou uma série de entrevistas com seus integrantes, com os quais pode verificar que o tempo para os *kichwa canelos* não é linear, quantificado. Não possui uma seta do tempo implícita, dirigindo o tempo do passado ao presente e futuro. Na

⁶ Para descrição sucinta ver: http://www.jn.pt/PaginaInicial/Sociedade/Interior.aspx?content_id=1859099, acesso em 10 de dezembro de 2012.

fala dos indígenas, identificou-se o tempo possuindo o significado de um ser, que existe de modo onipresente na vida desta comunidade.

Por último, é importante destacar a questão da concepção de *natureza* presente nesta exposição. Aqui, a relação do tempo com a natureza se expressa no sentido desta corresponder às variações periódicas climáticas e de luminosidade coordenadas com as atividades humanas. Por enquanto, quando nos referirmos ao tempo associado à natureza, estaremos a interpretando no sentido destas variações ambientais. No item 5.4, voltaremos a falar da interpretação dada à natureza relacionada ao tempo, no contexto europeu de transição entre as idades média e moderna, quando transformações ocorrem em ambos os conceitos.

3.4 Ampliando o conceito

Dando prosseguimento ao nosso recorte, a fim de apresentarmos novas mediações para o conceito de tempo, vamos nos debruçar no contraste existente entre sociedades providas e desprovidas de calendários e relógios. Em seguida, passaremos para a idade média e sua transição para idade moderna. Justificamos este recorte pelo fato de que, nosso objetivo é levantar elementos históricos do conceito de tempo vinculados à Mecânica Clássica, neste primeiro momento. Portanto, este período da idade média e sua transição para moderna é especialmente relevante ao nosso trabalho por constituir o cenário da construção desta ciência. Trata-se de um momento da história onde emergiu com força a atividade da igreja e do mercador, contribuindo para que outras relações, sentidos e valores fossem atribuídos ao tempo, tornando-o mais complexo e, abrindo espaço para a diversificação e disseminação de diversas formas de medição de tempo, influenciando a construção dos sentidos do tempo característicos da ciência mecânica.

3.4.1 Organizando atividades: calendários e relógios

Em geral, os povos que inicialmente se preocuparam com a elaboração de calendários e relógios foram os que observaram o céu de modo mais cuidadoso e sistemático, como chineses, egípcios, babilônios, indianos, judeus e caldeus. Afinal, sacerdotes, médicos, filósofos, matemáticos das antigas civilizações foram atraídos para a atividade da astronomia pela percepção de que os astros celestes, com seus movimentos periódicos em ciclos constantes, possibilitavam aos homens representar o que seria a passagem do tempo. Por exemplo, por volta de 3000 a. C. no Egito antigo - “a dádiva do Nilo”, surgiram um dos primeiros calendários que se tem registro, elaborados mediante estudos sobre a posição dos

astros e motivados pela falta de parâmetros para previsão das épocas de plantio (WHITROW, 2005; PIMENTA, 1976).

De acordo com Elias (2010), mais do que o interesse por astronomia, calendários foram criados nas diversas sociedades agrárias em resposta à necessidade de organização e coordenação das diversas atividades humanas para a coletividade. Para o autor a necessidade de uma cronologia, ordenada e unitária, variou conforme o tamanho e o grau de integração entre povos e territórios e, também, conforme a extensão de redes comerciais. Como a responsabilidade das escolhas das atividades a serem coordenadas, pressupõe o conhecimento do momento favorável em que convém fazer as coisas, durante muito tempo, esta função foi desempenhada pelos sacerdotes e reis, que tinham mais disponibilidade para observar o movimento e as mudanças dos corpos celestes, já que não precisavam trabalhar para produzir seu próprio alimento. Neste sentido, o autor dá um exemplo de uma comunidade africana num estágio relativamente primitivo de civilização agrícola:

Outra tarefa ligada às obrigações permanentes do (...) sacerdote era a observação das estações, para que ele ficasse em condições de indicar ou anunciar à população inteira o momento da semeadura, bem como o da celebração de suas festas. A primeira destas funções, obrigava-o todas as manhãs, a subir a até um posto de observação que dava para o leste, para dali assistir ao nascer do sol. Dizem que existe no leste (...) uma montanha de cimo achatado (...) e que, quando o sol aparecia bem atrás dessa montanha, no alvorecer, a primeira chuva da semana era considerada boa para semeadura. (...) Na primeira manhã depois da chuva, o sacerdote dava um sinal, que era depois retransmitido por toda essa região montanhosa. Viam-se então os camponeses e suas famílias descenderem as encostas com enxadas e seus cestos, para participar do trabalho coletivo. (...) Para poder anunciar ao povo com precisão o momento dos festejos de meados do ano, o sacerdote tinha que escalar outro rochedo, que dominava a região ocidental, e ali, à visão da lua nova, traçar um sinal com uma pedra ou colocar um caramujo num vaso preparado para este fim (...). (ELIAS, 2010, p.43)

Sobre o caramujo mencionado, o autor se refere ao fato de que, toda vez em que a Lua, em uma determinada fase, passava acima de uma certa posição, o sacerdote depositava uma concha dentro do vaso, de modo a se lembrar de quantas foram as vezes que o satélite aparecia no céu desde o fim dos ventos quentes e dessecantes. Pelo tamanho da pilha de conchas se determinava a chegada do momento propício às festividades.

Com relação aos relógios, segundo Pimenta (1976), é provável que o primeiro medidor de tempo tenha sido um simples e rústico bastão fincado no solo, há cerca de 5000 anos. Com o passar dos séculos, este instrumento foi aprimorado, surgindo os Gnômons:

simples obeliscos de pedra, localizados em lugares amplos onde podiam receber luz solar desde a aurora ao crepúsculo, projetando sua sombra.

Entretanto, largamente difundidos nas sociedades da antiguidade, os relógios solares não permitiam medir as horas à noite ou em dias nublados. E assim, como a necessidade de medir as horas também na ausência do Sol era iminente, abriu-se espaço para a invenção de uma variedade de tipos de relógios.

De fato, para medir a passagem do tempo, durante as atividades humanas, mesmo que de modo impreciso, pode-se usar qualquer processo aproximadamente constante durante um dado período. Os relógios hidráulicos, por exemplo, funcionavam às custas do escoamento de um líquido de um reservatório em um nível superior, com um pequeno orifício, para um recipiente situado em nível inferior. Neste caso, o contínuo e regulável escoamento da água foi comparado à passagem do tempo, como no caso dos tribunais em Atenas e Roma: limitava-se a oratória dos advogados empregando vasilhas ou taças perfuradas nas quais a água escorria. Naquele contexto da atividade da advocacia, a água era um símbolo do tempo, sendo comum dizer “a água está correndo” com o mesmo sentido que dizemos “o tempo está passando”. Mais tarde, com os gregos, estes relógios receberam o nome de clepsidra. Além das atividades ocorridas nos tribunais, as clepsidras também eram utilizadas quando se fazia necessária a marcação de um determinado intervalo de tempo, como na atividade da medicina, além da astronomia (CHERMAN & VIEIRA, 2008; WHITROW, 2005; OLIVEIRA, 2003).

Outro instrumento bastante difundido nas civilizações antigas foi a ampulheta ou relógio de areia, criado em decorrência da necessidade humana de possuir um instrumento medidor de tempo transportável. De fato, o relógio solar, mesmo que já fabricado em dimensões reduzidas, não era satisfatório: além de não ser capaz de medir curtos intervalos de tempo, era inútil na ausência de luz. Já a clepsidra, não se prestava para ser transportada no dorso de camelos, pelas caravanas ou nas carretas que acompanhavam exércitos. Assim, a ampulheta, instrumento construído com o desenvolvimento da fabricação do vidro (alguns séculos antes do início da era cristã), cobria a necessidade de se controlar serviços executados em um determinado intervalo de tempo, sendo portátil. A ampulheta era, basicamente, uma pequena clepsidra fechada: à prova de vazamento, constituída por dois vasos, um superior ao outro, ligados internamente por um orifício por onde a areia pudesse escoar. Muitos outros tipos de relógios foram inventados nas diversas sociedades antigas com o intuito de medir intervalos de tempo, como a queima de velas de comprimento fixado,

o rastro de cinzas deixado por um incenso ao arder, queima de cordas com nós, relógios de azeite, etc. (WHITROW, 2005; PIMENTA, 1976).

3.4.2 Complexificação do instrumento de medida

Neste momento, vamos analisar como o advento e disseminação de instrumentos como relógios e calendários tornou mais complexo o conceito de tempo.

Segundo Elias (2010) a demanda pela mensuração do tempo se impôs pela necessidade de coordenação entre as atividades sociais e os ciclos climáticos e de luminosidade. E assim, com a invenção de instrumentos medidores, ainda que a ideia de tempo esteja vinculada aos ciclos naturais, pode ser observada uma grande síntese: os movimentos do Sol, da Lua e das estrelas foram condensados e sincronizados em instrumentos como calendários e relógios. A consciência da complexidade que estes instrumentos carregam permite compreendermos que, o que se chama de *tempo* constitui, de fato, uma complexa rede de relações de atividades humanas que:

(...) por intermédio do relógio, é uma espécie de mensagem que um grupo humano dirige a cada um de seus membros individuais. O mecanismo do relógio é organizado para que ele transmita mensagens e, com isso, permita regular os comportamentos do grupo. (...) os símbolos legíveis no mostrador me dão informações sobre diversos aspectos do devir cósmico, como por exemplo, a posição do Sol e da Terra na sucessão ininterrupta de seus movimentos. Eles me informam se é dia ou noite, manhã ou tarde. O tempo tornou-se, portanto, a representação simbólica de uma vasta rede de relações (...) (ELIAS, 2010, p.16-17).

Podemos reconhecer esta “vasta rede de relações” mencionada pelo sociólogo como as diversas cadeias de atividades humanas nas quais os homens vivem e se transformam. Os símbolos relacionados ao tempo, também podem substituir o lugar da observação de movimentos periódicos da natureza, funcionando como “meios de orientação no seio do fluxo incessante do devir” (ELIAS, 2010, p.16). Assim, além dos sujeitos perceberem o tempo por meio de variações cíclicas naturais, como o claro e escuro ou pela posição de astros, com o advento destes instrumentos, basta que olhem para relógios ou calendários e constatem que “são”, por exemplo, dez horas do quinto dia, do décimo primeiro mês do ano de 1230. Tal representação do tempo constitui uma síntese de alto grau, no sentido de que abriga diversas relações humanas, organizadas com determinadas intenções, motivos, ligada a certas necessidades.

Realçamos o termo “são” para enfatizar a ontologia aqui reservada ao tempo: números. Quando aprisionados a esta ontologia, ou a qualquer outra ontologia do tempo, entendemos como uma lacuna, uma falta de mediação, por não estarem explícitas a interdependência das relações entre ciclos astronômicos, naturais e as diversas atividades humanas.

Na perspectiva da Teoria da Atividade Histórico-Cultural compreendemos um calendário como um conceito, um *condensado de atividades humanas*, uma vez que, são as diversas cadeias de atividades conjuntas e coordenadas que dão vida ao termo, à palavra, *tempo*.

Assim, nesta grande síntese, destacamos a *complexificação* do conceito de tempo, a qual se foi capaz de aglutinar sentidos atribuídos e transformados ao longo da própria complexificação das atividades humanas, as quais, muitas vezes, cristalizaram o tempo na forma de artefatos (p.e. calendário, relógios, clepsidras). Em outras palavras, o conceito de tempo adquiriu mais mediações, mais determinações, tornando-se mais elaborado, mais complexo.

Por fim, destacamos também que, como em qualquer atividade humana, existem contradições. Por exemplo, no caso das clepsidras, construídas para medir intervalos de tempo a fim de regular determinadas atividades humanas – tais como a advocacia (que mencionamos anteriormente), não era capaz de regular atividades como viagens em camelos, o que expôs a diferença entre atividades, demandando adaptações, transformações neste objeto. Diferentes objetivos requerem diferentes atividades, exigindo um movimento nas atividades dos viajantes que necessitavam de um instrumento móvel. A mudança do instrumento exigiu novas condições para sua produção, configurando novas operações para este instrumento, assim como novas regras e divisão de trabalho, tanto na atividade de produção do instrumento quanto na atividade (viagem com camelos).

Ou seja, a atividade de medir o intervalo de tempo da oratória de advogados e a atividade de medir o tempo de uma viagem a camelo são bastante distintas, de modo que, usar o mesmo instrumento para ambas expôs novas necessidades de medição, mobilizando a criação de outros tipos de “relógios”, como as ampulhetas, por exemplo. E assim, o conceito de tempo adquiriu mais representações, mais mediações, tornando-se mais elaborado e complexo.

3.4.3 Mais atividades para o tempo: agricultura, religião, guerra e comércio.

Abordamos anteriormente a concepção de tempo vinculada aos ciclos da natureza e à atividade agrícola, quando a imagem do tempo foi caracterizada como descontínua, cíclica e qualitativa. Em seguida, tratamos da questão de que a necessidade de coordenação das diversas atividades - agrícola, religiosa, festiva, etc. levou a criação dos calendários, promovendo uma síntese de alto grau para o conceito de tempo, sintetizando cadeias de atividades humanas num instrumento. Também mencionamos a criação de diversos tipos de relógios que, funcionando a base do fluxo de algum elemento, como água, sombra, areia, etc. contribuíram para fornecer novas mediações ao tempo, já que também pode ser entendido como algo contínuo, passível de ser contado (e, portanto, mais próximo da ideia de tempo linear), apresentando certa possibilidade de independência da observação direta do movimento dos astros.

Dando prosseguimento ao nosso recorte, vamos abordar neste momento algumas das atividades nas quais emergiram novos sentidos para o tempo, preparando o caminho para sua interpretação como sucessão de durações quantitativas e irreversíveis. Para tanto, nos voltaremos ao período de transição entre a idade média e a idade moderna, quando o conceito de tempo sofreu expressiva ampliação. Utilizaremos, principalmente, o livro do historiador francês, especialista em idade média, Jacques Le Goff: “Para um Novo Conceito de Idade Média – Tempo, Trabalho e Cultura no Ocidente” (1979). Nesta obra, o autor se debruça sobre diferentes concepções de tempo vigentes na época, apontando para a questão de que, numa sociedade podem coexistir tantos “tempos” quanto segmentos, classes sociais. Esta abordagem nos é cara tanto pela atenção dada ao autor ao conceito de tempo relativo a este momento histórico, quanto pelo fato de evidenciar a não neutralidade por trás da construção de seus sentidos.

Antes de iniciarmos esta exposição, faremos uma pequena digressão para lembrarmos algumas razões pelas quais este período de transição entre idade média (séculos V a XV) e idade moderna (séculos XV a XVIII) seja considerado de grande relevância histórica para o continente europeu.

No início da idade média, a invasão da Europa por diversos povos possibilitou o estabelecimento do feudalismo, sistema definido por relações servis de produção, nas quais o senhor é o proprietário da terra e o servo seu subordinado, realizador de todo o trabalho agrícola responsável pelo sustento das ordens feudais. Já o clero ocupava um lugar de destaque na hierarquia social e detinha o monopólio do saber. Por isso, as produções filosóficas, científicas, artísticas e literárias seguiam regras fixadas pela igreja. Por exemplo,

a fé e as crenças religiosas eram interpretadas como instrumentos de conhecimento e compreensão da realidade e a devoção a elas, norma de comportamento moral e social.

Tal panorama começou a se modificar com o fim das invasões bárbaras, a partir do século XI, quando a Europa entrou numa fase de estabilidade e de renascimento da atividade urbana, econômica e cultural. É nesse momento que se inicia o processo de desintegração do sistema feudal, quando se instaura uma série de transformações políticas, econômicas, sociais e culturais nas sociedades, possibilitando o desenvolvimento do capitalismo comercial. Tais transformações são conhecidas como Renascimento, Expansão Ultramarina e Revolução Científica.

De maneira sintética, o renascimento comercial e urbano emergiu frente a abolição dos laços servis e o aparecimento da classe burguesa, contestadora da hierarquia social vigente. A burguesia estimulava o florescimento de uma nova cultura que lhes garantisse uma posição social compatível com o poder econômico que vinham alcançando. Junto desta classe, do crescente comércio e da urbanização, eclodiram diversos movimentos culturais, artísticos, literários e científicos, impulsionando o capitalismo e marcando profundamente o desenvolvimento cultural posterior de todo o continente. À burguesia foi dada o comando do desenvolvimento das forças produtivas, permitindo que esta colocasse para a ciência uma série de tarefas práticas (HESSEN, 1946).

Assim, a Revolução Científica ocorrida neste momento refere-se às mudanças significativas e de grande alcance produzidas em todos os aspectos da cultura ligados a natureza do mundo físico e ao modo como deveria ser estudado, analisado e representado. Embora houvesse ciências e matemática ao longo do período medieval, reconhece-se, em geral, que neste período de revolução houve a deposição da tradição escolástica em prol da ênfase em nova abordagem empírica e quantitativa dos fenômenos (HENRY, 1997). Alguns dos expoentes desta revolução são: Copérnico (1473 - 1543), Galileu (1564 - 1642), Kepler (1571 -1630), Servet (1511 – 1553), Bacon (1561 – 1626), Mersenne (1588 – 1648), Hobbes (1588 – 1679), Gassendi (1592 – 1655), etc. (JAPIASSU, 1991, BERNAL, 1975).

Com relação à expansão ultramarina, a fim de garantir o fluxo de renda através da expansão dos mercados, as monarquias nacionais investiram somas enormes para lançarem-se ao mar, em busca de produtos que internamente tinham consumo assegurado, como especiarias e ouro. Tal período incentivou fortemente os avanços técnicos e científicos envolvidos com a atividade da navegação, contribuindo para o alargamento de horizontes geográficos e culturais.

Além disso, nesta fase, o transporte marítimo e fluvial desempenhava um papel importante, pois o crescimento das cidades vinculava-se ao sistema de comunicações fluviais. Estes transportes eram bastante vantajosos pela sua grande capacidade de carregamento de carga em uma maior velocidade:

“...uma carroça de grandes dimensões, com duas rodas e puxadas por dez a doze bois, dificilmente carregaria duas toneladas de mercadorias, ao passo que uma embarcação de tamanho médio, poderia ter uma carga superior a 600 toneladas” (HESSEN, 1946, p.35).

No entanto, o transporte marítimo ainda tinha muitos problemas, como a insegurança quanto a firmeza das embarcações. Para melhorar as qualidades de flutuação de uma embarcação era necessário conhecer as leis que governam o movimento dos corpos nos líquidos (o problema da estabilidade de uma embarcação que oscila – uma das tarefas básicas da mecânica), bem como utilizar métodos seguros de determinar a posição em alto mar. (Sobre estes métodos, vamos abordá-los mais adiante, no item 3.6).

Assim, com a crescente urbanização e as novas divisões de trabalho em diferentes cidades, as relações entre trabalhador e empregador foram modificadas. Surgem as relações monetárias entre o capitalista e seu empregado, sendo, pouco a pouco, dissolvidas as relações patriarcais medievais entre mestre e aprendizes (HESSEN, 1946).

Desta forma, as atividades de diversos cientistas, como Huygens, Galileu, Newton, etc. fazem parte de um cenário de desenvolvimento do capital mercantil, fase em que a atividade do transporte (fluvial, marítimo), a atividade da guerra e a atividade da mineração, era as principais, as dominantes, sobre as quais orbitavam as atividades de cientistas e filósofos.

Sobre a atividade da mineração e da metalurgia, estas vinham se desenvolvendo desde fins da idade média. O comércio crescente estimulava a extração de ouro e prata, vinculada ao incremento da circulação do dinheiro e a exploração das minas de ferro e cobre era incentivada pela indústria da guerra com a invenção das armas de fogo e da introdução da artilharia pesada.

Inicialmente as armas de fogo eram pesadas e difíceis de manejar e só podiam ser transportadas desmontadas. Mesmo as armas de pequeno calibre eram muito pesadas, uma vez que não se conheciam as proporções que deve haver entre o peso da arma e o projétil e este e a carga explosiva. Com o desenvolvimento da atividade de mineração, balas de pedras foram substituídas pelas de ferro, carretas de artilharia foram aprimoradas e aumentadas as velocidades de tiro. Estudos de balística e artilharia são intensificados, vindo a constituir um

campo de estudo de proeminentes físicos: Galileu, Torricelli, Newton, Bernoulli, Euler, entre outros. O estudo dos processos que ocorrem na arma de fogo exigia o conhecimento do processo de compressão e expansão dos gases, assim como o problema do recuo (mais tarde explicado pela Terceira Lei de Newton) eram questões fundamentalmente mecânicas. Sobre a trajetória de projéteis, esta consistia na resolução do problema da queda livre dos corpos, problema ao qual Galileu se debruçou.

Assim, nos séculos XVI e XVII, a atividade militar faria grandes demandas à atividade da mineração e da metalurgia.

Iniciaremos agora a descrição das concepções de tempo que vigoravam no período medieval, segundo abordagem de Le Goff (1979), a fim de culminarmos no sentido do tempo próprio da Mecânica Clássica.

Para o historiador, na idade média (séculos V a XV no continente europeu) pode-se destacar pelo menos quatro diferentes interpretações de tempo na vida cotidiana: o tempo das atividades relacionadas à natureza, o tempo da atividade de guerra, o tempo da atividade da igreja e o tempo da atividade do mercador. Estas expressões referem-se a formas de pensar o tempo correspondentes a específicas necessidades e intenções. Descreveremos sucintamente estes tempos, a fim de ampliar o leque de interpretações para o conceito de tempo, além de explicitar os contextos, atividades e necessidades humanas por trás de seus sentidos.

Em relação ao primeiro tempo mencionado - o tempo vinculado à natureza, este se refere à noção de tempo mais utilizada pelo campesinato, classe diretamente ligada à atividade agrícola. Trata-se da concepção que descrevemos anteriormente (item 3.3), quando a ideia de tempo se vinculava fortemente aos ciclos climáticos e de luminosidade e à atividade da agricultura, apresentando, portanto, aparência cíclica, qualitativa e descontínua, como caracterizou Elias (2010).

A fim de ilustrar esta interpretação, a Figura 7, a seguir, apresenta um calendário medieval (1460-1475). Cada uma de suas imagens representa um mês, de janeiro a dezembro, podendo-se verificar a atividade agrícola adequada para ser exercida em todos os meses do ano.

Figura 7: Calendário medieval (1460-1475), iconografia do século XV
<http://paysans.moyenage.pagesperso-orange.fr/lestravauxdespay/index.html> (acesso em janeiro de 2016)

Por exemplo, percorrendo a figura horizontalmente, a imagem da primeira linha e coluna representa o mês de janeiro, quando camponeses devem preparar a terra, cavando valas com a enxada. Em fevereiro, esterco deve ser espalhado sobre a terra, com pás e enxadas. Em março, deve-se trabalhar a terra com foices. Em abril, ovelhas serão tosqueadas com tesouras. Na segunda linha da figura, no mês de maio, os senhores (da sociedade feudal) sairão para caça enquanto os camponeses devem esperar o momento da colheita. Em junho, camponeses precisam cortar a grama com foices e, em julho, será realizada a colheita. Em agosto, deve-se trabalhar com o trigo. Na terceira e última linha da figura, no mês de setembro será feita a sementeira. Em outubro, deve-se pressionar uvas sob os pés, em tanques. Em novembro, deve-se cuidar de porcos para, em dezembro, abatê-los.

Desta forma, pode-se notar que o calendário medieval expressa as atividades que devem ser realizadas de acordo com as estações do ano, dos ciclos da natureza. Como mencionamos, este exemplo corresponde ao caso descrito no item 4.0. Retomaremos esta análise para complementá-la: tendo o continente europeu estações bem definidas, o ritmo das atividades e da própria vida daquelas pessoas variavam de acordo com a estação do ano. Descritas, mês a mês no calendário medieval, tais atividades determinavam um andamento para a vida das pessoas, para seus comportamentos, seus modos de ser no mundo e com o mundo. Entendemos que estes andamentos ou ritmos correspondiam a uma ideia de tempo emergente da atividade dominante - a atividade agrária, sendo experimentada durante o preparo da terra, no plantio e na colheita, junto das ovelhas e dos porcos. Isto é, estas atividades possibilitavam aos sujeitos construir sentidos para o tempo e orientarem suas

vidas, seus comportamentos. Le Goff (1979) descreve o tempo associado aos ciclos da natureza como um tempo de espera e paciência, lentidão, repetição e dor, porque era espreitado pela fome. Esta descrição vai ao encontro das características de tempo - cíclico, descontínuo e qualitativo, apontadas por Elias (2010).

Diferentemente desta noção, passaremos agora para a concepção de tempo utilizada pela igreja que, junto ao cristianismo, agregou novo sentido para o tempo, exercendo forte influência sobre acepção da ciência moderna (WHITROW, 2005).

Segundo Le Goff (1979) e Gourevitch (1975), o clero medieval costumava tomar a Bíblia como ponto de partida de suas reflexões e, assim, ao invés de atribuir ao tempo natureza cíclica, o tomava como linear, numa perspectiva teológica e histórica: o tempo era (e é) orientado por Deus e para Deus, possuindo início e fim. No ato da criação, a gênese (criação do mundo por Deus) e a encarnação (vinda de Cristo) foram considerados eventos pertencentes ao passado. O futuro, para onde o tempo deve transcorrer irreversivelmente, estaria localizado o fim dos tempos (juízo final ou apocalipse), anunciado pelas Escrituras Sagradas, com calamidades e salvaçãoes, sobretudo com o acerto de contas. O evento do juízo final era ameaçador por não ter prazo de chegada, podendo ocorrer devido a um desastre natural ou social.

Gourevitch (1975) ressalta que, nesta visão da igreja, o aspecto cíclico do tempo também se faz presente levando em conta a ideia de que, no final da vida, o homem retornará ao criador e, o tempo, retornará à eternidade. Assim, enquanto o tempo terrestre é a sucessão das coisas, sendo linear e irreversível, a eternidade não é mensurável, mas um atributo de Deus. Há, portanto, no final da vida dos homens, a irrupção do tempo para dentro da eternidade.

Desta forma, a concepção de tempo da igreja é de um tempo histórico, linear e irreversível, fundamentado na crença de que há acontecimentos singulares, impossíveis de serem repetidos - como a gênese e o apocalipse. Tais ideias ampliaram o conceito de tempo, imbuindo-o de novos significados, sentidos, modificando sua aparência-essência.

Le Goff (1979) explica que o tempo linear cristão convivia com o tempo cíclico tradicional do camponês e, apesar dos esforços da Igreja, os grupos de camponeses mantinham-se presos a concepção cíclica de tempo, afinal, como suas atividades (dominantes) eram agrárias, a referência cronológica mais evidente era a do tempo agrícola.

Uma terceira noção de tempo descrita pelo historiador se refere à classe social dos nobres: o tempo senhorial. Trata-se de um tempo voltado à atividade militar, marcado pelas conquistas e pela guerra. O passado constituía-se das memórias pelos feitos militares dos

antepassados, que honravam e enobreciam o nome familiar, exemplos que deviam ser seguidos pelos seus descendentes. O tempo senhorial respeitava os dias santificados pela Igreja estipulados pelo calendário litúrgico, a fim de se adequar ao tempo cristão, administrado pelo clero. Contudo, se confrontava com o tempo do camponês em relação às obrigações, na cobrança das taxas e prestações exigida aos agricultores.

Por fim, Le Goff (1979) destaca o tempo do mercador. Convém lembrar que, no período medieval, mais especificamente na segunda metade do século X, o velho continente atingia um ponto de equilíbrio. Instaurou-se uma atmosfera de calma e segurança, onde a atividade de construção de igrejas se frutificava – “um manto branco de igrejas passou a cobrir a Europa” (PERNOUD, 1969, p.2). Nas grandes construções, relojoeiros se dedicavam a fazer funcionar relógios⁷ monumentais para as torres das catedrais e dos palácios da época. A arte das catedrais significou o fomento das cidades, quando estas se tornaram focos de cultura.

Junto a esta atividade artística e de arquitetura, há um recrudescimento da atividade econômica e da circulação comercial. As estradas são melhoradas, permitindo o reabastecimento do comércio com produtos de origens mais longínquas. Assim, a partir do século XI, o renascimento comercial mobilizava a organização de redes comerciais, intensificando o deslocamento de pessoas e mercadorias.

É nesse momento que um novo tipo de atividade se intensifica na sociedade feudal: a atividade do mercador. Este, circula de domínio a domínio, vendendo produtos pouco volumosos que lhe dessem vantagens, como artigos de luxo: especiarias, perfumes, objetos preciosos procedentes de Bizâncio e que chegavam ao Ocidente por intermédio das cidades italianas, favorecidas pela sua localização geográfica (PERNOUD, 1969).

Quando a má estação impedia as comunicações, os mercadores fixavam-se nas cidades, de preferência aquelas situadas no estuário de rios ou cruzamento de grandes estradas, pela facilidade em se retomar o comércio conforme permitisse a melhoria do clima (LE GOFF, 1979).

Neste ínterim, o antigo sistema de trocas de produtos mostrava-se ineficiente diante de um comércio em franca expansão. Para ilustrarmos este problema, consideremos o caso de um camponês que deseja trocar alguns sacos de trigo por lã. Neste caso, este deveria levá-los à feira, em busca de um sujeito que tivesse lã e que ao mesmo tempo desejasse intercambiá-la por trigo. De fato, não era uma tarefa fácil. Em contraste, o uso do dinheiro

⁷ Muitos destes relógios das catedrais eram mecânicos, assunto que abordaremos em seguida, item 4.3.

mostrava-se muito prático para resolução deste tipo de problema, passando a ser mais utilizado e disseminado nas diversas atividades comerciais (ibidem, 1979).

Nesta época, a disseminação e crescente manipulação da moeda nas sociedades europeias trouxe a necessidade do aprendizado de cálculo matemático por toda comunidade. A matemática – que ao longo da Idade Média havia permanecido como patrimônio de poucos, ganhava utilidade prática, cotidiana e imediata. Assim, rapidamente se multiplicaram as escolas de cálculo, e este conhecimento passou a fazer parte da formação das populações urbanas, estabelecendo-se de modo expressivo pelas praças da Europa (REIS *et al*, 2004).

Em relação à noção de tempo dos mercadores, inicialmente, estes estavam submetidos ao sentido do tempo vinculada ao ciclo das estações, à imprevisibilidade das intempéries e dos cataclismos naturais, assim como os camponeses. Contudo, conforme as redes comerciais cresciam e se organizavam, o conceito de tempo participava, cada vez mais, de outras esferas, outras atividades humanas. Por exemplo, em relação ao mercador, a demora de uma viagem durante o circuito do produto, por mar ou por terra, o problema da oscilação dos preços, a duração do trabalho artesanal ou operário, tudo isso, se impunha como fatores caros à sua atenção, demandando sua análise, em busca de regulamentar melhor seu trabalho. Assim, o tempo do mercador mostrava-se participante do valor das mercadorias e, por isso considerado “comercializável” (LE GOFF, 1979).

Le Goff (1979) ressalta haver um conflito entre as concepções de tempo da igreja e dos mercadores. Para o clero, o tempo possuía natureza sagrada e divina, isto é, não pertencia aos humanos, não podendo, portanto, ser “comercializável”. “Comercializar” o tempo, incluí-lo na esfera da atividade do comércio era um sacrilégio, uma afronta a ordem celeste e terrestre. Já na visão do mercador, o tempo e sua “comercialização” eram primordiais para seu ganho. Como explica o autor:

(...) o mercador fundamenta a sua atividade em hipóteses em que o tempo funciona como a própria trama – armazenamento prevendo fomes, compra e revenda nos momentos favoráveis, deduzidos do conhecimento da conjuntura econômica, das constantes de mercado dos gêneros e do dinheiro, o que implica toda uma rede de informações e correios, a esse tempo opõe-se o tempo da igreja, tempo que só pertence a Deus e não pode ser objeto de lucro. (LE GOFF, 1979, p. 44).

Neste contexto de crescente comercialização de mercadorias, a questão do sentido do tempo é atravessada pela ideia de valor. Não vamos nos aprofundar em questões socioeconômicas, nem em análises sobre diferenças entre capitalismo e feudalismo. Esta

discussão fugiria do escopo deste trabalho. Contudo, é imprescindível que façamos uma breve análise da situação utilizando fontes marxistas, a fim de compreendermos o sentido do tempo relacionado ao valor das mercadorias adquirido neste contexto histórico.

Segundo Leher (2000) ainda que Marx não tenha escrito diretamente sobre o conceito de tempo, trouxe grande contribuição para o conhecimento científico do tempo, à medida que rejeitou a concepção dissociada dos acontecimentos concretos, fazendo sobressair seu caráter político, econômico e cultural.

Para descrevermos de modo sucinto a relação do tempo com o valor das mercadorias neste contexto histórico, lançaremos mão dos conceitos de *valor de uso*, *valor de troca*, *trabalho útil* e *trabalho abstrato*.

O sociólogo marxista Antunes (2016) explica que, nas sociedades tipicamente agrárias, (não necessariamente da Idade média), o tempo era fortemente vinculado aos ciclos naturais, o homem encontrava-se organicamente vinculado à natureza, à terra, elementos que compunham sua atividade dominante, a agricultura. A terra apresentava-se como um pressuposto da atividade do camponês, que participava dessa relação com a natureza não isoladamente, mas como membro de uma comunidade.

Neste caso, os sujeitos produziam para seu próprio consumo e o principal objetivo da economia era a produção do *valor de uso* – valor que a mercadoria possui por ter qualidades físicas particulares que são úteis para as pessoas (MARX, 1985).

Desta forma, naquelas sociedades agrárias, as necessidades humanas tinham um papel decisivo no processo de produção social. No entanto, no período mencionado, a produção passa a se orientar de forma bastante diferente: ao invés de estar voltada para a criação de valores de uso, estes valores passam a se subordinar aos *valores de troca*. O *valor de troca* de uma mercadoria é uma relação entre a quantidade desta mercadoria que se pode conseguir em troca de uma certa quantidade de outra ou outras mercadorias. Em geral, o valor de troca é expresso em termos do preço monetário de uma mercadoria, isto é, é expresso em termos da quantidade de mercadoria dinheiro que se poderia obter em troca de uma unidade da mercadoria em questão. Por exemplo, se o preço de um lápis fosse dois reais, isto significava simplesmente que um lápis seria trocado por duas unidades da mercadoria dinheiro, ou por uma quantidade de qualquer outra mercadoria eu pudesse ser trocada por dois reais. O dinheiro então, era uma mercadoria especial, em termos do qual os valores de troca eram estabelecidos e que também funcionava como equivalente universal de troca. Era o uso universal do dinheiro como equivalente de troca que diferenciava uma

economia de troca monetária de uma economia troca por escambo (MARX, 1985; HUNT, 1981).

Com relação ao preço de um produto, Marx não considerava o valor de uso como seu determinante. Como os valores de uso, as mercadorias são, acima de tudo, de diferentes qualidades. Já como valores de troca, são meramente quantidades diferentes. Assim, afirmava Marx que a variedade infinita de qualidades físicas que dava às mercadorias seu valor de uso – ou utilidade – não era diretamente comparável, em sentido quantitativo. Portanto, o único elemento que era comum a todas as mercadorias e diretamente comparável em termos quantitativos era o *tempo* de trabalho necessário para a sua produção (MARX, 1985).

Marx considerou o tempo como realidade quantitativa do trabalho, distinguindo duas maneiras diferentes de trabalho: trabalho útil e trabalho abstrato.

Quando se encaravam as características de processos específicos de trabalho, viam-se que suas qualidades diferenciadoras particulares eram necessárias para gerar os valores de uso particulares das mercadorias em questão. O trabalho encarado desta maneira foi definido como trabalho útil, e como tal, produzia valores de uso, particulares de diferentes mercadorias. Assim, o trabalho útil é a causa do valor de uso das mercadorias.

Já o trabalho criador do valor de troca é o trabalho abstrato, onde as diferenças de qualidade dos vários tipos de trabalho útil eram abstraídas. Tendo estabelecido a ligação entre o valor de troca de uma mercadoria e a quantidade de tempo de trabalho necessário para a sua produção, Marx mostrou as condições sócio-históricas específicas necessárias para os produtos do trabalho humano se transformarem em mercadorias. Quando Marx afirmou que o trabalho determinava os valores de troca, definiu tempo de trabalho consistindo em trabalho abstraindo todas as diferenças específicas entre vários tipos de processos de trabalho. O trabalho útil cria valores de uso, e o trabalho abstrato cria valores de troca.

Por exemplo, vamos considerar uma refeição preparada por um cozinheiro, e uma cadeira feita por um marceneiro. Se for possível trocar a refeição pela cadeira, isto significa que a cadeira e a refeição possuem o mesmo valor de troca. Também podemos dizer que estas duas mercadorias necessitam o mesmo tempo de trabalho. É este tempo de trabalho (trabalho abstrato) que determina o valor de troca de uma mercadoria.

O valor de troca é a quantidade de tempo de trabalho social invertido na mercadoria. Valor é, portanto, uma relação social medida pelo tempo de trabalho para a produção de uma mercadoria.

Desta forma, este contexto ilustra a emergência de um novo sentido para o tempo – tempo como dinheiro, valor, sentido este que está à vista das pessoas. Já com o respaldo da análise profunda de Marx, podemos perceber que o sentido do tempo assume papel de *medida de tempo de trabalho* para a produção de uma determinada mercadoria, lhe atribuindo valor.

Voltando as concepções vigentes no período medieval, Le Goff (1979) afirma que, ao longo deste período, as concepções de tempo cíclico e linear existiram simultaneamente e, muitas vezes, em conflito. Cientistas e camponeses, influenciados pela Astronomia e pela atividade agrícola, tendiam a enfatizar aparência cíclica do tempo. Para estes grupos, o poder se concentrava na propriedade da terra, e o conceito de tempo era entendido por meio deste prisma, sendo considerado abundante e associado ao ciclo imutável do solo. Enquanto isso, a concepção linear ganhava vida com a ascensão de uma economia monetária, promovida pela classe mercantil. Diferentemente da ideia de ciclo da terra, com a circulação da moeda, dá-se ênfase à mobilidade: o ritmo de vida aumentava, e o conceito de tempo ganhava sentido de ser algo valioso, passível de escapar continuamente. O sentido do tempo relacionado ao valor (valor de troca) fez do tempo um sinônimo de dinheiro.

Nesse momento, vamos fazer uma breve análise sobre os elementos históricos descritos.

Convivendo com outras interpretações do tempo, destacaremos a concepção da igreja e dos mercadores, que lhe atribuíram nova aparência-essência. Assim, para o clero, ao invés de cíclico, o tempo era linear, irreversível, histórico e teleológico. Já a atividade do comércio lhe agregou o sentido de valor (valor de troca) das mercadorias. Para nós, estas descrições são importantes por iluminar parte das atividades e contextos em que os diferentes sentidos do tempo estão inseridos.

Podemos aqui, usando nossas referências teóricas, fazer um paralelo entre o modo de vida das sociedades agrárias e destas últimas abordadas neste contexto histórico, e as formas de interpretação do tempo nas duas sociedades. Como explica o sociólogo Antunes (2016), Marx considera que nas sociedades agrárias há predominância da relação entre homem e natureza, enquanto que naquelas já dominadas pelo capital, prevalece a separação do homem em relação às condições inorgânicas e objetivas de realização da atividade produtiva, uma vez que os trabalhadores se tornam despossuídos das condições naturais de produção de sua existência. Assim, não dispondo destas condições, os trabalhadores encontram-se “separados artificialmente” da natureza, ou seja, alienados, devendo fornecer sua força de trabalho aos possuidores de tais condições. E assim, “...a partir dessa separação, instaura-se uma estrutura

de mando vertical, com a sua respectiva divisão social do trabalho, onde as funções de produção e de controle encontram-se radicalmente separadas” (ANTUNES, 2016, p.42).

Com relação as sociedades agrárias, considerava-se a passagem do tempo sendo regulada pelos ciclos climáticos, que eram determinantes para o trabalho no campo. Entendemos que, nesse caso, havia certa solidariedade, certa compatibilidade entre o tempo da natureza (variação claro-escuro e estações do ano) e dos demais: o tempo organismo humano (“relógio biológico”), o tempo de trabalho (guiado pelo percurso do Sol) e o tempo social (comandado pela igreja). Afinal, por mais que a igreja fosse a instituição que estabelecia e controlava o uso do tempo dos sujeitos (como o momento de festa, de jejum, das orações, etc.), ainda assim, havia certa concordância com o tempo da natureza, pois, como aponta Kehl (2009), a marcação religiosa reforçava o caráter sagrado dos ciclos naturais, já que dia, noite, chuvas e estações faziam parte da obra de Deus.

Já nas sociedades mercantis, sobre a forma de instrumentos como calendários, relógios e outras tabelas de horários, os tempos do organismo e natureza, do trabalho e demais atividades parecem não se “solidarizar” ou se “compatibilizar” entre si. Ao contrário, nessas sociedades, o tempo da natureza e do organismo parecem estar apartados: desvinculado da natureza e do sujeito, o tempo é regulado por um artefato que exerce sobre o trabalhador uma espécie de coerção, de fora para dentro, suscitando o desenvolvimento de outros ritmos ou, como Elias (2010) coloca, implicando uma autodisciplina nos indivíduos. Esta coerção, entendida como uma regra, é onipresente, forjando novos comportamentos, novos modos de ser no mundo, sobretudo nas sociedades modernas. E assim também podemos considerar que um sujeito que possui a concepção de tempo “aprisionada” aos relógios e calendários, estará, portanto, alienado no sentido de não estar ciente da coordenação das atividades estabelecidas intencionalmente por trás destes instrumentos.

3.4.4 Outras contradições e necessidades para o tempo: o relógio mecânico

No período medieval, o continente europeu, além de presenciar a emergência de novos sentidos para o conceito de tempo, também foi palco para o surgimento de instrumentos mais eficazes de sua medição. De fato, relógios como os solares, as clepsidras, etc. baseados em fluxos, apresentavam diversos problemas. Por exemplo, eram poucos práticos para medir subdivisões exatas de horas, embora serviam para marcar períodos fixos (que variam, todavia, de aparelho para aparelho). Outra questão também se referia ao fato de que, como os intervalos de tempo eram calculados com base na posição do sol e das

estrelas do céu, as horas foram divididas de forma desigual ao longo do período claro e escuro do dia. Isto ocorria porque a duração dos períodos correspondentes ao dia e noite não são constantes: no verão os dias são mais longos e as noites são mais curtas, ocorrendo o oposto no inverno, diferença que se acentuava quanto mais longe estivesse do Equador. Desta forma, o intervalo de uma hora variava durante o ano e, uma hora do dia não era igual a uma hora da noite, exceto nos equinócios. Este problema, trazia transtornos para o regulamento dos relógios e para o planejamento de atividades, uma vez que a duração de uma vela, ou o escoar de certa quantidade de água numa clepsidra, ou de areia numa ampulheta, etc. não poderiam ser tomados como medidas fixas para a realização de tarefas ao longo do ano. Outra implicação é que, como as quantidades das substâncias escoantes deveriam ser sempre reguladas, as atividades humanas continuavam dependentes de variações climáticas e de luminosidade.

Estes problemas - duração variável dos períodos de claro e escuro e os diferentes tipos de relógios junto as constantes regulagens requeridas, foram responsáveis, em grande parte, pelo advento de novas relações, mediações, instrumentos, etc. dando continuidade ao processo histórico relacionado ao conceito de tempo. Afinal, foi neste contexto que surgiram os primeiros relógios mecânicos, de modo a contribuir para resolver estas questões.

Segundo Withrow (2005), Boorstin (1989) os primeiros medidores de tempo mecânicos não surgiram junto de atividades mercantis, nem agrícolas, mas em meio as atividades religiosas, nas quais as pessoas sentiam a necessidade de desempenhar mais organizadamente seus deveres para com Deus. A própria palavra inglesa clock (relógio) é ligada etimologicamente à palavra francesa *cloche*, que significa sino, o sino das igrejas. Na vida medieval, os sinos tinham grande importância para organizar a vida das pessoas. Foram seus engenhosos mecanismos feitos de roda dentadas e alavancas oscilantes que prepararam o caminho para os relógios mecânicos.

Assim, de origem monástica, os primeiros relógios mecânicos eram máquinas impulsionadas por pesos que tocavam um sino após decorrer de determinado intervalo de tempo. Tais relógios não foram concebidos como mostradores de tempo, mas como despertadores, com o propósito de soar, anunciando o início de certas atividades. Vale destacar que, nesta época, a luz do dia era imprescindível para o desenrolar das atividades humanas, já que as artificiais ainda não haviam sido criadas. Ouvia-se o soar do sino pela manhã, anunciando as orações da aurora, e ao anoitecer, para as orações noturnas. Nas horas de escuridão total, os relógios das igrejas mantinham-se em silêncio.

O passo inicial para a criação destes relógios teria sido a aplicação de um peso motor, uma carga ligada a um cilindro, acoplado a um simples conjunto de engrenagens. Porém, as engrenagens movidas pelo efeito do peso, giravam rapidamente, fazendo com que a carga descesse até seu ponto final, sem permitir uma regularidade e repetição de suas rotações. Faltava a presença de um dispositivo capaz de regular a velocidade das engrenagens, contendo seus andamentos dentro de limites previamente calculados, tornando possível o uso do conjunto como marcador de tempo (WITHROW, 2005, BOORSTIN, 1979, PIMENTA, 1976)

Este problema da regulação era muito fácil de contornar em relógios do tipo clepsidras: bastava aumentar ou diminuir o orifício onde escoava o líquido. Já o caso das engrenagens mecânicas era muito diferente e, a criação de um dispositivo (escape) capaz de regular a velocidade das engrenagens tornou-se uma incógnita durante séculos (WITHROW, 2005).

A descoberta deste escape, aparentemente no século XIII, regulador da marcha dos relógios mecânicos, foi considerado produto de uma extensa sequência de trabalhos visando esse fim, com a participação de diversos mecânicos, estudiosos, artesãos, etc. O escape mecânico recebeu o nome de *foliot*.

O foliot era um escape em haste rudimentar, como ilustra a Figura 8, a seguir. Trata-se de um engenhoso, porém simples conjunto contendo um braço transversal oscilante (foliot) fixado sobre a extremidade superior de um eixo vertical (verge). Este eixo vertical era provido de duas palhetas (pallets) e, quando em ação, descrevia um movimento semi-circular de vai-e-vem. Por sua vez, o eixo a palhetas era acionado por meio de uma engrenagem em formato de coroa (crown wheel), cujos dentes, sob o formato de serra, exerciam sobre as palhetas uma pressão dirigida alternativamente entre os dois sentidos. O braço oscilante, foliot, possuía dois pesos a certa distância do eixo, que poderiam ser ajustados (adjustment weight). A regulação do relógio era feita pelo maior ou menor afastamento desses pesos em relação ao eixo. A roda avançava o espaço de um dente a cada oscilação para frente e para trás da barra.

Figura 8: Elementos que compõem o escapamento mecânico - “foliot”⁸

Os relógios mecânicos também influenciaram ao surgimento da concepção mecanicista de mundo, fornecendo uma metáfora para uma imagem de universo como uma grande máquina.

Neste momento, passaremos a analisar algumas relações entre o conceito de tempo e o advento dos relógios mecânicos. De fato, invenção destes relógios resolveu o problema das horas variáveis: os períodos do dia e da noite foram divididos em iguais durações, contendo um total de vinte e quatro horas. Isso porque, o artefato provido de escape permitiu que se fixasse a hora, de modo a tornar-se um padrão constante e universal de medida. De certa maneira, a criação destes instrumentos possibilitou um maior distanciamento entre o tempo e a natureza, uma vez que o movimento dos astros não era mais imprescindível para averiguar a duração do dia, ou regular os relógios nas diferentes épocas do ano, pois todos os dias passaram a ter vinte e quatro horas idênticas.

Além disso, uma nova aparência-essência para o tempo pode ser percebida. Afinal, a criação do foliot trouxe mais uma imagem para o tempo: de um processo contínuo - a queda de um peso, tornou-se descontínuo, sendo repetidamente interrompido e retomado. Esta nova imagem foi, segundo Oliveira (2003) e Withrow (2005), a base de sua metrificacão. Como Boorstin (1989) descreve:

Quando os relógios se tornaram comuns, as pessoas deixaram de pensar no tempo como uma corrente a fluir e começaram a considerá-lo uma acumulação de distintos momentos medidos. O tempo soberano que governava a vida cotidiana não voltaria a ser o dos ciclos elásticos do suave fluir da luz solar. O tempo mecanizado não mais fluiria. O tique-taque do escape do relógio tornar-se-ia a voz do tempo” (BOORSTIN, 1989, p.49).

A seguir, descreveremos algumas das atividades vinculadas a necessidade de melhorar a precisão dos relógios, objetivo alcançado por meio da atividade científica.

3.5 Sobre o contexto histórico - uma pequena digressão

⁸ Para uma melhor visualização do funcionamento do foliot nos relógios mecânicos antigos, recomendamos os vídeos disponíveis na rede, acesso em setembro de 2016: <https://www.youtube.com/watch?v=UhFPb-ZZTyI>, <https://www.youtube.com/watch?v=7HgAtCn3VUU>. In: <http://www.bricksandbrass.co.uk/images/clocks/foliot.jpg>, acesso em janeiro de 2017.

Nos próximos itens, vamos abordar elementos da história da ciência relacionados à revolução científica, ocorrida na transição entre as idades média e moderna. Este é período em que viveu Galileu Galilei, um dos personagens que vamos abordar neste trabalho.

Esta época correspondeu ao auge da crise do pensamento medieval, quando as velhas ideias e formas de conhecer não se mostravam mais capazes de solucionar os problemas impostos pela sociedade em questão. Contudo, os currículos escolares ainda se baseavam no pensamento de Aristóteles (REIS *et al*, 2004).

É por isso que, neste momento, consideramos importante fazer uma pequena digressão a respeito da visão de mundo aristotélica. Afinal, concordamos com Peduzzi (1996) sobre a questão da física de Aristóteles apresentar-se como um referencial para a compreensão da ciência medieval e da revolução científica ocorrida no século XVII. Vamos a ela.

A estrutura do universo concebida por Aristóteles, com sua organização e elementos é chamada de “Cosmos Aristotélico”. Este cosmos é compreendido como esférico, finito, com a Terra ocupando seu centro. Os demais corpos celestes giram em esferas concêntricas, sendo a Lua o primeiro corpo. Esta configuração recebe o nome de *modelo das esferas homocêntricas*: um universo finito, centrado em nosso planeta, limitado por uma esfera sobre a qual se situavam as estrelas fixas, assim chamadas por não apresentarem movimento observável em relação às outras.

O cosmos então, dividia-se em duas grandes regiões, incomunicáveis entre si e completamente distintas: sublunar e celestial. O domínio sublunar compreendia a região entre a Lua e a Terra e caracterizava-se pela temporalidade e contingência. Esta era uma região constantemente perturbada, uma vez que o movimento mais imediato da esfera lunar (e, em última instância, das estrelas) movia a fronteira entre essa e as camadas inferiores, gerando correntes que impeliavam e misturavam os demais elementos, em proporções variadas. Já domínio celestial, que se estende da Lua até as estrelas fixas, abrigava os astros feitos de éter, substância imponderável cujo movimento natural é circular e eterno. Esta segunda região caracteriza-se pela eternidade e regularidade dos movimentos dos astros (MARTINS & ZANETIC, 2002; BRAGA *et al*, 2004).

Neste universo, a dinâmica da região sublunar baseava-se na composição elementar dos corpos: os quatro elementos primordiais – terra, ar, água e fogo, tenderiam a se ordenar em torno do centro do mundo, cada um possuindo seu “lugar natural”. Assim, se um destes elementos for removido de seu lugar natural, seu movimento espontâneo será um retorno retilíneo: terra e água tendem a descer, ar e fogo tendem a subir. A remoção de um corpo de seu lugar natural era considerada como “movimento violento” e envolvia o exercício de uma

força por um agente. Para estes quatro elementos, o repouso é o estado natural dos objetos, e seus movimentos são sempre radiais, relativamente ao centro do universo. O movimento é, portanto, sempre um processo que visa conduzir o corpo ao seu “lugar natural” (PIETTRE, 1997; BRAGA *et al*, 2004).

Além destes quatro elementos, havia também um quinto, designado éter, uma substância invisível, (em latim *aether* significa “ar sutil”), inalterável e sem peso, compatível com a eternidade, já que o eterno movimento circular dos astros, a perfeição e imutabilidade dos céus eram características do domínio celestial (PIETTRE, 1997; BRAGA *et al*, 2004).

Desta forma, nesta interpretação, a queda dos corpos justificava-se pela sua constituição, devendo os objetos em queda ser formados pelos elementos terra ou água, já que estes possuem o solo como seu lugar natural. Assim, a queda dos corpos é regida por leis pertencentes ao mundo sublunar, diferente daquelas que regem o mundo celestial. É por isso que, no cosmos aristotélico, as noções de “abaixo e acima” são absolutas. Esta visão de mundo foi sustentada por cerca de treze séculos pelo menos, graças ao alicerce do sistema geocêntrico de Ptolomeu à percepção imediata do céu e também à sua grande coerência, que permitia uma ordem, tanto para os fenômenos celestes quanto terrestres.

Além da justificativa do movimento, para o filósofo, a noção de movimento se dava por meio de uma relação com o tempo: tempo é um número do movimento, conforme o anterior e o posterior. Não existe tempo onde não há *movimento*, sendo que este possui um sentido bastante amplo⁹. Já sobre a questão do movimento de queda dos corpos, Aristóteles havia considerado que a velocidade atingida pelos corpos em queda era proporcional aos seus pesos. Também explicou que suas velocidades variavam segundo diferentes meios.

Contudo, na contramão do pensamento de Aristóteles, diversos cientistas procuravam solucionar problemas propondo respostas pautadas na experimentação e na linguagem matemática, sendo que, até mesmo antes do século XV, as proposições aristotélicas já eram bastante criticadas. Os filósofos da escola de Oxford, Guilherme de Occan (1285 - 1347), e da escola parisiense Jean Buridan (1300 - 1358) e Nicolas de Oresme (1323 - 1382), passaram a considerar, por exemplo, que o movimento de um corpo pode ser explicado independente de sua constituição e do meio que o cerca, caminhando cada vez

⁹ Para Aristóteles, há movimento segundo a qualidade, que se refere à alteração de cor, mudança na aparência do corpo. O movimento segundo a quantidade corresponde ao aumento e diminuição, mudança de grandeza, ou de tamanho do corpo. O movimento segundo a essência refere-se à geração e corrupção, nascimento e morte - o fato de um indivíduo vir a ser e seu desaparecimento, e o movimento segundo o lugar, corresponde ao deslocamento, translação e rotação do corpo. (PIETTRE, 1997).

mais para a noção de tempo (e também de espaço) como cenários independentes dos corpos (PIETTRE, 1997).

Mencionamos no item 3.3 a questão da interpretação do conceito de natureza, quando falávamos das sociedades agrárias, cuja ideia de tempo estava ligada às estações do ano e ao ciclo claro-escuro. Retomaremos agora esta discussão uma vez que houve sérias mudanças com relação à interpretação dada ao conceito de natureza neste período.

De fato, alterações no conceito de natureza (*physis*) ocorreram gradativamente ao longo da história, sobretudo com a influência judaico-cristã, na qual a oposição homem-natureza, espírito-matéria adquiriu maior força. Afinal, diferentemente do pensamento grego antigo, em que a natureza abarcava o céu, a terra, os deuses, as pedras, as plantas e todos os animais, humanos e não humanos, os cristãos vão afirmar que Deus (com letra maiúscula, diferentemente dos deuses pré-socráticos) “criou o homem à sua imagem e semelhança” (GONÇALVES, 2013).

Essa oposição homem-natureza, espírito-matéria, sujeito-objeto se tornará mais intensa com René Descartes (1596 – 1650), cujas obras influenciarão o pensamento científico moderno e contemporâneo. Sobre a filosofia cartesiana, pelo menos dois de seus aspectos marcaram bastante o desenvolvimento da ciência moderna. O primeiro é o antropocentrismo, no qual o homem passou a ser visto como o centro do mundo em oposição ao objeto, à natureza. Nesta visão, o homem é tido como um ser superior que, instrumentalizado pelo método científico, pode penetrar nos mistérios da natureza e, assim, tornar-se “senhor e possuidor da natureza”. O segundo aspecto diz respeito ao caráter pragmático que os saberes adquiriram. Para Descartes, os conhecimentos precisavam ser úteis, já que a natureza servia como um recurso aos homens.

Tais sentidos atribuídos à natureza por Descartes, com sua visão antropocêntrica e de sentido pragmático utilitarista, devem ser compreendidos junto ao contexto do mercantilismo que se afirmava. Na Idade Média, a propriedade da terra e a exploração dos servos garantia a riqueza dos senhores feudais e da igreja. Com a intensificação do desenvolvimento mercantil e da burguesia, a pragmática filosofia cartesiana encontra bastante espaço para se disseminar (REIS *et al*, 2004).

Além de Descartes, outros cientistas tiveram participação ativa na revolução científica como Copérnico, Kepler e Galileu, contribuindo bastante para uma visão de natureza matematizada¹⁰. Vale também destacar a filosofia presente na época – o

¹⁰ Para que esta digressão não fique excessivamente longa, não vamos abordar as contribuições de Copérnico e Kepler. Para tanto, recomendamos Bernal (1975), Martins (2002).

mecanicismo, na qual todos os fenômenos naturais eram explicados por meio da matéria em movimento. Eleita a *máquina* como sua metáfora principal, o mundo se apresentava como um sistema mecânico, isto é, um enorme conjunto de partículas, agindo umas sobre as outras, da mesma forma que as engrenagens de um relógio o fazem. Falava-se em máquina do mundo, em homem máquina e em animais máquinas. O mecanicismo mostrava-se como uma direção fundamental para a compreensão de todo o mundo físico, “*da propagação da luz à geração dos animais, da pneumática à respiração, da química à astronomia*” (HENRY, 1997, p.67).

Desta maneira, durante o período no qual começava-se a erguer a física clássica, a natureza cada vez mais era considerada desprovida de espíritos e forças misteriosas. Já os fenômenos ocultos, deveriam ser considerados imateriais, referentes a Deus, e, portanto, não possuíam realidade.

Contudo, é importante registrar que, segundo Koyré (1991), tal período histórico não corresponde a uma época predominantemente dotada por um espírito crítico, mas era bastante grande as influências de atividades relacionadas à magia, feitiçaria e superstição. Para o historiador, o desenvolvimento da ciência moderna ocorreu à margem desta tendência.

3.6 Atividade da navegação e da ciência

Nos próximos itens deste trabalho, nos aproximaremos da esfera científica a fim de acompanhar mais de perto a construção do significado e sentido do conceito de tempo utilizado na mecânica clássica. São vários os cientistas que contribuíram para a interpretação do tempo associado a este contexto. Todavia, abordaremos alguns dos principais expoentes deste período, cujos modelos científicos estão presentes nos conteúdos do curso de licenciatura em Física.

Chamamos a atenção para as mudanças ocorridas na interpretação do conceito de natureza que, como mencionamos (item 3.5), foi se tornando cada vez mais matematizada.

Para iniciarmos esta abordagem, nos reportaremos para o final da idade média, quando a atividade de navegação, no contexto das grandes navegações incentivava pesquisas sobre a medição precisa do tempo. A elaboração de métodos mais confiáveis de medição temporal e de outros estudos envolvendo o tempo tornou-se, por alguns anos, o objetivo de cientistas como, Galileu Galilei (1564 -1642), Jean Dominique Cassini (1748 -1845),

Christian Huygens (1629 -1695), entre outros (SOBEL, 2005; BURROWES & FARINA, 2005; MLODINOW, 2004; BOORSTIN, 1989, BERNAL, 1975).

Durante as viagens pelos mares e oceanos, a determinação da longitude se tornou imperativa, já que um dos maiores perigos encontrados pela tripulação não vinham “dos ventos de quase duzentos quilômetros por hora, nem das temperaturas atingindo quarenta graus abaixo de zero, mas do problema de não encontrarem o caminho de volta” (MLODINOW, 2004, p.63).

Até então, já eram conhecidas as coordenadas adequadas para identificar posições na superfície da Terra - a latitude e a longitude. Para determinação da latitude, os navegadores, no hemisfério norte, utilizavam a estrela Polar (Polaris), pertencente à constelação da Ursa Menor e, localizada sobre o eixo de rotação da Terra. (A Polar nem sempre está sobre o eixo do planeta, pois este executa um movimento de precessão, num período de vinte e seis mil anos). Sendo possível avistar a estrela Polar e o horizonte ao norte, o ângulo medido entre a reta tangente à superfície terrestre e a reta que passa pela estrela Polar até o observador é, aproximadamente, a latitude onde este se encontra. Na Figura 9, o ponto “x” representa o observador e os ângulos “ θ ” e “ ϕ ” representam sua latitude.

Figura 9: Determinação da latitude do lugar a partir da estrela Polar. Em <https://plus.maths.org/content/latitude-stars>, acesso em janeiro de 2017

Já o reconhecimento da longitude do lugar foi um problema sério para as tripulações durante séculos. Uma das dificuldades se refere ao fato de que, diferentemente da latitude, em que o valor zero grau é atribuído à linha do equador, o posicionamento do meridiano de zero grau (de longitude) pode ser feito arbitrariamente. Assim, por discussões políticas, o meridiano de zero grau chegou a ser fixado em diversos lugares: nas ilhas Fortunate (atuais ilhas Canárias e da Madeira), nas ilhas dos Açores e de Cabo Verde, em Roma, em Copenhague, em Jerusalém, entre outros locais. Por último, foi fixado em Londres, conhecido como Meridiano de Greenwich, ou Meridiano Principal (SOBEL, 2005).

Um segundo problema é de difícil resolução relacionado à medição da longitude era a necessidade de saber as horas em diferentes locais e ao mesmo tempo. Para que se conhecesse a longitude no mar, um marinheiro precisava saber, simultaneamente, as horas a bordo e no porto de saída – um local de longitude conhecida. Estes dois horários, subtraídos, fornecem um valor que, multiplicado por quinze graus, indica a quantidade (em graus) distante do meridiano conhecido. Isso porque, como o planeta leva vinte e quatro horas para efetuar trezentos e sessenta graus de rotação em torno de seu eixo, uma hora equivale a quinze graus percorridos pela embarcação. Deste modo, cada hora de diferença entre o navio e o porto de partida representa um deslocamento de quinze graus de longitude para leste ou para oeste. Como a Terra, em seu movimento de rotação, gira de oeste para leste, o sentido do deslocamento do navio pode ser obtido comparando os dois horários.

Naquela época, o conhecimento preciso e simultâneo das horas em dois locais distintos era inacessível. Na tentativa de sanar este problema, muitos relojoeiros, artesãos e cientistas se embrenharam na disputa pela invenção de relógios marítimos precisos e/ou de métodos capazes de determinar as horas em alto mar por meio da observação dos astros.

De fato, Sobel (2005) explica que, quando os marinheiros buscavam o céu com o intuito de orientar-se para a navegação, encontravam uma combinação de bússola e relógio. Em noites de céus limpos, a estrela Polar indicava para onde seguiam (em relação à latitude) e, durante o dia, o Sol lhes informavam as horas: surgindo alaranjado no oceano a leste, tornando-se amarelo claro e, em seguida, branco ofuscante, à medida que a estrela ganhava altitude. Neste último momento, o sol aparentava estar em repouso em sua trajetória, sinalizando o horário do meio-dia: momento adequado para que os marinheiros reajustassem suas ampulhetas. Claramente, este é um exemplo de procedimento que estava longe de ser eficaz para orientação em alto mar, uma vez que, além de não ser exato, não era possível observar os astros em dias nublados e nem saber as horas no período noturno.

Galileu Galilei, um dos cientistas de destaque desta fase, tinha conhecimento do problema da longitude. Sua obra está intimamente ligada à revolução científica, que implicou em uma drástica mudança no cenário intelectual e cultural da época, culminando no estabelecimento da ciência moderna.

A família Galilei era florentina e pertencia à burguesia comercial da cidade. Galileu estudou desenho na Itália e frequentou a Universidade de Pádua que, desde fins da idade média, havia se transformado num dos mais importantes centros de ensino e investigação, sobretudo na medicina (HAESS, 2015).

Em relação ao problema da longitude, Galileu decidiu procurar por uma solução à questão utilizando os astros. Observando as luas de Júpiter, registrou os períodos de suas órbitas e o número de vezes em que desapareceriam por trás da sombra do planeta. Como os eclipses de tais satélites mostraram-se previsíveis, ocorrendo cerca de mil vezes ao ano, era possível ajustar um relógio por meio deles. O físico criou então tabelas relativas à aparição e à desaparecimento de cada lua ao longo de vários meses e, projetou também um capacete especial para a navegação, capaz de visualizar as luas de Júpiter. Este capacete – o *celatone*, possuía um telescópio acoplado a um de seus orifícios oculares (SOBEL, 2005).

Como alguns reinos e instituições ofereciam prêmios e até fortunas para o “descobridor da longitude”, Galileu enviou seu método para o rei Felipe III da Espanha, para o governo da Toscana, e também para oficiais na Holanda. No entanto, não obteve reconhecimento. Foi alegado que não era possível ver “os ponteiros de Júpiter” durante o dia, além do fato de que as observações noturnas só poderiam ser feitas apenas em parte do ano, e somente com o céu não nublado. O método de Galileu foi reconhecido a partir de 1650, após sua morte, quando topógrafos e cartógrafos empregaram sua técnica para redesenhar vários tipos de mapas do planeta, incentivando a construção de grandes observatórios na Europa (SOBEL, 2005).

Além da questão da longitude, Galileu¹¹ proporcionou substantivas contribuições para a ciência moderna, sendo considerado o fundador da física clássica, desenvolvida na direção de uma teoria físico-matemática dos fenômenos naturais (MARICONDA, 2006).

Com os experimentos e formulações desenvolvidos pelo físico – como a teoria do movimento uniformemente acelerado, a lei de queda dos corpos e a trajetória parabólica de projéteis, entre outros, Galileu pode elaborar a primeira teoria cinemática capaz de descrever matematicamente o movimento da matéria, trabalho fundamental para o posterior desenvolvimento da dinâmica (Ibidem, 2006).

Mariconda (2006) pondera que, não se deve considerar somente os trabalhos científicos de Galileu como contribuições à posteridade, mas também sua maneira de conceber a ciência física, seu método científico, o modo como chegou aos resultados e sua postura ativa no desenvolvimento de instrumentos científicos (compasso, balança hidráulica,

¹¹ É importante mencionarmos a polêmica em torno da personalidade de Galileu. Muitas vezes o físico é visto a partir de ideias que consideram sua obra de cunho totalmente empirista, ou como de um herdeiro de concepções da física medieval, e até como totalmente platônico, onde a experimentação teria sido irrelevante em sua obra. Concordamos que a visão essencialmente empirista, platônica e etc. empobrece a discussão sobre a obra deste grande físico, uma vez que limita diversos aspectos do comportamento científico de Galileu.

telescópio, celatone, etc.). O autor resume: o que caracteriza a atitude científica galileana – e também a atitude científica moderna – é a procura, na natureza, de regularidades matematicamente expressáveis, as chamadas leis da natureza, e o método de certificar-se de sua verdade através da realização de experimentos. O principal exemplo apresentado nesse sentido é a própria lei de queda dos corpos que Galileu confirma por meio da realização de experimentos com o plano inclinado” (MARICONDA, 2006, p.269).

Faremos, neste momento, uma pequena descrição deste experimento com o plano inclinado citado pelo autor, com o intuito de ilustrar a interpretação do tempo utilizada na atividade científica que se estabelecia nesta época. Consideramos que a descrição e as conclusões do físico neste experimento, encontrado em *Duas Novas Ciências*, representam bem a nova aparência-essência do conceito de tempo emergida neste momento histórico.

Galileu utilizou uma viga de madeira para constituir um plano inclinado por onde rolava uma esfera de bronze. Na falta de um dispositivo preciso para medir o tempo, usou uma clepsidra - um recipiente dotado de um orifício para escoamento de um fino filete de água, que caía dentro de uma vasilha, cuja massa era medida em uma balança precisa. Quanto maior a massa de água coletada, maior seria o tempo de percurso da esfera sobre um determinado trecho do plano. Além da clepsidra, o físico também se serviu de um meio bastante simples de determinação do tempo - a sua própria pulsação. A seguir, a descrição do equipamento experimental por Galileu:

Numa ripa ou, melhor dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de doze braças, uma largura de meia braça num lado a três dedos do outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com um pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida para ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando-se sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo esta experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas a quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer a metade, ou dois terços ou três quartos, ou qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si com os quadrados dos tempos e isso em

todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. (GALILEI, 1988, p.174-176)

Com esta experiência, Galileu conseguiu mostrar, a partir da medição de distâncias e intervalos de tempo que o movimento da esfera no plano inclinado corresponde a um movimento uniformemente variado e, a distância percorrida pelo corpo é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-la, ou seja, a distância percorrida pelos corpos em queda livre (já que o atrito entre a esfera e a viga foi desprezado), era proporcional ao quadrado do tempo decorrido: $e = k.t^2$.

Desta forma, nesta atividade, de objetivo bastante específico, Galileu proporcionou uma nova finalidade para a clepsidra. Afinal, ao invés de usar este instrumento para regular o tempo de atividades sociais humanas, a utilizou como padrão de medida para processos físicos (assim como fez com sua pulsação). Ou seja, considerando a atividade principal correspondendo ao experimento do plano inclinado de Galileu, a ação de medir o tempo encontrou outras condições de operação, outras regras e divisão de trabalho. Trata-se de outra atividade, com novo objetivo, na qual o instrumento medidor de tempo *clepsidra* não tinha a finalidade de regular a duração de uma atividade como advocacia ou uma missa, mas de registrar o intervalo de tempo numa atividade científica bastante específica - em que esferas rolavam por distâncias estabelecidas previamente numa rampa de atrito desprezível.

Galileu também desenvolveu estudos com o pêndulo. Seu interesse por estes instrumentos remonta à época em que, como estudante de medicina em Pisa, ele o aplicou à descrição diagnóstica do pulso de um paciente. Há também relatos de que Galileu tenha observado o movimento do balançar de um candelabro em uma catedral, notando que a grandes amplitudes de sua oscilação pareciam levar o mesmo tempo para percorrer uma determinada distância que candelabros com amplitudes menores. Mais tarde, Galileu concluiu que cada pêndulo simples tinha seu próprio período de oscilação, dependendo do comprimento (WHITROW, 2005).

Contudo, a questão do pêndulo foi aprofundada pelo cientista holandês Christian Huygens. Huygens nasceu em uma importante família holandesa, recebendo educação de alta qualidade, com acesso aos diversos círculos científicos de seu tempo. Assim como Galileu, Huygens também se interessou por pêndulos, telescópios e pela descoberta de um modo de determinação da longitude. Em relação aos primeiros, o holandês buscou construir um pêndulo que tivesse o mesmo período, qualquer que fosse a sua amplitude de oscilação (pêndulo isócrono). Embora Galileu já houvesse afirmado que um pêndulo simples com pequenas amplitudes de oscilação tem um período independente da amplitude, Huygens

percebeu que para grandes amplitudes de oscilação o período deste pêndulo passa apresentar dependência à sua amplitude (BURROWES & FARINA, 2005).

Em 1656, Huygens construiu o primeiro relógio regulado por um pêndulo, com uma exatidão de segundos por dia. Anos depois, o físico testou-os seus marcadores de tempo marítimos mandando-os em viagens com capitães que quisessem testá-lo. Na terceira destas experiências, em 1664, os relógios de Huygens navegaram para as Ilhas de Cabo Verde, no Atlântico Norte, a oeste da costa da África, mantendo o controle da longitude no navio na viagem de ida e de volta. Porém as viagens subsequentes expuseram a fragilidade dessas máquinas, que necessitavam de clima favorável para obter um bom desempenho. O balançar do navio no mar confundia a oscilação regular do pêndulo (SOBEL, 2005).

Para controlar o problema, Huygens criou a mola helicoidal como alternativa para o pêndulo no ajuste do movimento do relógio e patenteou a ideia na França, (o renomado físico Robert Hooke também disputava a patente deste invento).

De fato, o problema da longitude começou a ser sanado com o relojoeiro inglês John Harrison, que construiu cronômetros portáteis marítimos, com materiais resistentes a corrosão, e que mantinham suas partes móveis equilibradas, independente do movimento das embarcações. Os relógios marítimos construídos e que ganharam os prêmios prometidos por diversos reis estão descritos no livro de Sobel (ibidem, 2005).

Embora Huygens não tenha tido sucesso com relação a determinação da longitude, foi a partir de seus estudos que, em meados do século XVII, a atividade científica passou a contar com um marcador de horas exato, mostrando a passagem contínua de segundos, minutos e horas. Este preciso instrumento muito influenciou o conceito moderno de homogeneidade e continuidade do tempo. Desta forma, acentuava-se a ideia de que o tempo e a sua medida poderiam ser estabelecidos pelos homens com suas invenções, de modo a prescindir cada vez mais dos movimentos dos astros. O funcionamento mecânico dos relógios assegurava a contagem do tempo, e este se tornava praticamente uma questão técnica de medida, em detrimento da questão filosófica de sua essência (PIETTRE, 1997).

Vamos agora fazer uma pequena análise utilizando nosso aporte teórico.

Abordamos neste item o contexto histórico da expansão ultramarina, quando cientistas, astrônomos, artesãos e relojoeiros voltaram-se para a questão da medida do tempo, com a finalidade de orientar-se em alto mar. A busca por soluções para este problema, que envolvia a determinação da longitude, se estendeu por cerca de quatro séculos e por todo continente europeu, incentivada por polpidos prêmios oferecidos pelas monarquias.

A partir desse estudo pudemos verificar que, com relação à demanda pela medição do tempo, são diferentes as necessidades apresentadas nos exemplos citados. Nos itens anteriores, em atividades religiosas, agrícolas e comerciais, as necessidades presentes não eram de medir o tempo continuamente ou com precisão. A motivação maior para a construção dos relógios era o acompanhamento da passagem do tempo visando a adaptação ao ambiente e a coordenação e organização de cadeias de atividades humanas junto da coletividade. E assim, inicialmente, a função principal dos diversos tipos de calendários e relógios, sejam eles mecânicos, de água ou areia, era a de regulação do ritmo de atividades sociais, ou ainda de funcionar como despertadores para elas.

Já neste momento histórico que descrevemos, relacionado à atividade de navegação e da ciência, novas necessidades surgiram envolvendo a concepção de tempo, correspondentes a problemas bastante específicos. Por exemplo, em relação a questão da determinação da longitude em alto mar, podemos interpretar a medição precisa do tempo em dois lugares, sem terra à vista e de forma simultânea, como uma tensão existente nas cadeias de atividades da época que, ao contrário de ser imobilizadora, exerceu papel importante - como uma força impulsionadora para a transformação e ampliação do conceito de tempo. Tal tensão possibilitou a emergência de novas atividades, novos artefatos, como, por exemplo, a invenção do preciso relógio de pêndulo de Huygens.

Sobre uma das contribuições de Galileu para a ampliação do conceito de tempo, em suas atividades voltadas para a compreensão do movimento de queda dos corpos, o cientista expôs uma aparência-essência para o tempo de uma grandeza independente e mensurável. Assim, diferentemente de Aristóteles, que justificava o movimento por meio da composição dos corpos e pela ideia de “lugar natural”, este foi interpretado a partir de dados observáveis de experimentos e de um tratamento da natureza, do espaço e do tempo, como objetos matematizáveis. Desta forma, voltamos a mencionar, neste momento histórico, a transformação concomitante sofrida pelos conceitos de tempo e de natureza. Pode-se perceber que, a natureza se tornava cada vez mais uma rede autônoma de acontecimentos mecânicos e bem ordenados, na qual o tempo era uma de suas propriedades. Nesta perspectiva, Elias (2010) considera haver um grande contraste neste contexto: a medição do tempo para as atividades humanas mundanas centrava-se no homem, diferentemente da atividade científica de físicos como Galileu, que à vinculava a algo externo, à *natureza*, aqui compreendida como os elementos externos ao homem e diferentes também dos objetos fabricados artificialmente por ele.

Por isso, Elias (2010) propõe a existência de uma divisão em ambos os conceitos neste momento histórico: em relação ao tempo, havia o tempo físico (medido nos experimentos e utilizados nas equações matemáticas, consideradas como representações simbólicas das leis da natureza e, o tempo social, na qual muitos relógios participam, com função reguladora de cadeias de atividades sociais. Em relação à natureza, de um lado havia a natureza e seus fenômenos, representada por leis imutáveis, portadora de suas próprias regularidades, de modo a constituir objeto de pesquisa para o homem. Por outro, havia o mundo social e artificial, criado pelos homens e separado da natureza. Percebemos, portanto, como afirma Mariconda (2006), Galileu abriu a possibilidade de uma cronologia centrada na natureza, diferentemente da cronologia medieval ou renascentista, que se centrava no homem e nos seus afazeres.

Também não podemos deixar de mencionar, neste trabalho sobre o tempo, um outro contexto no qual este conceito também foi interpretado de modo matemático e independente: a música polifônica. Naquela época, o estudo da teoria musical era obrigatório na educação de alto nível. Uma música é chamada de polifônica quando combina duas ou mais linhas melódicas soando simultaneamente. Este tipo de música evoluiu a partir do século XI na Europa de forma lenta, porém, contínua, e exigia o uso de um tempo exatamente medido na composição, um tempo que fosse deliberadamente comparado a intervalos de tempo passando de modo simultâneo, com o uso de unidades, padrões de unidades. Sobre este fato, apesar de o pai de Galileu ter sido um homem culto, habilidoso músico e reconhecido compositor, não se sabe a influência da música polifônica sobre a atividade do físico (SZAMOSI, 1988).

3.7 Tempo matemático e universal - o tempo da física clássica

Neste último item, discutiremos a concepção de tempo de Isaac Newton. Nascido em Woolsthorpe, nordeste da Inglaterra, em 1642, Newton viveu num ambiente de intenso debate científico e religioso, dedicando sua vida à busca pelo entendimento do universo.

A Inglaterra da segunda metade do século XVII era um dos países que concentrava a maior parte da atividade comercial e manufatureira da Europa. A atividade científica era vista com bons olhos pela igreja dominante – a Anglicana, que esperava explicações para a natureza sem utilização de recursos da teologia antiga.

Nesta época, os problemas da Física eram de natureza mecânica, relacionados ao desenvolvimento dos transportes, da mineração e da metalurgia. A Óptica também começa

a se desenvolver neste período e, suas principais pesquisas estão subordinadas aos interesses da navegação e da mecânica celeste.

Newton estudou na Universidade de Cambridge (Trinity College) que mantinha um ensino centrado na filosofia de Aristóteles, apesar das descobertas de Galileu e Kepler, etc. Autodidata, logo no início de sua estada em Cambridge, se debruçou sobre as obras de Descartes, Gassendi, Galileu, Kepler, entre outros.

Uma curiosidade sobre Newton e que constitui uma de suas características bastante marcantes, foi o fato de que o cientista era muito religioso e se identificava com o arianismo. Esta, era uma doutrina que negava a Trindade (Deus concebido como a Reunião do Pai, do Filho e do Espírito Santo) como a identificação de Cristo com Deus. Os Arianistas acreditavam num só Deus verdadeiro, atribuindo a Cristo, um intermediário entre Deus e os homens, o papel de mediador. Desta forma, os estudos de Newton não se restringiam à filosofia natural, investigada por meio da matemática e de experimentos, mas contemplava outras esferas do conhecimento - como a teologia, a alquimia, as profecias e os estudos da Bíblia, de modo que suas investigações sobre estes temas foram conduzidas tão rigorosamente quanto seus trabalhos científicos (WESTFALL, 2002; McGUIRE, J. E. & RATTANSI, 2002).

Um fato interessante que evidencia a importância e influência da crença de Newton à sua visão de realidade física, se refere a um famoso debate estabelecido entre ele e o físico Leibniz. Para Newton, havia a questão da “decadência ou dissolução do mundo”, exposta em sua obra *Óptica*, em latim, publicada em 1706: embora o universo e/ou, mais especificamente, o sistema solar, devesse prosseguir por muitas eras, as irregularidades oriundas da mútua atração entre planetas e cometas, tenderiam a aumentar ao longo do tempo. Por isso, esse sistema necessitava de reformas, de intervenções periódicas por parte do Criador.

Já para Leibniz, esta ideia de um sistema imperfeito de mundo não era compatível com a ideia de Criador perfeito e, portanto, não pode construir uma máquina cósmica passível de durar sem sua constante intervenção. Um Criador realmente perfeito teria criado um universo de duração eterna.

O problema da ideia defendida por Leibniz é que, banir a participação divina do mundo atual levaria a crença de que este sempre existiu sem a necessidade do Criador, perdurando desde a eternidade. Assim, diferentemente de Leibniz, o Deus de Newton não é “filosófico e ausente”, mas está em toda a parte e necessita de tempos em tempos “dar corda ao seu relógio”, se não este deixaria de funcionar (KUBRIN; WESTFALL, 2002).

A crença de Newton em Deus era uma fé viva, que lhe acompanhou por toda a vida, dando-lhe sentido. Para ele, a estrutura primorosa da natureza indicava o governo providencial de um poder divino e presente no mundo. Todavia, Newton ocultou seus estudos sobre estes temas relacionados a religiosidade por conta da não aceitação nos meios acadêmicos. Naquela época, substituíam-se cada vez mais assuntos esotéricos por modelos explicativos mais racionais e sistemáticos, embora houvesse quem não pensasse em termos de um conflito entre ciência e religião (Ibidem, 2002).

Em relação às ideias de Newton sobre o conceito de tempo, para começarmos a descrever sua concepção, citaremos as influências de Isaac Barrow, matemático e teólogo inglês, que ocupou a cadeira lucasiana em Cambridge antes de Newton. Em sua obra, *Discursos geométricos*, Barrow afirmava que o tempo não devia possuir uma existência real, e que estaria separado da noção de movimento. Dizia que, independentemente homem e do movimento ou repouso dos corpos, o tempo seguia seu fluxo uniforme.

O matemático utilizou como analogia para tempo uma linha, pois ambos são dotados somente de comprimento, sendo semelhante em todas as partes. O tempo, era interpretado como um simples acréscimo de instantes sucessivos ou como um fluxo contínuo de um instante.

Também vamos destacar a influência de Descartes para a concepção de tempo de Newton. Descartes, buscando entender a compatibilização entre a continuidade do deslocamento de um corpo e, o fluxo de instantes descontínuo e segmentado, propôs que se levasse a ideia de tempo ao limite infinitesimal. Assim, identificado a uma linha de pontos, o tempo tornava-se denso, geométrico e contínuo, uma vez que sempre há outro instante entre dois instantes quaisquer (VALADARES, 2009).

Desta forma, se amparando nas obras de Galileu, Barrow, Descartes, Kepler, Gassendi, entre muitos outros, Newton deu continuidade às teorias de Galileu, constituindo, finalmente, um novo sistema de mundo coerente, requerido desde o gradativo abandono da visão aristotélica, capaz de explicar a dinâmica dos movimentos dos corpos celestes e terrestres. De fato, havia nesta época a necessidade de uma síntese e do estabelecimento de uma base teórica sólida para a compreensão das questões e fenômenos estudados pela Física, estes abarcavam quase que inteiramente problemas derivados da atividade do transporte, comércio, mineração e metalurgia. Com relação aos metais, desde sua juventude, Newton se interessava por processos metalúrgicos. (Posteriormente, se beneficiou de todo seu aprendizado neste campo em seu trabalho na Casa da Moeda). A transformação de metais se constituía em um importante problema técnico, estudado por alquimistas e cientistas, uma

vez que haviam poucas as minas de cobre da época e as atividades militares e a fundição de canhões demandavam muito cobre. (HESSEN, 1946).

Em sua obra *Princípios matemáticos da filosofia natural*, de 1687 mais conhecida como *Principia* (em latim) Newton explicou o movimento dos corpos celestes e terrestres junto às suas causas por meio de quatro leis. Tais formulações tiveram aplicação imediata na Astronomia, com grande sucesso de previsão e explicação dos fenômenos celestes. Com elas, uma nova cosmologia foi estruturada, tão ampla quanto à de Aristóteles, pois dava conta de justificar os movimentos terrestres e celestes, realizando a grande unificação entre estes dois mundos.

Desta forma, a mesma força que agia entre a Terra e os corpos em queda em sua superfície, atuava também entre o sol e os outros planetas, ou entre quaisquer outros corpos no universo. Corpos em queda livre descreviam movimentos acelerados, regidos por forças de atração da mesma natureza. Portanto, a queda dos corpos não necessitava mais da localização da Terra no centro do universo, uma vez que sua razão estava numa propriedade da massa do corpo: a atração gravitacional.

A força da gravidade era como uma mão invisível que operava em ambos os níveis, explicando tanto movimento de maçãs, quanto planetas. E assim, Newton nega a hierarquia presente no cosmos aristotélico, considerando o espaço como algo homogêneo e absoluto. A referência ao céu como um movimento privilegiado, responsável pela regulação do tempo foi abandonada. Afinal, não há mais esfera das estrelas fixas e o movimento aparente dos astros foi explicado pelo movimento de rotação terrestre (BERNAL, 1975).

Neste novo sistema de mundo newtoniano, o espaço não é mais uma limitação, ou um lugar dos corpos ou do cosmos. O espaço agora é dos matemáticos: um espaço sem qualquer limite, sem direção privilegiada, onde não há mais o alto (o céu), nem o centro (a Terra). Um espaço indiferenciado, que não se altera conforme se situe embaixo da Lua ou acima dela. Do mesmo modo, a reboque tem-se a ideia de um tempo eterno, que flui do passado ao futuro, sendo sempre igual para todos os observadores, onde é que estejam (PIETTRE, 1997).

A seguir, enfatizando a independência do espaço e do tempo ao ambiente, diz Newton:

I - O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração; o tempo relativo, aparente e comum é alguma medida de duração perceptível e externa (seja ela

exata ou não uniforme) que é obtida através do movimento e que é normalmente usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano.

II - O espaço absoluto, por sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa que seja exterior, permanece sempre semelhante e imóvel. (NEWTON, 1990, p. 6-7).

Para compreender a importância e o alcance da física newtoniana, podemos lembrar que, através de regras matemáticas bem definidas, ela ofereceu um tipo de previsibilidade para o movimento que incorporava a relação entre causa e efeito, tornando esta abordagem física determinista. Partindo das forças aplicadas, da massa e das condições iniciais do movimento de um corpo, a mecânica newtoniana, por meio do cálculo diferencial e integral, a poderosa ferramenta matemática elaborada por Newton e Leibniz (de forma independente), é capaz de prever a trajetória deste corpo, ou seja, todo seu movimento futuro, sua posição e velocidade em qualquer instante. Assim, se pode citar como grandes êxitos da mecânica newtoniana a previsão do retorno do cometa Halley, que tinha sido observado entre 1681 e 1682, o achatamento da Terra, confirmado a partir de 1735 em expedições ao Peru e a existência de novos planetas, como por exemplo, a previsão de Netuno.

Nesta unificação, a temporalidade que regia a chamada região sublunar (como pensava Aristóteles) não foi estendida ao mundo celeste. Mas a eternidade da ordem matemática, até então reservada ao mundo divino dos astros, é quem foi trazida e implantada na Terra (PIETTRE, 1997), afinal, a ideia inicial de Galileu, de que a natureza estava escrita em linguagem matemática, tomou maior vivacidade com a mecânica de Newton.

Assim, partindo da concepção de tempo linear, sucessiva, instantaneizada, já utilizada por Galileu, Descartes, e outros cientistas, Newton à elevou a um patamar ainda mais sofisticado, ao afirmar que o tempo da mecânica é universal, uniforme e absoluto. Assim, todas as regiões do espaço teriam o mesmo instante e quaisquer observadores deveriam concordar quanto à duração de dois eventos dados. Todos os sistemas mecânicos periódicos poderiam ser eleitos como relógios, como se de fato constituíssem encarnações distintas de um único relógio universal (OLIVEIRA, 2003).

Por fim, entendemos que a interpretação oriunda da física Newtoniana para o conceito de tempo proporcionou nova essência-aparência ao conceito de tempo, expondo sua faceta tempo linear, matemática, contínua, homogênea, independente do referencial e da presença de campo ou matéria. O tempo foi separado de sua medida, tornando-se independente de relógios e de corpos quaisquer, fluindo uniformemente pelo universo.

De fato, a física de Newton descrevia o movimento baseando-se nos conceitos absolutos de espaço e tempo e também de massa. Tais grandezas foram interpretadas como independentes, não havendo relação entre elas. Logo, a medida das durações, das distâncias e das massas dos corpos de um sistema deveria ser igual, sempre, em qualquer referencial inercial que fossem mensuradas. Isto é, um sujeito em movimento mediria a mesma duração, distância ou massa de um corpo que outro que estivesse em repouso em relação a ele. Tal concepção de tempo refere-se à atividade científica do físico, não fazendo menção às suas próprias crenças num tempo absoluto e supremo da natureza, relacionado a Deus.

3.8 Algumas considerações

Nesta primeira parte do levantamento de elementos históricos relacionados ao conceito de tempo, chamaremos a atenção de que, enquanto as principais atividades das comunidades eram agrárias, os ciclos regentes destas atividades eram, principalmente, relacionados à alternância entre dia e noite e entre estações do ano. Desta forma, a atividade dominante era indissociável destes ciclos naturais, não havendo necessidade de dividir o dia em partes menores. Consideramos que, nesse tipo de sociedade, o tempo está relacionado com a integridade física dos seres, no sentido de que considera, em parte, a adaptação dos organismos dos sujeitos junto ao meio ambiente. Isto nos faz reconhecer uma harmonia entre o nível genético da filogênese e os outros níveis, no que diz respeito à aparência-essência do tempo. Lembramos, também, que Elias (2010) caracterizou a noção de tempo destas comunidades como contínua, cíclica e qualitativa.

Conforme as cadeias de atividades humanas foram se diversificando, surgiu a necessidade da coordenação e integração destas atividades, implicando em certa medição de tempo, levando ao advento de calendário e relógios. A ideia de tempo passou, portanto, por um expressivo processo de síntese (e de *recomplexificação*), uma vez que, o calendário, por exemplo, representa cadeias de atividades humanas, organizadas e sequenciadas de acordo com os momentos eleitos pelas autoridades como sendo os mais apropriados para suas realizações. E assim, com o papel de organizar e regular cadeias de atividades humanas, o tempo também passa a exercer certa coerção sobre os sujeitos, proporcionando novos modos de ser, novos hábitos nas comunidades.

Ressaltamos, também, que calendários e relógios são instrumentos, artefatos humanos que conferiram mais determinações para o conceito de tempo, que se tornou mais complexo. Por exemplo, na medida que um relógio de sol acompanha a passagem do tempo, ele se constitui num instrumento para conhecer o tempo. Por sua vez, o tempo que estava

inicialmente relacionado ao movimento do Sol, foi relacionado ao escoar da água ou areia em clepsidras ou ampulhetas, entre outros tipos de relógio, a fim de que os sujeitos os tomassem como referências para realização e regulação de suas atividades. Os vários tipos de relógio podem ser entendidos como novas mediações entre sujeito e tempo, de modo que, novas determinações vão movimentando o conceito, o ampliando, tornando sua aparência-essência mais complexa.

Em seguida, nos reportamos para a idade média e o período de transição à idade moderna. Nesta época, houve considerável complexificação do conceito de tempo, começando a se delinear a aparência-essência característica da física clássica. A abordagem do historiador Le Goff (1979), que utilizamos para este período, mostrou o uso de referências cronológicas variadas pelos homens da idade média, as quais revelam as estruturas econômicas e sociais da época. Esta abordagem nos permite destacar a dimensão axiológica do conceito científico e, portanto, sua não neutralidade, tornando mais nítido o fato de que numa civilização, podem coexistir tantos “tempos” quanto segmentos sociais.

Além disso, a variedade de tempos medievais trouxe a imagem das lutas sociais daquela época, de forma que, quem dominava o controle do tempo reforçava o seu poder sobre a sociedade. Para nós, tal pluralidade de aparências do tempo carrega em si uma série de fatores historicamente construídos, como cadeias de atividades humanas constituídas de hierarquia social, regras e divisão de trabalho.

No período da idade média também surgiram os relógios mecânicos e as horas passaram a ter iguais durações, fornecendo uma imagem para o tempo de segmentação e homogeneidade. Os relógios mecânicos trouxeram um certo distanciamento do sol ou do movimento dos planetas, pois, a exatidão de um relógio – que significava a uniformidade de suas medidas, dependeria da precisão e da regularidade do dispositivo de escape do relógio, e não mais da observação do céu.

Abordamos a importância do relógio para o sistema capitalista. O tempo metrificado fornecido pelos relógios possibilitou que se quantificasse e padronizasse o trabalho humano. A atividade do trabalhador tornou-se também um valor convertível em dinheiro, referente a quantidade de horas trabalhadas, permitindo a acumulação e extração de mais valia.

Por último, fomos para a esfera da atividade científica. Pudemos identificar diversos aspectos relatados até o momento como contribuições para a noção de tempo utilizada na física clássica, como sua linearidade e divisão em unidades breves. Tais construtos permitiram uma revolução no estudo do movimento nas diversas atividades científicas dentro dos meios acadêmicos, dando força para a ideia de que o tempo é uma sucessão linear

de unidades de extensão, arbitrariamente pequenas. A imagem de uma linha de pontos de tempo, os instantes, ou seja sua geometrização, foi um passo importante para a elaboração da ideia de tempo de físicos como Galileu e Newton.

Com estes últimos, principalmente Newton, houve uma transformação na aparência-essência do tempo, que passa a ser matemático, abstrato, absoluto e independente das atividades humanas. É nesse momento que a natureza, o significado e sentido do tempo, inicialmente relacionados aos ciclos climáticos e de luminosidade, cada vez mais, distanciaram-se das mediações relativas às atividades humanas associadas a esses fenômenos. Assim, o tempo na atividade científica da física newtoniana, se torna “desumanizado”, já que tem seu movimento inexorável, implacável e contínuo, independentemente das relações do homem seja com a matéria, seja com os ciclos naturais do planeta.

Por outro lado, em referência à Marx, destacamos a questão do sujeito despossuído da terra (item 4.2), que também foi despossuído do tempo, se distanciando da escala filogenética, à medida que foi obrigado a seguir o ritmo imposto por um instrumento mecânico, desvinculado das variações climáticas e luminosas que o ambiente e seu organismo estavam acostumados a seguir. Além disso, o distanciamento do tempo também se dá pelo fato da inacessibilidade ao conhecimento associado a ele. E essa inacessibilidade, ou alienação das mediações envolvidas com o conceito de tempo, torna-se cada vez mais profundas com a atividade do cientista, cujo conhecimento sobre o tempo em suas formas mais desenvolvidas, acaba por ficar circunscrito aos círculos e ambientes acadêmicos.

Por mais que tal conhecimento esteja presente nas tecnologias, a interação do sujeito com o conhecimento desenvolvido histórica e culturalmente não ocorre por meio destas mercadorias. Ora, produtos tecnológicos não proporcionam acesso ao significado dos conceitos. Há apenas interação com sua forma final e com as relações estabelecidas com este produto. Assim, se aliena os sujeitos da própria construção do objeto e das relações necessárias para sua produção. Quanto mais mediações, mais determinações um conceito adquire, mais sofisticado, mais inacessível aos sujeitos de determinadas comunidades.

É neste momento que o professor e a escola despontam. Entendemos que o papel da escola é de socializar os conhecimentos, em suas formas mais desenvolvidas, (ainda que isso seja contraditório numa sociedade capitalista, ver Capítulo 6). À instituição escolar e ao professor de física, por exemplo, cabem proporcionar um ambiente capaz de restabelecer relações entre o conhecimento do tempo, ou seja, os sentidos, significados e naturezas do tempo, aprendidos na academia com aqueles utilizados no cotidiano da vida social. Assim,

pretende-se que as ideias científicas façam sentido para os estudantes e não permaneçam criptografadas nas estantes das universidades, ou dentro dos artefatos tecnológicos. Nesse sentido o professor precisa recuperar estas mediações para que os estudantes complexifiquem sua compreensão e, conseqüentemente, sua consciência da variedade de contextos e sentidos atribuídos aos conceitos.

Deste modo, consideramos que o aporte teórico da TASCH, permitiu compreender a ampliação do conceito de tempo com a complexificação das atividades humanas ao longo da história. Também se tornou saliente o problema da alienação relativa às mediações do tempo, já que a consciência do sujeito pode não acompanhar esse processo de ampliação ao não abranger à coordenação das cadeias de atividades e de seus objetivos específicos. O sujeito, pode ser apresentado às mediações do tempo e concebê-las como sendo a própria essência do objeto. (Esta é uma das hipóteses deste trabalho, que verificaremos mediante entrevistas).

Por fim, registramos nossa posição de que, o ensino do conceito de tempo nos cursos de Licenciatura em Física, sobretudo durante a formação de futuros educadores, perderá muito se ficar restrito a procedimentos técnicos, como a manipulação de equações e resolução de problemas, desprovidos de reflexão sobre suas naturezas, sentidos e significados. Por isso, entendemos que o ensino de tempo na formação de professores, deve procurar interlocução com as narrativas históricas e culturais de mundo, para que o futuro professor possa adquirir sensibilidade e flexibilidade para utilizar o conceito de tempo em diferentes contextos e circunstâncias, dominando novas mediações e enxergando seus diferentes sentidos e domínios de validade, favorecendo uma postura mais crítica diante do conhecimento científico.

3.9 Sentidos do tempo relacionados à Termodinâmica e à Relatividade Restrita

Para o levantamento de elementos históricos relacionados às concepções termodinâmica e relativística de tempo, realizamos um breve estudo investigando contextos e cadeias de atividades humanas em que estes emergiram e foram sustentados/justificados.

Para tanto, nos concentramos em elementos da história do século XIX, no continente europeu e também na América do Norte - época e lugares marcados pela ascensão da burguesia ao poder e pelo fenômeno da revolução industrial.

Costuma-se identificar duas grandes fases para a industrialização. A primeira delas, conhecida como revolução do carvão e do ferro, ocorreu entre 1780 e 1860 - período correspondente ao desenvolvimento da ciência termodinâmica. A segunda fase, a revolução

do aço e da eletricidade, ocorreu por volta de 1860 a 1914, quando a teoria da relatividade restrita foi construída. E, de 1950 aos dias de hoje, historiadores reconhecem a existência de terceira ou mais fases para este processo revolucionário. No entanto, para os propósitos deste trabalho, vamos nos ater nas duas primeiras etapas da revolução, quando foram forjadas novas zonas para o conceito de tempo relacionadas à Física.

Ressaltamos que, não temos o intuito de fazer um estudo histórico sobre a revolução industrial, mas nos ater a alguns dos principais elementos do contexto ao qual as teorias físicas da termodinâmica e da relatividade restrita estão envoltas.

3.9.1 Contexto histórico da Termodinâmica

Há muitos sentidos para o termo *Revolução Industrial* (LANDES, 2005). Aqui, o estamos tomando como o momento histórico correspondente a um conjunto de transformações que alteraram a vida da Europa ocidental, da segunda metade do século XVIII ao início do século XX.

A primeira fase da revolução concentrou-se basicamente na Inglaterra, pioneira na passagem de um sistema de produção agrário e artesanal para outro de cunho industrial, dominado por fábricas e manufaturas mecanizadas. A principal fonte de energia era o vapor, em substituição da energia muscular, eólica ou hidráulica.

Segundo Bernal (1969), os triunfos desta fase inicial – estrada de ferro, máquinas e barcos a vapor, são considerados muitas vezes pré-científicos, ou semi-científicos, uma vez que sua manipulação e desenvolvimento voltavam-se a “homens práticos” e não necessariamente a cientistas. Assim, melhoras realizadas nos engenhosos equipamentos acabavam por constituir combinações novas de velhos princípios.

Por outro lado, na esfera da ciência, a física já utilizava uma matemática sofisticada, permanecendo como uma atividade distante de artesãos, engenheiros, fabricantes de máquinas.

Todavia, contribuindo para reduzir esta distância, com crescente industrialização, alguns filósofos naturais (físicos) passaram a viajar pelas cidades no interior ministrando cursos livres para industriais e engenheiros sobre a mecânica newtoniana, realizando também experimentos. Além disso, na Inglaterra, havia um espaço para o diálogo entre profissionais imersos em diferentes atividades: a *Royal Society*. Criada em 1660, esta instituição reunia filósofos naturais, engenheiros e artesãos, a fim de discutir fundamentos científicos e promover o diálogo entre áreas distintas. Segundo Hessen (1946), a Royal

Society reuniu os cientistas mais eminentes da Inglaterra, como Robert Boyle, Bruncker, Brewster, Wren, Halley, Robert Hooke e Newton. (REIS, *et al*, 2010; 2005, HESSEN, 1946).

Entre os diversos assuntos discutidos nestes encontros (como construção de bombas à vácuo, produção de vapores em caldeiras, etc.) destaca-se a temática dos métodos de aperfeiçoamento das máquinas a vapor, utilizadas para bombear água das minas de carvão.

Na França, um dos estudiosos destes métodos - que muito contribuiu para o desenvolvimento da termodinâmica, foi o engenheiro militar Sadi Carnot (1753-1823). Filho de matemático, o jovem francês formado na escola de engenharia École Polytechnique, investigava os gases e suas propriedades. Como foco de atenção de seus estudos, Carnot tomou como objeto a questão do rendimento máximo que se poderia obter de um motor térmico.

Em termos gerais, máquinas térmicas são dispositivos que, operando em ciclo, realizam trabalho mecânico a partir do fornecimento de calor. Através de uma análise detalhada destes motores, Carnot concluiu que a máquina reversível é a mais eficiente capaz de operar entre dois reservatórios.

Um processo reversível é aquele capaz de inverter o sentido de uma transformação por uma variação infinitesimal em alguma propriedade do sistema. Por isso, a máquina reversível, fornecedora do maior rendimento possível, possui forças dissipativas que não realizam trabalho, conduções térmicas realizadas isotermicamente e presença constante de processos quase-estáticos¹².

Assim, na máquina reversível de Carnot, os valores da temperatura do corpo quente e do corpo frio podem ser tão próximos quanto se queira. Tal diferença infinitesimal de temperatura torna os processos demasiadamente lentos, correspondendo a uma potência extremamente baixa do motor. Por esta razão, considera-se os processos reversíveis inatingíveis na prática, o que justifica o caráter ideal do ciclo elaborado pelo engenheiro francês.

Carnot mostrou que quanto maior a diferença de temperatura entre as fontes quente e fria, maior será o rendimento da máquina. Seu trabalho também apontou para uma questão fundamental, até então sem explicação: mesmo com um atrito desprezível, apenas parte do calor fornecido às máquinas térmicas reais poderia ser transformado em trabalho.

¹² Processos quase-estáticos são aqueles nos quais a diferença entre dois estados de equilíbrio é infinitesimal.

3.9.2 Segunda lei da termodinâmica

Na Alemanha (ainda não unificada), uma das principais contribuições para a compreensão da questão do limite das transformações de calor nas máquinas térmicas foi dada pelo físico Rudolf Clausius (1822-1888).

Formado na Universidade de Berlim, Clausius foi um estudioso da obra de Carnot e, a respeito da questão das transformações nas máquinas a vapor, considerou que a passagem de calor do corpo frio para o quente, ou seja, num sentido inverso ao usual, só poderia ocorrer acompanhada de mudanças vindas da realização de trabalho sobre o sistema. Assim, afirmara ser impossível a realização de um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente (considerado este um dos enunciados da segunda lei da termodinâmica) (BENCHMARK, 1976).

Outra contribuição que se estabeleceu como enunciado para a segunda lei da termodinâmica foi dada pelo físico, matemático e engenheiro britânico, William Thomson (1824-1907), também conhecido por Lord Kelvin. Kelvin destacou a questão da impossibilidade da realização de um processo cujo único efeito seja a remoção de calor de um reservatório térmico e a produção de uma quantidade equivalente de trabalho. Assim, posto que máquinas térmicas reais, ao efetuar um ciclo, não são capazes de transformar integralmente todo calor absorvido da fonte quente em trabalho mecânico, nota-se, nesta última formulação, a ideia da impossibilidade dos motores térmicos operarem com rendimento de 100%. Qualquer máquina térmica, para completar um ciclo, deve rejeitar, sempre, uma determinada quantidade de calor para a fonte fria. Pode-se notar que os estudos de Clausius e Kelvin refletem a ideia principal da existência de limites fundamentais na natureza.

Clausius, porém, avançou na compreensão acerca desta limitação. Utilizando uma abordagem mecânica, interpretou as transformações como sobreposições de forças. Foi considerada a existência de uma força de resistência à transformação e uma “força ativa do calor”, proporcional à temperatura absoluta. Assim, expressou o quociente do calor Q sobre a temperatura T , como sendo o valor equivalente da transformação de trabalho (TRUESDALL, 1980)

Foram assumidas como positivas as transformações de trabalho em calor, e de calor de uma temperatura mais alta a calor a uma temperatura mais baixa. As transformações de

calor em trabalho e de calor a uma temperatura mais baixa para mais alta foram consideradas negativas.

Já nos processos irreversíveis e cíclicos, as transformações positivas estão em número maior ou igual à quantidade de transformações negativas ocorridas no sistema. Ou seja, pensando por meio de uma abordagem mecânica, um dos grupos de forças, seja de resistência, ou de força ativa de calor, é superior à outra. Esta consideração foi de extrema importância uma vez que definiu a existência de uma direção preferencial para as transformações. Neste caso, fez-se necessária uma análise dos componentes microscópicos da matéria (ibidem, 1980).

Em relação ao que ocorre internamente no sistema, Clausius então introduziu um conceito para se referir à configuração dos constituintes das substâncias: a desagregação dos corpos. Um corpo que recebe calor tem sua desagregação aumentada devido a uma maior dispersão de suas moléculas. Para o caso de processos irreversíveis, se a alteração da desagregação é positiva e a força do calor realiza trabalho, não é possível transformar todo o calor em trabalho, mas apenas parte dele (ibidem, 1976, 1980).

Por fim, no lugar de “desagregação dos corpos”, em artigo publicado em 1867, Clausius chamou de entropia (S) a função que representa o conteúdo de transformação de um corpo (denominação feita a partir de uma palavra grega que significa transformação). E assim, a esta impossibilidade de obter processos reversíveis na prática estava relacionada à existência de uma direção privilegiada para as transformações.

Desta forma, uma complementaridade pode ser observada entre a primeira e a segunda lei: na medida em que a primeira lei determina que a energia se conserva, ela é complementada e limitada pela ideia de transformação.

3.9.3 Entropia e a seta do tempo

Um importante avanço realizado nos estudos sobre o calor foi feito pelo cientista escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Formado em Física (Filosofia Natural) na Universidade de Edimburgo, Maxwell mudou-se para Cambridge em 1850 para estudar matemática no Trinity College. Nesta época, iniciou seus estudos sobre eletromagnetismo e física estatística aplicada aos gases e ao calor (REIS, et al, 2005, ABRANTES, 1988; FLOOD, et al, 2014)

Sobre estes últimos assuntos - o calor e o comportamento dos gases, após se apropriar das ideias de Clausius, Maxwell decidiu utilizar métodos estatísticos para compreender a

questão do limite das transformações presentes nos enunciados da segunda lei da termodinâmica.

O físico considerou que as moléculas de um gás apresentam uma variedade de velocidades que se aglomeram em torno de determinado valor. Assim, não importava saber a posição e a velocidade de todas as constituintes do gás, mas a distribuição estatística referente às posições e velocidades.

Usando métodos estatísticos e pressupostos da mecânica newtoniana, Maxwell conclui que a segunda lei não é válida para movimentos individuais, descrevendo melhor sistemas que envolvem grandes quantidades de partículas.

Em 1867, a fim de apresentar a visão estatística dos limites da segunda lei da Termodinâmica, Maxwell criou um personagem (conhecido por “demônio de Maxwell”). Trata-se de um “ser” capaz de identificar as moléculas mais rápidas de um gás contidas numa câmara. Uma parede dotada de uma janela divide esta câmara em duas partes (*A* e *B*). Supõe-se que o demônio apenas abre a janela para deixar as moléculas mais ligeiras avançarem para o compartimento *B*, fechando-a diante das lentas. Como resultado, as moléculas ligeiras da distribuição maxwelliana se concentrarão na câmara *B*, enquanto as lentas permanecerão na câmara *A*. Enquanto a câmara *B* se torna mais quente, a câmara *A* fica mais fria, com o calor fluindo no sentido inverso (GAMOW, 1963).

O que ocorre é que, tanto o demônio de Maxwell, como qualquer dispositivo mecânico que o substituísse, teriam de ser construídos com um número pequeno de partículas, inviabilizando o experimento. Afinal, qualquer gás possui numerosas partículas, de modo que o demônio cometeria muitos erros estatísticos na identificação das moléculas, culminando na falência do projeto.

A continuidade desta visão e uma melhor compreensão estatística dos gases se estabeleceu com os estudos do físico Ludwig Boltzmann (1844-1906). Austríaco, Boltzmann doutorou-se e tornou-se professor em Viena, lecionando também em Graz, Leipzig e Munique. O físico ampliou o trabalho de Maxwell, produzindo uma expressão para a distribuição de energia das moléculas de um gás. Apresentou num artigo uma função relacionada à entropia, cujo valor quase sempre cresce com o tempo até atingir um máximo.

Boltzmann explicou que, quando um grande estado também corresponde a muitos pequenos estados, igualmente prováveis, sua probabilidade está relacionada com o número de pequenos estados. Isso basicamente obriga os grandes estados a evoluírem na direção de seus estados mais prováveis. A abordagem de Boltzmann é uma interpretação explicitamente

probabilística da entropia, introduzindo a probabilidade no eletromagnetismo e provando o aspecto central da irreversibilidade da termodinâmica (FLOOD, *et al*, 2014).

Assim, se para Clausius a entropia do universo sempre aumenta, com Boltzmann, este aumento também foi associado à desordem, numa perspectiva das probabilidades.

A desordem final alcançada pelos processos da natureza está relacionada com a tendência dos sistemas de atingir a uniformidade da temperatura, pressão, composição, etc. Chegando a este estado, todos os processos ou transformações físicas, químicas ou biológicas cessarão. Logo, embora quantitativamente a energia se conserve (1ª lei da termodinâmica), parte dela vai se degradando a cada transformação, tornando-se indisponível para a realização dessa mesma transformação.

Um exemplo que costuma ser encontrado nos livros didáticos para ilustrar a noção da interpretação estatística dada à entropia corresponde a expansão livre de um gás (GAMOW, 1963).

Considere que uma câmara fechada é dividida ao meio por uma partição. Um gás é confinado do lado esquerdo do recipiente (lado A), e do lado direito (lado B) é feito vácuo.

Em um determinado instante remove-se a partição. O gás passa a se difundir para o outro lado do recipiente, num processo irreversível, até que se distribua de modo uniforme por todo o recipiente, atingindo um novo estado de equilíbrio térmico.

Se tomarmos cada colisão das moléculas deste gás como reversível, o processo inverso seria possível. Para tanto, as velocidades de todas as moléculas deveriam ser invertidas, caracterizando a situação como altamente improvável, embora possível. Assim, configurações em que as moléculas estão distribuídas de maneira uniforme nas duas metades do recipiente são mais prováveis do que aquelas nas quais o gás estaria em apenas uma das metades.

A localização das moléculas nos lados A e B correspondem à descrição de um microestado, ao passo que o macroestado representa a caracterização do estado do gás pela sua densidade em várias regiões macroscópicas. A cada macroestado podemos associar diversos microestados diferentes.

Se for associada igual probabilidade a cada microestado possível, o macroestado mais provável é aquele que pode ser realizado pelo maior número possível de microestados diferentes. E assim, este estado mais provável corresponde a uma distribuição uniforme de moléculas.

Quanto maior o número de estados acessíveis, maior a entropia. E assim, Boltzmann propôs a seguinte relação entre os estados macroscópicos e a entropia: $S = k \cdot \ln W$, onde k é

uma constante positiva e W é o número de estados macroscópicos que corresponde ao estado macroscópico cuja entropia é S (PRIGOGINE, 1999).

3.9.4 Alguns apontamentos

Inicialmente abordamos que o tempo e sua passagem foram relacionados ao movimento dos astros, aos organismos, aos calendários e a vários tipos de relógios. Falamos de sua aparência cíclica e linear, exemplificando comunidades, classes, interesses e cadeias de atividades que sustentavam as concepções de tempo mencionadas.

Com o estabelecimento da física como campo de atividade científica, a ideia de tempo utilizada correspondia à mecânica, que concebe o tempo como linear, homogêneo, contínuo, matemático, fluindo independente do referencial, da presença de matéria e energia. Tal aparência também sugere certa irreversibilidade, uma vez que um tempo numérico, feito de instantes, passa sem retorno. Todavia, há uma particularidade presente na física clássica, não visível aos olhos nas atividades mundanas: a presença, nesta teoria, de simetria entre passado e futuro. Ora, nossa experiência no mundo revela um ordenamento para a ocorrência dos eventos, ou seja, uma “seta” para o tempo. Esta seta não se faz presente na teoria da mecânica newtoniana que é caracterizada como uma teoria reversível no tempo: uma sequência de eventos quaisquer que se desdobra em determinada ordem temporal, do ponto de vista da mecânica, pode também desdobrar-se no sentido inverso.

Esta problemática questão veio à tona na primeira fase da Revolução Industrial, quando a atenção de cientistas se voltou a problemas sobre rendimento de motores, aperfeiçoamento de fornos e máquinas a vapor.

Dadas as contribuições de diversos cientistas, em especial, Clausius, Maxwell e Boltzmann, a irreversibilidade unidirecional do tempo pode ser explicada por meio de outro conjunto de relações, de mediações. A seta do tempo termodinâmica passou a ser compreendida, na atividade da ciência ligada à termodinâmica, a um progresso espontâneo de sistemas naturais em direção a um valor máximo para a entropia. Nesta perspectiva, o tempo, até então tomado como um parâmetro matemático inserido num quadro teórico determinista, tornou-se mais complexo, por mostrar-se relacionado à probabilidade e às distribuições estatísticas.

Além da atividade científica relacionada às máquinas térmicas da industrialização, outro aspecto do tempo que ressalta aos olhos nas atividades industriais, neste dado momento histórico, refere-se à coerção imposta aos homens pelo tempo diante destas máquinas.

Nesta época, não haviam leis trabalhistas, e as jornadas de trabalho eram extremamente longas, às vezes de dezesseis horas por dia, até chegar ao limite das forças de homens, mulheres e crianças. (Estas últimas, começavam a trabalhar nas minas e fábricas desde os cinco ou seis anos de idade).

Nas fábricas, o tempo e o comportamento dos operários durante a produção de mercadorias, eram precisamente controlados por relógios. A própria máquina, com seus movimentos mecanicamente sincronizados, era um instrumento poderoso de regulação do tempo dos operários.

3.10 Tempo e Relatividade Restrita

Para esta abordagem, iniciaremos fazendo uma descrição sucinta de algumas contribuições dadas pela ciência do eletromagnetismo ao período da industrialização. Nosso objetivo é entendermos melhor como as cadeias de atividades relacionadas à indústria, munidas de conhecimentos científicos, alteraram as relações dos sujeitos em sociedade, tornando o ambiente favorável a uma nova interpretação para o conceito de tempo e, portanto, para sua complexificação. Utilizamos, em especial, as referências de Eric Hobsbawn (2014, 2002) e Milton Santos (2000) - autores alinhados ao referencial marxista deste trabalho e que realizaram profundas análises acerca do processo de industrialização da Europa, e dos físicos Roberto de Andrade Martins (2015), Peter Galison (2003), a fim de abordarmos aspectos relacionados à história da ciência.

3.10.1 Desenvolvimento do Eletromagnetismo

Durante muito tempo, a eletricidade e o magnetismo se desenvolveram isoladamente - apresentavam características distintas em seus fenômenos e também não havia comprovação da existência de relações entre ambos. Contudo, no século XIX, a partir dos trabalhos de cientistas como Hans Christian Oersted (1791-1867) e Michael Faraday (1791-1867) as relações entre estes dois campos tornaram-se evidentes, levando a uma fusão destes conhecimentos, originando o eletromagnetismo.

Como ponto de partida desta descrição, tomaremos os trabalhos do físico dinamarquês Oersted que, em 1820, demonstrou que uma corrente elétrica passando por um condutor causava a deflexão na agulha de uma bússola. Movendo o fio em torno deste instrumento, o físico identificou que o posicionamento da agulha era perpendicular em relação ao fio, comportamento não previsto pelas teorias físicas existentes na época.

Quando Oersted publicou sua descoberta, grande interesse da comunidade científica foi desencadeado. Cientistas como Jean-Baptiste Biot (1774-1862), Felix Savart (1791-1841) e André Marie Ampère (1775-1836) passaram a desenvolver pesquisas relacionadas ao fenômeno. Como destaque destes estudos, Biot e Savart juntaram-se na elaboração de uma equação capaz de fornecer o campo magnético gerado por uma corrente elétrica constante no tempo, e Ampère formulou uma equação que permitia calcular a força magnética entre dois fios condutores e também atuando num corpo próximo a um fio, conduzindo eletricidade.

Além destes trabalhos, extensas investigações sobre as relações entre a eletricidade e o magnetismo foram realizadas por Faraday. De fato, na época, acreditava-se que os corpos interagiam a distância, instantaneamente no espaço (como na física de Newton). Entretanto, Faraday buscou caminhos não tradicionais para explicar o fenômeno. Para ele, deveria haver no espaço algum ente físico que pudesse “informar” a existência de uns corpos aos outros. Esta “informação” era transmitida mecanicamente com velocidade finita, através do *éter*, substância considerada como uma espécie de sistema universal de referência - um meio elástico, rígido, incompreensível, livre de atrito que, funcionando como intermediário, penetrava todo universo. Isto porque, até então, não se admitia a ideia de que interações pudessem se propagar na ausência de um meio, numa imagem de mundo essencialmente mecânica.

Assim, ao invés da ação à distância, linear entre dois pontos no espaço, Faraday desenvolveu a ideia de que, nos ímãs, haviam “linhas de campo”, em parte inspirado pela configuração estabelecida pela limalha de ferro sobre um papel, quando próxima destes objetos. Como a limalha se organiza em padrões ordenados, formando suaves curvas, Faraday considerou que estas linhas partiam do polo norte e chegavam ao polo sul do ímã. Havia linhas de campo também nas cargas elétricas, partindo das positivas e chegando nas negativas. As propriedades da eletricidade e do magnetismo eram obtidas pelo modo como estas linhas se espalhavam, se espremiavam e se curvavam (DIAS & MARTINS, 2004).

Faraday analisou também o comportamento da força magnética ao redor de um fio condutor, e construiu um dispositivo que mostrava que, um fio atravessado por uma corrente elétrica, poderia girar ao redor de um ímã fixo, da mesma forma um ímã móvel (como a agulha de uma bússola) poderia movimentar-se ao redor de um fio condutor fixo, onde passava a corrente elétrica. Assim, o físico registrou pela primeira vez a conversão de eletricidade em movimento e, portanto, o princípio básico do motor elétrico.

Também foi obtida corrente elétrica numa bobina isolada (não conectada a uma pilha), usando um circuito elétrico vizinho no lugar de um ímã: uma corrente surgia no circuito, após este ser ligado e desligado. Em resumo, Faraday explicou como seria obtido da eletricidade um efeito magnético e, como de um efeito magnético era possível obter efeitos elétricos, o que ficou conhecido por “lei da indução de Faraday”.

No entanto, apesar destas descobertas, para a comunidade científica, a compreensão satisfatória dos fenômenos elétricos e magnéticos tinha de passar por uma descrição matemática, o que constituía a maior deficiência dos trabalhos de Faraday.

Foi o físico escocês James Clerk Maxwell quem forneceu o arcabouço matemático requisitado. Além de trabalhar com física estatística, outro campo científico de seu interesse era o eletromagnetismo. Sabia-se que uma corrente elétrica podia ser gerada por uma pilha ou por um meio de indução eletromagnética. Maxwell explicou esse fenômeno afirmando que o movimento de um ímã no interior de uma bobina fazia com que o campo magnético por ele gerado variasse com o tempo. Defendeu, então, que o campo magnético variável era o responsável pelo aparecimento da corrente elétrica no fio, ou pelo surgimento de um campo elétrico, de forma que, campos elétricos variáveis produzem campos magnéticos. Assim, a corrente elétrica do fio do experimento de Oersted gerava campo magnético ao seu redor porque ela estava associada a um campo elétrico variável. Para Maxwell, a relação entre os campos elétricos e magnéticos era tão forte que ele considerou a existência de um campo eletromagnético que seria resultado da geração simultânea de campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo. E esta ação eletromagnética deveria ocorrer num certo intervalo de tempo (REIS *et al*, 2005).

A grande contribuição de Maxwell para o eletromagnetismo foi a construção de um conjunto de equações que descrevem o comportamento dos campos elétrico e magnético e a interação entre eles. Tais equações previam a existência de ondas formadas por estes campos, associados à luz. Maxwell determinou também o valor dessa velocidade – um valor muito próximo do estabelecido na época. Essa igualdade indicava-lhes serem os fenômenos ópticos o resultado de um campo eletromagnético se propagando no espaço (e também através do éter).

A prova experimental a favor de Maxwell ocorreu com o jovem cientista alemão Heinrich Hertz (1857-1894). Com seus experimentos, Hertz pode demonstrar que ondas eletromagnéticas transportavam energia através da atmosfera. O físico havia observado que uma corrente oscilante provocava faíscas que saltavam numa espira, publicando o artigo *Sobre as ondas eletromagnéticas no ar e suas reflexões*, em 1888. Hertz mediu o

comprimento dessas ondas e mostrou que elas tinham as mesmas propriedades que outros tipos de ondas, incluindo a capacidade de serem refletidas, refratadas, sofrerem interferência e polarização e, tinham uma velocidade finita, confirmando as ideias de Maxwell. Sua pesquisa também apontou para o fato de que um sinal eletromagnético era uma onda produzida numa determinada região e que poderia ser detectado em locais muito distantes (REIS *et al.*, 2010).

3.10.2 Os produtos do eletromagnetismo

Em consequência destes avanços científicos na área do eletromagnetismo, surgiram diversos inventos que transformaram a vida das pessoas nas sociedades industrializadas. Começaremos citando os dínamos, por exemplo. Dínamos são pequenas máquinas rotativas capazes de converter movimento em eletricidade. Basicamente formado por uma espira (um fio condutor dobrado, geralmente em formato circular) que, colocada numa região entre ímãs, apresenta uma corrente elétrica ao ser posta em movimento. Anos depois, com funcionamento similar aos dínamos, foram desenvolvidos os geradores elétricos, também conversores de movimento em eletricidade. Estes aparelhos permitiram a geração de uma quantidade muito superior de energia àquela obtida até então com pilhas, possibilitando o fornecimento de energia elétrica nas cidades. Rapidamente, centrais elétricas espalharam-se pelo mundo e a indústria da fabricação do material elétrico deu um salto gigantesco nos fins do século XIX. Nesta época também foram construídas usinas hidrelétricas, tornando evidente que a eletricidade, transportada por fios substituía com enormes vantagens outras formas até então utilizadas (LANDES, 2005).

Outro avanço e aplicação direta do desenvolvimento do eletromagnetismo foi telegrafia. Esta, envolveu direta ou indiretamente cientistas que participaram da construção da Teoria da Relatividade Restrita.

Aparentemente, o primeiro dispositivo semelhante a um telégrafo surgiu em meados de 1753. Charles Marshall, o inventor, afirmou que estendeu e amarrou uma série de fios em número igual ao das letras do alfabeto entre duas estações, uma emissora e outra receptora. Na extremidade da recepção, pequenas esferas foram ligadas a ponta dos fios. Sob cada esfera estava escrito num papel uma letra do alfabeto. Com o bastão de vidro carregado eletricamente, Marshall tocava nos fios da estação emissora correspondentes as letras S, I, R. Na outra ponta, a carga estática na bola erguia a letra sobre ela. E assim até que a pessoa do outro lado recebesse a palavra *sir* (senhor, em inglês) (BLAINEY, 2008; LANDES, 2005).

Na Espanha, por volta de 1800, inspirado pelos estudos de Luigi Galvani (1737-1798) referente às pilhas, o médico Dom Francisco Salvá (1751-1828), divulgou na comunidade científica de Barcelona que havia conseguido transmitir uma corrente elétrica por um fio com 300 metros de comprimento, causando contração nas pernas de um sapo. Salvá resolveu então usar a pilha criada por Alessandro Volta (1745-1827) como fonte de energia para seu aparelho, o que resultou na invenção do *telégrafo de bolhas*. (A palavra *telégrafo* deriva da junção de duas palavras gregas, que significam *de longe* e *escrever*). Substituindo sapos por eletrodos, imersos em bacias com água, fios relativos a determinadas letras do alfabeto foram ligados a uma bateria, surgindo bolhas em jarras correspondentes, dispostas do lado oposto.

Outra invenção que impulsionou a telegrafia foram os relês, pelo cientista americano Joseph Henry (1799-1878), professor da Universidade de Princeton, em Nova Jersey. Relês são chaves que abrem circuitos enquanto fecham outros – dispositivos que viriam a ser fundamentais para o desenvolvimento da telegrafia de Samuel Morse.

Finalmente, a implementação dos telégrafos ocorreu junto aos esforços do norte americano Samuel Morse (1791-1872), em 1838, desenvolveu um sistema de códigos transmitidos por um fio condutor, conhecido como código Morse. O sistema de Morse (o telégrafo elétrico) constituía em uma linha contínua, feita de um fio de ferro ou de cobre, apoiado numa sucessão de postes altos que corriam paralelamente à linha férrea, capaz de colocar em contato várias partes do mundo interligadas por milhares de quilômetros de cabos, inclusive submarinos. Na Inglaterra, quem promove os avanços na telegrafia é Charles Wheatstone (1802-1875).

Bernal (1969) explica que, o impulso real que incentivou grande número de inventores (por exemplo, Morse, Wheatstone, etc.) não foi qualquer necessidade social generalizada de comunicação, mas o valor monetário real das informações dos preços de mercadorias e de ações e dos acontecimentos que os poderiam afetar. Informações traduziam-se em dinheiro, e o telégrafo elétrico vinha oferecer um meio de transmitir notícias com grande rapidez.

Contudo, no início da telegrafia o alcance dessa tecnologia era limitado, visto que os sinais eletromagnéticos eram transmitidos por fios. Foi um tempo depois de Hertz apresentar suas conclusões a respeito das ondas eletromagnéticas que o telégrafo sem fio pode ser desenvolvido. Nesse tipo de telégrafo, o sinal produzido é emitido para o espaço, se propagando em todas as direções e podendo ser detectado nos pontos em que forem colocadas antenas e receptores para recebê-lo. Munidos deste conhecimento, rapidamente os

industriais construíram aparelhos baseados neste princípio (REIS, *et al*, 2005, BERNAL, 1969).

Por fim, também vamos mencionar a aplicação dos avanços do eletromagnetismo para a atividade de construção de medidores de tempo - a área da relojoaria, que se transformou, neste período, em indústria relojoeira.

Em relação às principais inovações relojoeiras vinculadas ao desenvolvimento do eletromagnetismo, Dimas (1976) identifica a criação de pelo menos três tipos de relógios elétricos: relógios elétricos independentes, relógios mestres e secundários e relógios síncronos.

Os relógios elétricos independentes são de duas categorias. Ou são de corda, com dispositivo elétrico de carga, ou são de pêndulos ou balanços acionados por eletricidade. Os relógios mestre e os secundários, compreendem sistemas compostos de um relógio central enviando, através de fios, sinais elétricos periódicos para o acionamento de relógios secundários, a fim de que o horário pudesse ser unificado. (As máquinas dos relógios secundários eram constituídas de relês eletromagnéticos, cuja função é transformar cada impulso elétrico recebido em um avanço mecânico dos ponteiros). E, por fim, os relógios síncronos eram pequenos motores de indução ligados diretamente à rede elétrica das cidades, cuja frequência era regulada de 50 a 60 Hertz, a fim de manter relógios em sincronismo.

A seguir, após esta breve descrição do desenvolvimento do eletromagnetismo e de alguns artefatos produzidos por esta ciência, passaremos a abordar o contexto histórico destas invenções.

3.10.3 Contexto histórico da Segunda Revolução Industrial

Com relação ao processo da revolução industrial, em sua primeira fase, os motores funcionavam a vapor, queimando carvão por fora das máquinas e com potências limitadas. Já neste segundo momento, com a invenção de motores à combustão interna¹³ e motores elétricos, foi possível aumentar a eficiência das máquinas, fazendo com que os modelos a vapor fossem cada vez menos requisitados. Nesta época, iniciou-se também o uso de derivados de petróleo como combustível, possibilitado pela invenção do motor de quatro tempos.

¹³ O motor a combustão interna ou à explosão funcionava mediante a ação de um cilindro com um pistão interno, que era empurrado pela energia química de um combustível. A diferença é que, no lugar de queimar carvão para ferver a água e criar pressão, injetava-se combustível (como gasolina) para provocar uma explosão dentro do cilindro, impulsionando o pistão (LANDES, 2005).

Em relação à mineração, o ferro gradativamente foi substituído pelo aço – uma liga metálica mais leve, maleável e resistente, que possui minério de ferro como seu principal componente. Essa substituição foi possível com a invenção do conversor Bessemer¹⁴, o que intensificou o desenvolvimento das áreas da siderurgia, química, eletricidade e farmácia.

Sobre este dado momento histórico, Hobsbawn (2014), destaca pelo menos quatro mudanças fundamentais na comparação entre as duas primeiras fases revolucionárias. A primeira e mais profunda delas refere-se ao papel da ciência na tecnologia. Como descrevemos anteriormente, esta influência era pequena e de importância secundária. Todavia, com o advento das ferrovias e dos motores elétricos, a demanda pela ciência tornou-se cada vez mais latente. Além disso, a expansão da economia industrial pelo mundo trazia estranhas matérias primas naturais (como foi o caso do petróleo e da borracha, por exemplo) que exigiram estudos científicos para seus processamentos. Como ilustra o historiador:

“Um inventor que jamais houvesse ouvido falar de Newton seria capaz de criar algo como a máquina de anéis para fiar. No entanto, mesmo os menos qualificados inventores (do ponto de vista técnico) da era da eletricidade (como por exemplo o norte americano Samuel Morse, inventor do telégrafo, e cujo nome foi dado ao Código Morse) teria de pelo menos ter assistido a algumas aulas de ciência. O equivalente britânico de Morse, Sir Charles Wheatstone, era na verdade um professor universitário” (HOBBSAWN, 2014, p.169).

Hobsbawn (2014) afirma que, a partir da segunda metade do século XIX, a ciência foi colocada à serviço da indústria. O progresso tecnológico mostrava ser função do insumo de mão de obra com qualificação científica, havendo a necessidade de investimentos em equipamentos e projetos de pesquisa.

A segunda mudança importante refere-se às máquinas, que passaram a ter certo grau de automação associada à produção em massa, levando à expansão do sistema fabril e exigindo a necessidade de menor número de trabalhadores para operá-las. Com esta expansão, a produção manufatureira foi dividida numa ampla série de processos simples. A longo prazo, esta mudança levou à própria fabricação de máquinas e de bens de consumo duráveis.

Como uma terceira mudança, o historiador considera o fato de que, junto à produção em massa, era necessário o consumo em massa, levando à percepção da burguesia industrial de que seus maiores mercados consistiam na massa de trabalhadores dos países

¹⁴ Conversor Bessemer é um equipamento que permite o processamento do aço a partir do ferro gusa fundido. Foi criado em 1856, pelo engenheiro Henry Bessemer (LANDES, 2005).

economicamente desenvolvidos. Como exemplo, a indústria de motores para automóveis norte-americana é citada, uma vez que se edificou com base no pressuposto de que um carro deveria ser suficientemente barato, por mais dispendioso que fosse, para que pudesse harmonizar-se a um mercado de massa.

A quarta mudança ressaltada refere-se ao fato de que, pequenas empresas passaram a ceder lugares a empresas maiores, resultando num processo de fusão e incorporação que criou os chamados trustes, monopólios e oligopólios. Tais modificações caracterizaram a nova fase do capitalismo, denominado “capitalismo monopolista” ou “financeiro”, momento em que os bancos passaram a ter papel fundamental para a sobrevivência das empresas, havendo uma fusão entre os capitais industrial e financeiro.

Assim, o necessário aumento do volume de investimentos para fazer funcionar esse capitalismo restringiu, cada vez mais, o número de empresários que participavam do negócio. O capitalismo individual e a empresa familiar perderam importância, em detrimento das fusões entre grandes empresas, associadas ao sistema bancário.

Consolidaram-se então, em diversas regiões industriais da Europa e dos Estados Unidos, o capitalismo monopolista, nas quais a população se concentrava em zonas urbanas, constituindo um mercado de trabalho assalariado. Havia o predomínio de bens industrializados na economia, a concentração de riqueza e do capital em grandes empresas e a venda desses produtos para um mercado internacional. Nestas circunstâncias, as sociedades envolvidas com o processo revolucionário presenciaram um “encurtamento” das distâncias entre estados e países, graças a uma série de avanços já mencionados nos meios de comunicação e nos transportes. É neste cenário que a teoria da Relatividade Restrita é desenvolvida.

3.10.4 Necessidades das cadeias de atividades industriais

Na primeira fase da industrialização surgiram unidades produtivas relativamente modestas, pela estrutura de suas máquinas e pelo limitado número de trabalhadores. Já nesta nova fase, um salto produtivo foi dado, com os gigantescos complexos industriais, equipamentos sofisticados e de grande escala, como motores e turbinas elétricas e usinas siderúrgicas. O número de trabalhadores envolvidos em cada unidade chegava a dezenas de milhares. Tal escala da produção implicava numa intensa disputa pelas matérias-primas disponíveis em todas as partes do mundo, como também exigia a abertura de um amplo universo de novos mercados de consumo para absorver os excedentes industriais. Foi essa ampliação na escala das demandas e das exportações que gerou o fenômeno conhecido como

neocolonialismo ou *imperialismo*, levando as potências industriais, na segunda metade do século XIX, disputar e dividir entre si as áreas ainda não colonizadas do globo ou a restabelecer vínculos de dependência com áreas de passado colonial (SEVCENKO, 1998; HOBSBAWN, 2014).

Desta maneira, consideramos razoável pensar que uma das cadeias de atividades dominantes destas sociedades refere-se aquelas envolvidas com a atividade industrial. Claro que estas são cadeias bastante grandes e complexas, pois, de um modo geral, estas abrangem todas as atividades envolvidas com a produção de mercadorias, com o objetivo da manutenção e crescimento das potências industriais. Tal objetivo insere-se no contexto do imperialismo, relacionado à disputa por territórios, matérias-primas e por mercados pelo mundo a fora.

No entanto, sobre tais cadeias e contradições situadas em seus caminhos, identificamos algumas delas relacionadas ao conceito de tempo, cuja discussão dependia de esforços oriundos da atividade científica, como sobre a medida, a padronização e a sincronização do tempo. Vamos a elas.

3.10.5 Contradições: tempo e unidades de medidas diversas

Nas atividades de intercâmbios comerciais e de informações técnicas e científicas, um dos grandes entraves constituía na utilização de diferentes padrões de medidas entre as sociedades. Em especial, a partir do desenvolvimento da Física e a disseminação de novos conceitos – como velocidade, aceleração, pressão, temperatura, etc. a necessidade de uniformização das grandezas tornou-se ainda mais relevante (CREASE, 2011).

Nesta perspectiva, já no início da segunda fase da industrialização, uma comissão de cientistas na França (país que buscava seu desenvolvimento industrial), criou o sistema internacional de medidas: o sistema métrico decimal, no qual o metro era a unidade básica do comprimento. Também foram estabelecidos outros padrões, como a unidade de tempo, o *segundo*, a unidade de massa, o *quilograma*, a unidade de área, o *are* ou *hectare*, e a unidade de volume, o *estere* (GALISON, 2005; ROZENBERG, 2006).

Tais padrões continuaram a ser revistos durante anos, resultando mais tarde na organização de um evento denominado *Convenção do Metro*: uma reunião em Paris, em 1875, onde cientistas, industriais e comerciantes (de mais dezessete países europeus e também dos Estados Unidos) se encontraram para discutir e estabelecer os protótipos do metro e do quilograma. O estabelecimento de um padrão internacional e universal de medidas foi considerado a melhor alternativa para evitar discussões e excessivos cálculos

durante as trocas comerciais. A realização deste evento expõe a relevância da questão da precisão e padronização dos pesos e medidas nesta época (CREASE, 2011, GALISON, 2003).

Com relação ao *tempo*, ainda que a *Convenção do Metro* tivesse estabelecido sua unidade básica (o *segundo*), este era um caso mais complexo: era preciso discutir a possibilidade da organização de um sistema horário mundial, o que implicaria no estabelecimento de um meridiano longitudinal comum, servindo de base para o sistema horário. Havia também a questão levantada por alguns cientistas (como Henri Poincaré, por exemplo, de quem falaremos mais adiante) sobre a base sexagesimal do tempo e a proposta de sua decimalização¹⁵. Porém, a criação de um sistema horário internacional mostrava-se mais urgente, principalmente para o melhor funcionamento do sistema ferroviário implantado.

3.10.6 Ferrovias, telégrafos e territórios: necessidade de sincronização e unificação do tempo

As ferrovias surgiram no século XIX, quando as máquinas a vapor proporcionaram o movimento de composições por cima dos trilhos. Assim, aos poucos, a quantidade de vagões e de material transportado pelas composições foram aumentando, possibilitando o transporte de cargas mais pesadas e por distâncias mais longas.

Construtores de ferrovias saíam nesta fase pela Europa e pelos Estados Unidos fazendo cortes nos terrenos e aterros de contenção feitos de terra e barro. Já no início da década de 1850 províncias como Egito, Peru, Brasil, México e o leste da Austrália já construíam suas primeiras ferrovias (BLAINEY, 2008).

As mudanças ocasionadas durante os primeiros 30 anos da era das ferrovias foram drásticas no cotidiano das pessoas. O romancista William Thackeray, descrevendo a Inglaterra na década de 1860, afirmava que o trem havia mudado de tal modo a vida das pessoas que os aterros de contenção das ferrovias eram como um muro que dividiam o passado e o presente. Bastava subir no aterro de contenção, ficar de pé sobre a linha do trem e olhar para o outro lado... tudo havia acabado! – Uma velha forma de vida, na qual poucas pessoas viajavam para longe de seus vilarejos nativos, havia desaparecido (Ibidem, 2008).

¹⁵ Ocorreram na história diversas tentativas de decimalizar o tempo, sendo que nenhuma obteve êxito. Como exemplo citamos a época da Revolução Francesa, e também o ano de 1897, quando na *Comissão da Decimalização do Tempo*, presidida por Henri Poincaré, houve a proposição da duração de 100 segundos para 1 hora (GALISON, 2003).

A locomotiva a vapor se impôs em quase todos os aspectos da vida. Comunicações entre as cidades tornaram-se mais rápidas, alimentos frescos chegavam à cidade vindos de longe. A moda urbana rapidamente atingia vendedores de tecidos nos vales mais afastados. Jornais diários foram possíveis devido as suas produções ficarem a cargo da imprensa a vapor, barateando seus custos. A distribuição destes periódicos passou a ser feita por trens velozes, no próprio dia da publicação.

Neste período, em face ao crescimento da rede ferroviária, surgiu a necessidade da existência de um aviso, de uma mensagem a chegar antes dos trens, para advertir uma locomotiva que se aproximava de que a linha férrea já estava ocupada, ou também para avisar o fato de que um trem havia quebrado, ou para a solicitar locomotivas de emergência. Muitas vezes, os maquinistas se comunicavam por bilhetes, que eram pendurados em argolas perto das estações. Assim, eles poderiam ter noção de onde estava a outra composição. O problema é que nem sempre dava certo e acidentes eram comuns (REIS, *et al*, 2010, LANDES, 2005).

É neste contexto em que são implementados os telégrafos com fio e, posteriormente os sem fio. Como mencionamos anteriormente, telégrafos sem fio surgiram em decorrência dos estudos referentes às ondas eletromagnéticas que, além de trazerem novidades para o debate científico, aprimoraram esta tecnologia.

O advento do sistema de trens e da rápida comunicação proporcionadas pela telegrafia, intensificou um dos aspectos relacionados ao tempo: era importante o desenvolvimento de técnicas que garantissem o sincronismo das partidas e chegadas dos comboios. A diferença das horas entre as cidades que eram atravessadas pelas vias de comunicação férrea tornava a organização desta rede cada vez mais complicada. Por exemplo, desde 1870, era possível, nos Estados Unidos, atravessar seu vasto território de ponta a ponta via trens. O problema é que, há relatos de haver em torno de cem horários diferentes em uso pelas ferrovias.

Em 1883, os norte-americanos, frente a este complicado quadro de horários organizaram, em Chicago, a *General Time Convention*. Tal evento reuniu representantes das companhias ferroviárias para que fosse votada a adoção de um sistema nacional da hora para os Estados Unidos. Com esta votação, foi estabelecido a adoção de cinco fusos horários, baseados no meridiano do Observatório de Greenwich, na época ainda não considerado padrão de referência mundial.

A escolha do meridiano de referência (o meridiano zero grau) ocorreu *Congresso de Washington*, em 1884, que reuniu vinte e seis nações para discutir a adoção de um meridiano

comum, marcando a divisão da longitude e dos fusos horários ao redor do planeta. Como resultado, o meridiano do observatório de Greenwich foi escolhido de forma definitiva para representar o marco zero do sistema longitudinal do mundo, à revelia de alguns países, especialmente da França (CREASE, 2011).

Já a Alemanha, diferentemente da França, sua principal preocupação não era com a escolha da localização do meridiano principal, mas com o fato de que seus estados estavam portando um número muito grande de horários, não eficiente para o funcionamento da rede ferroviária implantada (GALISON, 2003).

Nesta Alemanha recém unificada, a atuação do major-general Von Moltke (1800-1891), chefe do grande estado maior do exército prussiano e amigo do rei da Prússia, foi providencial na promoção da unificação do tempo no território alemão, para fins militares: de defesa e ocupação de territórios (GALISON, 2003).

Vale destacar a relevância da velocidade dos trens para a organização dos generais prussianos na guerra entre a França e a Prússia, em 1870 e 1871. Os generais alemães, em especial Moltke, foram bastante hábeis em usar comboios para reunir seu enorme exército e desembarcar nos pontos cruciais da fronteira com a França. De fato, a industrialização proporcionou transformações revolucionárias sobre as táticas e estratégias militares, já que novos meios de transporte e armas possibilitaram o combate a maiores distâncias.

Desta forma, a questão da organização do tempo em fusos, com a consequente unificação do tempo nas regiões entre fusos, além da sincronização dos relógios nas ferrovias também foi impulsionada por militares, que precisavam defender e lançar seus homens sobre territórios conforme interesses das potências industriais.

Galison (2003) traz um exemplo deste interesse, por meio de um trecho do discurso do general Moltke, que esteve presente em uma sessão plenária do parlamento alemão dedicado ao tema da hora e das ferrovias, em 1891:

Que a unidade de tempo (Einheitszeit) é indispensável para uma operação satisfatória das ferrovias, é algo universalmente reconhecido e que não se discute. Mas, sr. Herren, na Alemanha temos cinco unidades horárias diferentes. No norte da Alemanha, incluindo Saxônia, nos regemos pela hora de Berlim. Na Baviera, pela hora de Munique, em Wurtemberg, pela de Stuttgart, em Baden, pela de Carlsruhe; e na Renânia Palatinado, pela de Ludwigshafen. Temos assim, na Alemanha, cinco zonas, com todos os problemas e desvantagens que resultam disso. Estas cinco são as que temos em nossa própria pátria, para não falar das que podemos encontrar nas fronteiras francesa e russa. Isso é, posso dizer, um vestígio remanescente da outra situação da Alemanha dividida, de que deveríamos nos livrar agora que nos tornamos um império” (GALISON, 2003, p.158, tradução nossa).

3.10.7 Alguns apontamentos

No período descrito, percebemos que a unificação e padronização do tempo era uma necessidade para as sociedades industrializadas, seja no que se refere as medidas, seja pelo estabelecimento de fusos horários pelo planeta, ou pela sincronização de relógios ao longo das vias férreas. E assim, notamos certo privilégio da zona do tempo mecânica, ou seja, numérica, linear, homogênea, externa ao homem, servindo de referência para todos, independentemente das atividades realizadas em múltiplas regiões e suas respectivas condições de realização.

Tal padronização e unificação era, de fato, uma tendência característica deste momento histórico. Uma das consequências desta tendência – de organização das indústrias em conglomerados nacionais e transnacionais, foi que estes grupos passaram a ter o poder de decisão sobre as cadeias de atividades em diversas sociedades, isto é, sobre como, onde, quando e para quem uma determinada atividade e seus produtos servirão. Como explica Santos (2000), tais grupos possuem também o meio de criar, pelos meios de comunicação em massa (que muitas vezes também são conglomerados), necessidades de uso de produtos muitas vezes desconhecidos dentro das sociedades.

Esta questão nos leva a pensar que, se a atividade humana está ligada a uma necessidade, vinculada a um objeto, agora, em face a este contexto histórico, a necessidade possui outro sentido, pois é produzida, artificializada, fetichizada. As necessidades humanas são artificialmente fabricadas para atender os interesses da crescente produção das grandes corporações. À classe trabalhadora resta consumir os bens da produção industrial para satisfazer “necessidades” artificialmente criadas.

O poder destes aglomerados pode ser facilmente percebido à medida em que estes conseguem aumentar ou diminuir a produção em determinadas épocas, alterar o local de produção, fechar fábricas num país e abrir em outro, mudar a metodologia da produção (dependendo da rigidez das leis ambientais do país onde estão), e decidir também, qual será a classe social que poderá usufruir de determinado produto. Ah, e claro, tais conglomerados também derrubam governos.

Um exemplo desta dominação por parte destes grupos de empresas é a agroindústria. Um pequeno grupo de empresas de produtos agrícolas passou a reorganizar tudo o que se refere à alimentação de diversas sociedades: desde o tipo de semente necessária à produção de alimento (e, portanto, sua composição e gosto) até quais serão as redes de supermercado distribuidoras. No caso do arroz, no final do século XX, três quartos da produção mundial

de arroz descendem de uma única planta materna. A cultura de uma única variedade de planta ou a criação de uma única linhagem animal é uma ameaça a diversidade e à produção de alimentos no mundo, pois, caso as variedades de alto rendimento atualmente adoeçam (e só elas são aceitas no mercado internacional), a perda na produção será imensa (HELENE, 1996).

Com relação ao conceito de tempo, podemos estabelecer um paralelo diante da situação exposta. O tempo, na sociedade agrária, estava próximo da natureza, do movimento dos astros, dos fatores climáticos e de luminosidade, e desta forma, harmonizava-se de certo modo com os indivíduos (devido ao chamado “relógio biológico”). Com a invenção de relógios, calendários e da sociedade capitalista, comentamos que o tempo, de certa forma, foi apartado da natureza. Passou a ser numérico, fornecido por relógios. O trabalhador foi, portanto, despossuído do solo e do tempo: não decide o que será plantado, nem sabe para onde vai a colheita. Ele simplesmente planta e colhe no ritmo estabelecido e controlado pelo relógio. Nesta segunda fase da revolução industrial, pode-se considerar que, esta situação de separação entre homem e natureza e, homem e tempo, foi levada a um nível mais profundo. Agora, a decisão sobre o tempo não pertence nem ao trabalhador e nem a elite moradora de sua sociedade, foi delegada a grupos ainda mais minoritários e poderosos exteriores a sociedade, no contexto do imperialismo.

Desta forma, entendemos que, a fusão das empresas em conglomerados impôs a padronização do tempo, sua unificação em territórios e a organização em fusos pelo planeta em resposta a interesses das grandes corporações. Ou seja, estas transformações não se deram porque constituem evoluções isentas de interesses e valores, ou porque são características naturais, inerentes ao conceito de tempo no mundo, mas porque o setor econômico capitalista, neste dado momento histórico, constitui um sistema de dominação que necessita se expandir em escala global.

3.10.8 A questão da sincronização do tempo na atividade científica

Segundo Galison (2003), o tema da unificação e coordenação de relógios no final do século XIX aparecia nas páginas de revistas de filosofia e até mesmo nas publicações de Física. A coordenação eletromagnética era tão fascinante para o público do final do século XIX que, o assunto chegou a entrar em livro sobre ciências de crianças (um deles favorito de Einstein, quando menor). Assim, já no início do século XX havia cabos para coordenação de relógios sobre o chão e sobre os mares, e os relógios sincronizados encontravam-se por toda a parte.

No ambiente acadêmico, este tema estava relacionado ao problema do éter e de um referencial absoluto, ao qual abordaremos a seguir.

3.10.9 O experimento de Michelson e Morley

Após as pesquisas bem-sucedidas de Faraday, Maxwell e outros físicos, a ideia do éter passava a ser cada vez mais aceita pelos pesquisadores em detrimento das teorias eletromagnéticas de ação à distância.

Contudo, a noção do éter trazia uma aparente incompatibilidade com a física clássica, no que se refere ao *princípio da relatividade do movimento de Galileu e Newton*, o eletromagnetismo e a constância da velocidade da luz. De acordo com este princípio, todos os referenciais inerciais¹⁶ são equivalentes no que se refere à descrição do movimento e, as leis da Física deveriam ser iguais em qualquer referencial inercial. Isto quer dizer que deveríamos observar as mesmas manifestações de um fenômeno, indiferentemente do referencial inercial em que nos encontramos. Porém, com relação ao eletromagnetismo, ao passarmos de um referencial inercial para outro, utilizando as transformações galileanas, as *Equações de Maxwell* forneciam resultados diferentes para um mesmo fenômeno, gerando assim um conflito. Além disso, as equações apresentavam uma solução ondulatória na qual ondas eletromagnéticas viajavam a uma velocidade constante no vácuo, cerca de 300.000 quilômetros por segundo, ou 1,08 bilhões de quilômetros por hora, independente do movimento da fonte ou do observador, não especificando em relação a qual sistema de referência aquele valor estava sendo medido.

Em 1879, Maxwell sofreu uma morte prematura, não tendo tempo de discutir estas questões. Uma carta póstuma do cientista sobre fenômenos eletromagnéticos e sobre a corrente do éter (vento de éter) foi lida na Royal Society no começo de janeiro de 1880 e publicada na revista *Nature*. Maxwell abordava uma maneira de detecção da substância etérea: uma onda cruzando um meio, se move com diferentes velocidades, segundo a velocidade do meio. Assim, havendo um vento soprando neste meio, a onda viajará com distintas velocidades e direções. Com relação à onda luminosa, a Terra, em seu movimento

¹⁶ Sistemas inerciais ou galileanos são aqueles cujo movimento retilíneo uniforme é sempre determinado em relação a outro sistema, suposto em repouso com relação ao primeiro. Em tais sistemas, portanto, as leis da mecânica são igualmente aplicadas. Deste modo, a determinação da velocidade de um objeto qualquer em movimento retilíneo uniforme só tem sentido se feita relativamente a um sistema de referência. (LANDAU & RUMER, 2004, p. 25-37)

de rotação, pode arrastar alguma pequena quantidade de éter consigo, mas possivelmente teria uma velocidade variável em relação ao éter. Assim, a velocidade da luz deveria ser diferente em direções distintas.

Após tomar conhecimento da carta de Maxwell, o experimentalista norte-americano Albert A. Michelson (1852-1931), sentiu-se desafiado a medir a velocidade da luz, até porque já havia feito tentativas de mensurá-la antes. Michelson criou um eficaz dispositivo, chamado refratômetro de interferência, no qual espelhos dividiam um raio de luz por refração, enviando dois raios gerados em dois percursos perpendiculares e os reunindo de volta. Quando os dois raios se reencontravam, eles se interferiam, e a diferença produzida pelo fato de viajarem em direções distintas através do éter seria da ordem de uma fração do comprimento de onda. Desta maneira, a velocidade da luz era comparada no sentido do movimento de rotação do planeta e no sentido oposto.

Os experimentos de Michelson realizados em 1881 não detectaram diferença nenhuma na velocidade dos raios. O físico mudou-se então para Ohio, onde teve a colaboração do também experimentalista Edward Morley (1838-1923). Por fim, Michelson e Morley ficaram surpresos pois, mesmo com um instrumento suficientemente sensível, nenhuma diferença na velocidade da luz foi observada.

A comunidade científica, em geral, ficou bastante desapontada frente a este resultado. Inconformados, físicos como George FitzGerald (1851 -1901), Hendryk Lorentz (1853-1928) e Henri Poincaré (1854-1912) realizaram tentativas para provar e conciliar tanto o experimento de Michelson e Morley e como a existência do éter.

3.10.11 Gabinete das longitudes

Embora a França tenha perdido a possibilidade de ter o meridiano zero em Paris, não deixou de se interessar pelos avanços científicos relacionados à questão das horas. Ao contrário, este tema parecia ser cada vez mais o assunto do momento. Uma das razões para isso era a confusão existente nas linhas férreas francesas que utilizavam três horas distintas para regular sua rede. Uma dessas horas era a hora local, outra, era a hora da estação (ou a hora de Paris) e terceira era a hora de Rouen ou a hora de Paris menos cinco minutos. Este sistema, baseado em três horas, tornava a administração dos trens e a organização da estação mais difícil (GALISON, 2003; MOREIRA & MASSARANI, 1997).

Neste período, destaca-se a atuação de uma instituição científica francesa chamada *Bureau des Longitudes* (Gabinete das Longitudes). Fundada em 1795, era responsável por estudos relacionados à navegação, às observações astronômicas e a medida e sincronização

do tempo. Em certo momento, passou a ser dirigido pelo matemático francês e engenheiro, Henri Poincaré (1854 - 1912).

Poincaré foi professor na área de eletromagnetismo na Sorbonne, na Escola Politécnica francesa e na Escola de Correios e Telégrafos. Desenvolveu análises detalhadas sobre os trabalhos de Maxwell, Hertz, Lorentz, entre outros pesquisadores importantes da época. Ele co-editou e publicou vários artigos no jornal de eletrotécnica, sobre eletrodinâmica, sobre cabos telegráficos nas cidades e submarinos. Poincaré também trabalhou com mineração, avaliava os riscos e acidentes ocorridos com os mineiros, e ao mesmo tempo pensava sobre questões matemáticas, relacionadas ao sistema solar (GALISON, 2003).

Quando Poincaré foi trabalhar no Gabinete das longitudes, pesquisou sobre a rádio-telegrafia ou telegrafia sem fio, método não só mais rápido, como permitia a transmissão simultânea a diversos pontos do planeta que dispusessem de uma antena e de um codificador para receber a transmissão da torre ou de outra estação de telegráfica. O cientista, portanto, se envolveu diretamente com a questão da longitude, a fim de obter localizações das diversas regiões do mundo de maneira exata (Ibidem, 2003).

Assim, uma das principais funções de Poincaré no Gabinete era cartografar as regiões do mundo de interesse pelos franceses. Como a atividade de cartografia envolvia a obtenção de longitudes que, por sua vez, demandava o conhecimento de horário em dois lugares diferentes, ao mesmo tempo. Poincaré envolveu-se bastante com a questão da simultaneidade. Galison (2003) relata que Poincaré liderou uma comissão de especialistas cujo objetivo era determinar a correta longitude de algumas cidades da América do Sul (como em Quito) e da África. Essas missões cartográficas fizeram com que a atenção do cientista ficasse totalmente imersa em detalhes da simultaneidade telegráfica.

Sobre a questão da simultaneidade, Poincaré questionava-se: o que é a simultaneidade? Quais são as regras para que os cientistas avaliem a simultaneidade? E assim, para pensar na simultaneidade, o cientista utiliza a questão da longitude.

Em janeiro de 1898, Poincaré publicou o artigo *A Medição do Tempo*. Neste trabalho, criticou o ponto de vista popular, abraçado pelo filósofo francês Henri Bergson (1859-1941) de que temos uma compreensão intuitiva de tempo, da simultaneidade e da duração. Em vez disso, argumentava que a simultaneidade era um acordo entre pessoas, uma convenção. Assim, a simultaneidade tinha de ser definida, e isso era feito por meio da leitura de relógios coordenados através da troca de sinais eletromagnéticos (Ibidem, 2003).

Como estes assuntos de transmissão de sinais estavam ligados ao éter, em 1900, Poincaré se apresentou em uma aula magna na Universidade de Leiden, onde abordou questões relacionadas ao espaço, ao tempo e ao éter. Nesta aula, o físico holandês Hendrick Lorentz (1853-1928), uma figura singular entre os físicos, esteve presente.

Diferentemente de Poincaré, que se envolvia com atividades diversificadas, Lorentz manteve-se na atividade científica dentro de ambientes acadêmicos, como nas universidades de Utrecht e de Leiden.

3.10.12 Lorentz e a contração das distâncias

Com relação ao éter, vários modelos foram propostos, destacando-se o utilizado por Lorentz, especialista na teoria eletromagnética. Lorentz defendia o modelo elaborado pelo engenheiro francês Augustin Jean Fresnel (1788-1827), no qual o éter permearia toda a matéria e o espaço, dando lugar a fenômenos eletromagnéticos em seu interior, não sendo afetado pelo movimento dos corpos. A Terra deveria estar se movendo pelo espaço atravessando o éter imutável (MARTINS, 2015).

Baseado neste modelo de Fresnel, Lorentz propôs, em 1892, o que parecia ser a única maneira de conciliar o experimento de Michelson e Morley com Maxwell e Newton - a hipótese da contração do comprimento de objetos se movendo paralelamente ao “vento” de éter. Essa hipótese ocorreu também a Gerald Fitzgerald (1851-1901) e ficou, portanto, conhecida como contração de Lorentz-Fitzgerald. Assim, para reconciliar a ideia do éter com a questão da velocidade da luz, Lorentz supôs que a linha que une dois pontos de um corpo sólido, se inicialmente é paralela à direção do movimento da Terra, não conserva o mesmo comprimento quando é subsequentemente rodada de 90°. O comprimento de corpos materiais se altera à medida que se movem através do éter, ou de encontro a ele, em uma quantidade que depende do quadrado da razão de suas velocidades em relação à velocidade da luz. Fitzgerald explicava que o braço do aparato de Michelson e Morley que aponta na direção do movimento tenha encolhido, em razão do impacto do éter em suas moléculas (BARROS *et al*, 2005).

Enquanto Fitzgerald tentava salvar o resultado do experimento de Michelson e Morley, Lorentz investigava também a constância da velocidade da luz para observadores quaisquer. Concluiu que, para que isso acontecesse, os relógios deveriam funcionar mais lentamente. O físico constrói então, um conjunto de fórmulas que ofereciam compensações no comprimento e no tempo para sistemas móveis e estacionários. E assim, era possível que

a luz se movesse com velocidade constante no éter, tal como detectado por Michelson e Morley. O fator de compensação tanto para o espaço quanto para o tempo era $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Note-se que, não há correção quando não há movimento relativo e, para baixas velocidades, a correção é tão pequena que não seria percebida. Ao contrário, quanto mais próxima a velocidade da luz for a velocidade do objeto, maior é o fator de correção e mais o objeto encolhe na direção do movimento.

Lorentz chamou de *tempo local* a transformação para o tempo, já que este apresentava valor diferente em relação a cada referencial inercial que se movesse relativamente ao éter (GALISON, 2003).

Estudando o trabalho de Lorentz, Poincaré considerou a ideia de abandonar a noção de tempo absoluto em benefício do “tempo local”. Poincaré também batizou as “transformações de Lorentz” com esse nome, e foi ele quem as apresentou na forma pela qual as conhecemos hoje. Mostrou que tais transformações levavam a ideia de uma dilatação do tempo e considerou que a velocidade da luz no vácuo era a velocidade limite que se poderia obter, utilizando composição de velocidades (GALISON, 2003; MARTINS, 2015).

Martins (2015) explica que foram diversas as contribuições de Poincaré para o desenvolvimento da teoria da relatividade restrita. Muitas delas surgiram em resposta a artigos de outros pesquisadores, especialmente Joseph Larmor (1857-1942) e Lorentz. Estudando estes trabalhos, Poincaré apontou alguns erros, aperfeiçoou vários pontos e propôs complementações às ideias apresentadas, ajudando a construir uma teoria mais clara e coerente. Poincaré também deu várias contribuições para a dinâmica relativista. Tais contribuições podem ser encontradas em detalhes na obra do referido autor.

3.10.13 Escritório de patentes

No cenário da segunda fase da Revolução Industrial, dada a imensa quantidade de inventos surgidos desde o fim do século XIX, a questão das patentes passou a exigir maior atenção por parte dos governos. Afinal, máquinas novas tornavam-se parte fundamental da sistemática produtiva, fazendo com que a questão dos direitos sobre a exploração comercial das invenções fosse amplamente discutida.

É por isso que os primeiros países a elaborar leis de proteção à propriedade intelectual e industrial foram pioneiros na industrialização, como a Inglaterra, os Estados Unidos e a França. O parlamento inglês, desde 1623, já havia reservado à Coroa o direito de dar “cartas patentes” à invenção de novas manufaturas. Já os norte-americanos formularam sua lei de

patentes catorze anos após a sua Independência, conhecida como “Patent Act” (ABAPI, 1998).

As leis das patentes foram disseminadas em diversos países, entre eles, a Suíça. Inicialmente, este montanhoso país tinha tradição na indústria de joias, mas não de relógios. Contudo, por conta de um período de crise, os joalheiros se aventuraram com sucesso na indústria relojoeira, desenvolvendo novos produtos como relógio de bolso e de pêndulo. Foi nesta época também que o famoso relojoeiro Mateus Hipp (1813-1893) desenvolveu um pêndulo livre provido de um escapamento, industrializado a partir de 1860. Novas técnicas e relógios foram desenvolvidos e também exportados para colônias americanas e no oriente (DIMAS, 1976).

Além da indústria relojoeira, como a precisão de relógios era questão de tradição e orgulho nacional dos suíços (além de sua importância econômica), no final do século XIX, a suíça somava esforços para sincronização de relógios ao longo das linhas férreas. A ideia de um tempo compartilhado mundialmente difundia-se de maneira rápida pelas sociedades industrializadas, impulsionando os suíços a desenvolver mecanismos de sincronização de cada vez mais relógios. Frente a esta situação, surgiram diversas patentes relacionadas a equipamentos de marcação do tempo.

Desta forma, o fim do século XIX configurava um cenário de busca por formas exatas e precisas de marcar o tempo e de realizar sua coordenação, salvo interesses dos industriais, do exército, e dos ferroviários nos diversos países industrializados.

É nesta circunstância que, em 16 de julho de 1902, o Escritório Federal de Propriedade Intelectual, localizado no novo prédio de correios e telégrafos em Berna, nas proximidades da famosa torre do relógio, elegeu oficialmente o desconhecido funcionário Albert Einstein (1879-1955), como especialista técnico de classe 3 (ISAACSON, 2007). Einstein se formou em física na Escola Politécnica da Suíça e, na ausência de um emprego na academia, tornou-se examinador de patentes elétricas. Galison (2003) explica que, Einstein não estava apenas rodeado pela tecnologia de relógios coordenados, mas também num dos grandes centros de invenção, fabrico e registros de patentes desta tecnologia.

Segundo Isaacson (2007), em seu caminho para o trabalho, Einstein todo dia passava pela torre do relógio. Este, servia de base para a sincronização de todos os outros relógios da vizinhança. Einstein passaria os sete mais criativos anos de sua vida, chegando ao serviço as oito da manhã, seis dias por semana, para analisar pedidos de patentes. Logo aprendeu que poderia analisar rapidamente os pedidos de patentes e dispor de um bom tempo para se

dedicar ao pensamento científico. O físico alemão passou a acreditar que foi um benefício para sua atividade científica e não uma dificuldade.

No escritório de patentes em Berna, Einstein teve de estudar detalhadamente diversos pedidos de relógios elétricos, que se sincronizavam trocando sinais elétricos entre si, estando encarregado de avaliar patentes eletromagnéticas e eletromecânicas (GALISON, 2003).

O conhecimento de Einstein sobre aparatos eletromagnéticos vinha em parte devido aos negócios de sua família. Seu pai Hermann e seu tio Jacob Einstein havia construído uma empresa, a partir das patentes de Jacob sobre aparatos de relojoaria elétricas sensíveis para medir sistemas elétricos. Eles dirigiram uma companhia eletrotécnica que fazia, entre outras coisas, equipamentos de medida elétrica de precisão, que compartilhava muita tecnologia com a dos relógios elétricos (Ibidem, 2003).

As patentes da coordenação do tempo inundavam a oficina em Berna. Era comum por exemplo, registros de solicitações de patentes para pêndulos controlados eletromagneticamente, que receberia um sinal e ajustaria, mediante um determinado mecanismo, um relógio de pêndulo distante. Este tipo de invento requeria documentação, incluindo um modelo, desenhos específicos, descrições adequadamente realizadas.

Desta forma, como anos atrás, Poincaré, em meio a atividade de cartografia, havia se questionado sobre a simultaneidade, e a relacionado com o problema da longitude nas cidades, Einstein, imerso nas patentes de coordenação de relógios, também fazia perguntas muito similares: que horas pensam os cartógrafos que são em Berlim, quando é meio-dia em Paris? Que horas são ao longo de toda via férrea, quando o comboio entra na estação de Berna?

Colocando questões como estas Einstein, (e Poincaré, anos atrás), pareciam fazer perguntas de uma simplicidade espantosa. Tal como era simples a sua resposta: dois acontecimentos distanciados são simultâneos se dois relógios coordenados, situados nos dois locais, marcarem o mesmo tempo – meio dia em Paris e meio-dia em Berlim. Tais juízos eram, inevitavelmente, convenções de procedimento e norma: fazer perguntas quanto à simultaneidade era o mesmo que perguntar como coordenar relógios. Assim, o cientista refletia constantemente sobre envios de sinais eletromagnético de um relógio para o outro, tomando em consideração o tempo que o sinal demora para chegar (aproximadamente à velocidade da luz). (Ibidem, 2003).

3.10.14 Teoria da Relatividade Restrita

A questão da transmissão de sinais eletromagnéticos pelo espaço era atravessada pela ideia do éter. Apesar do receio de vários cientistas em descartar esta substância, Albert Einstein o pode fazer, partindo para uma nova e ousada abordagem. Em 1905, com o artigo *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*, Einstein transformou a história da física. Neste texto, ele postula: as leis da física são as mesmas para quaisquer observadores em movimento uniforme e, a velocidade da luz no vácuo possui sempre o mesmo valor para qualquer observador.

Com o primeiro postulado faz-se as pazes com o resultado do experimento de Michelson e Morley, mostrando a incapacidade do éter constituir um referencial. Já o segundo postulado ajusta-se à constância da velocidade da luz, já constatada na teoria eletromagnética de Maxwell e no fato de que, na experiência de Michelson e Morley não havia indicações de variações da velocidade da luz à medida que se girava o interferômetro.

Desta forma, Einstein mostrou que ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo, sem haver necessidade de um meio material que a envolva, e que a velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma, independente do referencial. A velocidade da luz, além de não depender de meio de propagação, tem um valor absoluto, que também é um valor limite, não podendo ser ultrapassado e nem mesmo atingido por qualquer partícula.

Todas estas afirmações trouxeram um grande custo: uma revolução na forma de conceber espaço e tempo. Agora, como a velocidade da luz é considerada constante, espaço e tempo passam a depender do observador. E assim, o que na física clássica era considerado invariante, como o comprimento, o tempo, a massa e a energia, agora estes foram relativizados em prol da tomada da constância da velocidade da luz.

Desta maneira, segundo a relatividade especial, observadores em movimento relativo possuem uma percepção diferente de distâncias e durações. Tal fato não é indicação de imprecisão dos instrumentos de medida, mas uma característica do espaço e do tempo. Régua e relógios em movimento, em relação a um referencial inercial, comportam-se de modo distinto daqueles que se encontram em repouso em relação ao mesmo referencial: réguas são encurtadas ao longo da direção do movimento e os relógios funcionam mais devagar.

O caráter relativo dos conceitos de espaço e tempo tiveram muitas implicações importantes. Por exemplo, eventos que parecem ocorrer de forma simultânea para um observador, podem não ser para outro em movimento relativo e vice-versa.

A seguir vamos dar continuidade ao tema da teoria da relatividade restrita, por meio de um exemplo a fim de ilustrar de modo qualitativo estas implicações.

Considere um observador chamado João, situado no meio de um vagão de carga vazio, em um trem, numa estrada de ferro. João segura uma lanterna em cada mão. Suponhamos que, num determinado instante, ele acenda as duas lanternas em direções opostas: uma para frente do vagão, e outra para sua traseira.

Do ponto de vista de João, ambos os jatos de luz atingem as paredes do vagão no mesmo instante, isto é, simultaneamente.

Considere agora, que o vagão de João se movimenta para a direita, e Maria, sua colega, está em repouso em relação à plataforma, próximo do trilho de trem.

Para Maria, a velocidade da luz da lanterna também é a mesma percebida por João. O que será diferente é a distância que Maria vê a luz viajar, uma vez que a parede da esquerda viaja na direção oposta da luz emitida, sendo iluminada primeiro. Já a parede da direita, se afasta em relação à luz da lanterna, sendo iluminada depois. É por isso que Maria não considera os dois eventos como simultâneos.

Por fim, podemos perguntar: qual dos dois está correto? Ambos, pois não há como dizer qual observador está parado e qual está em movimento, como nos diz o princípio da relatividade. A relatividade da simultaneidade significa que não podemos dizer que dois eventos distantes são, de fato, simultâneos.

3.11 Considerações

Anteriormente abordamos o contexto da expansão ultramarina europeia quando a descoberta de um método para obtenção da longitude mostrava-se imperativa para a atividade da navegação, para fins de localização em alto mar. Esta era uma época em que o comércio medieval reavivado necessitava de novos mercados e fontes de matéria prima, alcançados apenas por meio do transporte marítimo.

Até então, a visão de mundo predominante na ciência fundamentava-se na física newtoniana, na qual o tempo é concebido como uma série única de momentos, sendo matemático e absoluto. Tal concepção não se limitava a atividade dos cientistas, já que era também sustentada pela sociedade capitalista emergente, especialmente com o início da industrialização, quando a vida dos trabalhadores em sociedade passou a ser regulada por relógios, já produzidos em massa a baixos custos. De fato, as fábricas, como novos espaços de trabalho, foram marcadas por um coercitivo quadro temporal, através do ritmo das máquinas e dos limites da jornada de trabalho. Isto porque, a atividade produtiva ao invés de ser desenvolvida no tempo “natural”, num espaço privado (onde o artesão tinha seu ateliê

juntamente com a moradia), passou para um local específico, regulado por artefatos mecânicos – os relógios.

A concepção de tempo como algo externo e independente do homem foi tão arraigada nas diversas sociedades industriais que, Whitrow (2005) afirmou não ser minada a crença da natureza absoluta e universal do tempo, mesmo quando a superfície da Terra foi dividida em fusos horários distintos.

Com relação à época da Revolução Industrial, novos sentidos para o conceito de tempo foram forjados. A primeira fase da Revolução nasceu das mãos dos engenheiros envolvidos com problemas práticos para depois serem compreendidos teoricamente. E assim, com o advento das máquinas térmicas, cientistas se debruçaram sobre questões envolvendo rendimentos e limites das transformações, culminando numa interpretação estatística para a segunda lei da Termodinâmica e para a “seta do tempo”. Por isso, o sentido do tempo termodinâmico, dotado de uma visão probabilística e estatística foi disseminado na comunidade científica, tornando mais complexo este conceito para estes cientistas.

Já a ciência do eletromagnetismo nasceu de discussões teóricas e, posteriormente foi aplicada no setor industrial. Neste cenário, novamente a questão da longitude veio à tona, sendo amplamente discutida, porém, dentro de atividades distintas das relatadas anteriormente: ao invés do mar e navios, tem-se em trilhos e trens. Ao invés dos cientistas buscarem métodos de verificação do tempo a partir do movimento dos astros ou da invenção de relógios resistentes e precisos, suas atenções se voltaram para sinais eletromagnéticos enviados por telégrafos sem fio, para sincronização de relógios ao longo das redes férreas.

É em meio a estas atividades - envolvendo telegrafia, simultaneidade e sincronismo de relógios, que é desenvolvida a teoria da Relatividade Restrita. A velocidade da luz passa a ser considerada constante e independente do referencial, e o tempo (e também o espaço) torna-se relativo com um sentido sustentado por cadeias de atividades que fazem uso do conhecimento derivado desta teoria.

Capítulo 4

Licenciatura em Física

4.1 A formação de professores

Um dos principais papéis da educação refere-se a produção e reprodução em cada indivíduo particular das máximas capacidades desenvolvidas pelo gênero humano e, portanto, condicionado pelas apropriações do patrimônio físico e simbólico produzido historicamente pelo trabalho dos homens (MARTINS, 2010)

Nas palavras de Mattos (2016, p.103): “a atividade educacional tem como objetivo estabelecer condições de produção na qual os sujeitos participantes possam aprender não só as atividades historicamente construídas na ontogênese humana como também, aprender a produzir novas atividades frente às contradições de seu tempo”.

Contudo, historicamente, no Brasil, a educação escolar desde a fase colonial até golpe militar, esteve circunscrita às classes dominantes. Foi a partir da Era Vargas que se iniciou o processo de consolidação capitalista industrial, trazendo uma expressiva concentração populacional para as cidades. Com isso, tornou-se necessária a ampliação do acesso em massa à escola pública, momento em que os problemas relacionados à formação dos professores se destacaram. A oferta de ensino básico para todos, embora não tenha atingido a universalização, acelerava-se nas áreas mais urbanizadas, realizando-se com ênfase na formação geral, desprovida das condições para acompanhar as diversas necessidades concretas sociais e também do oferecimento suficiente de licenciaturas em instituições públicas (GOBARA e GARCIA, 2007).

Segundo Martins (2010), outro problema apresentado nesta fase, ocorreu junto ao surgimento de novos parâmetros de organização e gerenciamento do sistema produtivo, de modo a se contrapor ao modelo taylorista-fordista (em especial, no final das décadas de 1960 e 1970) intensificando a demanda pela formação de indivíduos adequados aos novos tempos, exigência que, inevitavelmente, recaiu sobre a educação:

No esteio da reestruturação do capital em curso, a formação da mão de obra tecnicamente adequada ao perfil dos novos postos de trabalho subjugava, a passos largos, a educação escolar, tanto na prescrição de seus conteúdos, cada vez mais pragmáticos, quanto na prescrição dos seus métodos e técnicas de ensino, cada vez mais enfatizados. Constata-se o recrudescimento de ideários pedagógicos cada vez mais alinhados as demandas das contínuas estruturas e reestruturação do capital, expresso em princípios de administração e gestão da escola cada vez mais alinhados as normativas empresariais, a exemplo dos programas de “qualidade total”, cumprimento de

metas quantitativistas, sistemáticas de avaliação do produto em detrimento do processo etc. (MARTINS, 2010, p.17).

Neste interim, a pesquisa sobre a formação de professores tornava-se cada vez mais objeto de debates, principalmente após a implementação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, em 1996. Um dos principais temas debatidos refere-se aos saberes responsáveis por orientar as práticas docentes. De fato, eram as pesquisas sobre estes saberes que orientavam e organizavam as atividades práticas, no que se refere a elaboração das políticas públicas, aos desenhos curriculares para a formação dos professores ou as análises desenvolvidas pelas pesquisas sobre formação de professores (RODRIGUES, 2013).

De acordo com Zeichner (2008), até aquele momento, as pesquisas sobre os saberes docentes estavam principalmente marcadas pela preocupação com a identidade do professor junto à ideia de vocação, e por uma tendência pedagógica tecnicista.

Sobre a primeira – a ideia de vocação conferia/confere um talento inato ou dom, ou até uma missão para o professor, de modo a dificultar, a construção de um programa de formação e desenvolvimento profissional aos docentes. Afinal, aqueles considerados desprovidos deste dom, nada poderão fazer para melhorar suas práticas. Sobre o tecnicismo, este tinha como intuito formar sujeitos capazes e eficientes para o desempenho de funções no mercado de trabalho. Ao valorizar as informações científicas, presentes nos manuais técnicos e de instrução, incumbia a escola de divulgar o modelo de produção capitalista, de forma a que o aluno fosse bem preparado para inserir-se profissionalmente no sistema econômico vigente (LUCKESI, 2003).

Segundo Rodrigues (2013), também nas últimas décadas do século XX, surgiram investigações sobre o trabalho docente capazes de fazer frente a estas duas vertentes, por meio da busca de elementos para os conhecimentos mobilizados pelo professor em seu trabalho cotidiano. Tais investigações foram responsáveis por destacar o papel do professor, até então com importância secundária, atribuindo-lhe reconhecimento como agente produtor do conhecimento e participante do discurso corrente das pesquisas, políticas educacionais e nas práticas de formação de professores.

Sem entrarmos no mérito das propostas surgidas e, ainda que hajam contundentes críticas a estas iniciativas, concordamos com Rodrigues (2013) com o fato de que tal movimento proporcionou uma mudança no foco de atenção das pesquisas, sendo possível observar no Brasil, por exemplo, movimentos concretos no âmbito das políticas educacionais, nos currículos dos cursos de formação de professores e até mesmo mudanças na universidade e na escola.

Contudo, tais transformações, especialmente, aquelas ocorridas nas universidades, se por um lado contribuíram para consolidar sistemas de pós-graduação e voltar à atenção das universidades para à pesquisa e à formação de bacharéis para o mercado, por outro também proporcionou um distanciamento entre universidade e a realidade escolar.

4.2 O curso de Licenciatura em Física do IFUSP/SP

Inicialmente, o curso de Licenciatura em Física, oferecido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo, constituía-se de uma formação básica em Física, em comum com curso Bacharelado e, a formação pedagógica realizava-se no último ano da graduação, sendo oferecida principalmente pela Faculdade de Educação.

Todavia, antecipadamente às modificações legais no sistema de ensino brasileiro iniciadas em 1996, com a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB96, o curso de Licenciatura foi reformulado para que levasse em conta a realidade educacional brasileira. Assim, desde 1993, o Instituto de Física passou a oferecer separadamente os cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física. A separação das carreiras visou manter o foco da Licenciatura sobre a especificidade da formação do profissional do professor de Física para o ensino básico, de modo a aumentar a participação universitária na formação de docentes para o ensino fundamental e médio. Assim, estes cursos passaram a ter projetos pedagógicos distintos, com estruturas curriculares específicas e identidades próprias, principalmente por conta de suas especificidades em torno dos perfis formativos desejados - educador e bacharel. Ambos os cursos ocorrem nos períodos diurno e noturno (IFUSP, 2013).

Desta forma, o currículo do curso de Licenciatura foi construído com o objetivo de proporcionar ao estudante uma formação sólida e ampla, que os capacite a compreender a Física, o universo tecnológico e os avanços atuais da ciência. Ao mesmo tempo, se proporciona a formação pedagógica, habilitando o licenciado à prática docente compromissada com os ideais maiores da educação, numa perspectiva do contexto social, político e cultural brasileiro (Ibidem, 2013).

Assim, o curso de Licenciatura, a fim de preparar professores de Física para o Ensino Básico, “na perspectiva de uma formação científica e humana abrangentes para a atuação na educação científica contemporânea” (IFUSP, 2013, p.2), dispõe de disciplinas visando à formação em Física e a uma introdução às teorias da Pedagogia, bem como uma preparação para a Prática Pedagógica através de atividades que integram estas duas áreas do conhecimento, inclusive na sala de aula do ensino básico.

4.2.1 Estrutura curricular da Licenciatura

Com relação à estrutura curricular, amparando-se na ideia de que dominar o conteúdo de Física é condição necessária mas não suficiente para seu ensino, o currículo do curso de Licenciatura permite que a ênfase adotada, a abordagem utilizada e a própria seleção de conteúdo sejam especificamente dirigidas à formação do professor desde o primeiro semestre.

Desta forma, segundo a visão incorporada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, foi apontado a necessidade de que os conteúdos característicos do ensino estejam presentes em disciplinas específicas, mas também que perpassem toda a atividade do curso. Rever a perspectiva das disciplinas específicas permite ao aluno uma reflexão sobre seu papel como professor, vivência indispensável, pois o aluno tende a repetir, quando docente, o processo de ensino do qual fez parte, sem refletir sobre suas consequências para o aprendizado dos seus estudantes. Isso implica, principalmente, em introduzir novos espaços de ação discente, associados as disciplinas de conteúdo específico, de tal forma que os alunos possam associar a aprendizagem a um processo de elaboração e construção próprio. Por isso, as preocupações educacionais não podem ficar restritas às chamadas disciplinas pedagógicas, mas devem estar presentes ao longo de todo o curso.

Nesta perspectiva, o estudante deve cursar um mínimo de disciplinas básicas, obrigatórias e indispensáveis à sua formação, nas áreas de Física e de Educação. Há complementação de créditos com disciplinas optativas e créditos trabalho, distribuídos em diferentes disciplinas.

Foram também incorporados ao currículo da Licenciatura o objetivo de formar professores capazes de desenvolver novos materiais didáticos, como textos, experimentos, software ou vídeos e atividades científico culturais, a fim de promover o contato dos estudantes com a utilização de recursos culturais oferecidos pela cidade em que vivem, estimulando a reflexão sobre o caráter da relação ciência, cultura e educação (IFUSP, 2013).

Há também a obrigatoriedade da realização do estágio supervisionado, que busca fornecer ao futuro profissional um espaço de aproximação das atividades acadêmicas com as atividades práticas.

4.2.2 Composição da grade curricular do curso de Licenciatura em Física diurno e noturno

O currículo do Curso de Licenciatura envolve uma programação básica de oito semestres para o curso diurno, ou de dez semestres para o curso noturno. Em média, o estudante deve obter 20 créditos por semestre - no caso do curso diurno e 16 créditos no curso noturno. São, no total, cerca de quatro horas de aulas diárias, concentradas em apenas um período (manhã) para os estudantes do período diurno. Já os estudantes do noturno possuem 4 horas livres por semana, incentivadas para a utilização de estudos no campus.

Com relação à grade curricular de ambos os cursos de Licenciatura (períodos diurno e noturno), esta é composta por 34 disciplinas obrigatórias. A Tabela 3, adiante, apresenta estas matérias.

Das 34 disciplinas obrigatórias, 19 concentram-se em conhecimentos específicos da área de Física (55,8%), 5 pertencem à conhecimentos da área de Matemática (14,7%), 8 concentram-se na área de Educação (23,5%), e 1 pertence à área de Química (3%).

Com relação à duração da graduação, o curso diurno está previsto para duração ideal de 4 anos, enquanto o noturno, 5 anos

Todavia, embora o curso possua disciplinas optativas, créditos-trabalho, dedicaremos a olhar para as matérias obrigatórias, comum a todos os estudantes do curso de Licenciatura, pertencente à área de concentração da Física, nas quais o conceito de tempo se faz presente. Nosso intuito é procurar entender melhor os resultados obtidos com as entrevistas, de modo a nos aproximar das atividades nas quais o conceito de tempo participa no contexto do ensino-aprendizagem das disciplinas de Física.

Vale retomar que, para este tipo de investigação, entendemos que, uma situação ideal seria se tivéssemos realizado observações contínuas e presenciais das aulas das diferentes disciplinas. No entanto, infelizmente, as condições nas quais foram realizadas esta pesquisa não permitiram tal investimento, de modo que procuramos investigar nos materiais dos cursos, em suas ementas e também em pequenas entrevistas com docentes do Instituto, registros de como o conceito de tempo é trabalhado ao longo da graduação, e que tipo de atividade os alunos são expostos. Apresentaremos estas etapas da pesquisa nos próximos itens.

Tabela 3: Disciplinas obrigatórias do curso de Licenciatura em Física nos períodos diurno e noturno.

Disciplinas obrigatórias do período diurno	Disciplinas obrigatórias do período noturno
1º semestre Fundamentos de Mecânica Introdução às Medidas em Física Ótica Geometria Analítica Cálculo para Funções de Uma Variável Real I	1º semestre Fundamentos de Mecânica Introdução às Medidas em Física Geometria Analítica Cálculo para Funções de Uma Variável Real I
2º semestre Mecânica Física do Calor Gravitação Política e Organização da Educação Básica no Brasil Cálculo para Funções de Uma Variável Real II	2º semestre Mecânica Gravitação Política e Organização da Educação Básica no Brasil Cálculo para Funções de Uma Variável Real II
3º semestre Mecânica dos Corpos Rígidos e dos Fluidos Eletricidade e magnetismo I Laboratório de Mecânica Psicologia da Educação Cálculo para Funções de Várias Variáveis I	3º semestre Mecânica dos Corpos Rígidos e dos Fluidos Eletricidade e magnetismo I Laboratório de Mecânica Ótica Cálculo para Funções de Várias Variáveis I
4º semestre Eletricidade e Magnetismo II Oscilações e Ondas Química Geral Didática Cálculo para Funções de Várias Variáveis II	4º semestre Eletricidade e Magnetismo II Física do Calor Oscilações e Ondas Psicologia da Educação Cálculo para Funções de Várias Variáveis II
5º semestre Eletromagnetismo Relatividade Termoestatística Elementos e Estratégias para o Ensino de Física Práticas em Ensino de Física	5º semestre Eletromagnetismo Relatividade Termoestatística
6º semestre Física Moderna I Complementos de Mecânica Clássica Laboratório de Eletromagnetismo Propostas e Projetos para o Ensino de Física Ciência e Cultura	6º semestre Complementos de Mecânica Clássica Laboratório de Eletromagnetismo Química Geral Didática
7º semestre Física Moderna II Laboratório de Física Moderna Metodologia do Ensino de Física I	7º semestre Física Moderna I Laboratório de Física Moderna Elementos e Estratégias para o Ensino de Física Práticas em Ensino de Física
8º semestre Metodologia do Ensino de Física II	8º semestre Física Moderna II Propostas e Projetos para o Ensino de Física Ciência e Cultura
	9º semestre Metodologia do Ensino de Física I
	10º semestre Metodologia do Ensino de Física I

4.3 Levantamento de abordagens do conceito de tempo na bibliografia do curso

Para o levantamento das abordagens acerca do conceito de tempo nos livros didáticos, procuramos identificar quais livros estavam sendo utilizados ou que estão presentes na bibliografia indicada dos cursos. Encontramos as referências destas obras no sistema de ensino “Júpiterweb”, ou mesmo em páginas do curso disponíveis na plataforma “Moodle” e “Stoa”.

Nossa principal estratégia foi buscar a palavra “tempo” através do índice remissivo. Também buscamos nos capítulos sobre Termodinâmica, a questão da “seta do tempo”, da irreversibilidade e da entropia. Nos capítulos sobre conservação de energia, buscamos encontrar relações entre a homogeneidade do tempo e a teoria clássica, e também sobre o fato de que a teoria da mecânica ser reversível no tempo.

Tabela 4: Amostragem de livros selecionados para análises das abordagens sobre o conceito de tempo.

Código	Título/Autor(es)	Editora	Ano/Edição
L1	Física 1 Halliday, Resnick, Krane	LTC	1996/Quarta edição
L2	Física 3 Halliday, Resnick, Krane	LTC	2004/Quinta edição
L3	Física para cientistas e engenheiros, Volume 1 Paul A. Tipler	LTC	2000/Quarta edição
L4	Física para cientistas e engenheiros, Volume 2 Paul A. Tipler	LTC	2000/Quarta edição
L5	Física para cientistas e engenheiros, Volume 4 Paul A. Tipler	Guanabara Koogan	1995/Terceira edição
L6	Física Básica, Volume 1 Nussenzveig, H. M.	Edgard Blücher	2000/Terceira edição
L7	Física Básica, Volume 2 Nussenzveig, H. M.	Edgard Blücher	2011/Quarta edição revista
L8	Física Básica, Volume 4 Nussenzveig, H. M.	Edgard Blücher	2010/Primeira edição
L9	Relatividade Notas de aula do curso de Física 4 IFUSP/SP M.I. Bechara, J.L. M. Duarte, M.R. Robilotta, S. Salém	-	2000

A Tabela 4 apresenta a amostragem de livros selecionados para análise. Investigamos a presença de elementos da história da ciência, presentes nos capítulos destinados à Mecânica, Termodinâmica, e Relatividade Restrita, contextos da Física que estamos nos dedicando, devido aos diferentes sentidos e relações estabelecida pelo conceito.

Em Física 1 (L1), o tema do manual é a Mecânica. No primeiro capítulo, intitulado “Medição”, aborda o conceito de tempo a partir de sua medida. Logo nas primeiras páginas há um texto sobre o tempo: “padrão do tempo”. Neste os autores abordam a medida do tempo, considerando a importância de saber a duração de um evento, ou quando este ocorreu. Também discute o fato de que qualquer fenômeno que se repete pode ser utilizado para medir o tempo, exemplificando com o pêndulo, relógio de quartzo, rotação da Terra, etc.

No mesmo texto, é apresentada uma tabela com a duração de alguns intervalos de tempo, como da vida média do próton, idade da pirâmide de Quéops, vida média das partículas menos estáveis, etc. O texto também discute a questão do segundo, adotado como padrão internacional pela 13ª Conferência Geral de Pesos e Medidas.

Com relação aos capítulos destinados à energia e sua conservação, não encontramos referências a questão da Mecânica Clássica ser uma teoria reversível temporalmente, nem sobre a questão da homogeneidade do tempo associada ao princípio de conservação de energia. Está claro que o objetivo dos autores nesta obra é tratar do conceito de tempo como um parâmetro matemático.

O livro (L2), Física 3, é inteiramente destinado ao curso de Eletromagnetismo. A palavra “tempo” não está presente no índice remissivo. Apenas encontramos o tempo em fórmulas - como por exemplo, na Lei da indução de Faraday (p. 229), quando, obviamente, este conceito é tratado como parâmetro matemático.

No livro (L3), destinado às áreas de Mecânica, Termodinâmica e Ondas, encontramos no índice remissivo a palavra “tempo” associada a combustão, aos foguetes, ao decaimento e à unidade de medida. O termo “irreversibilidade” foi encontrado junto ao conteúdo de Termodinâmica.

Com relação ao tema dos foguetes e de sua propulsão, envolvendo a combustão, é feita uma descrição matemática relacionada à conservação do momento linear. Com relação ao decaimento, este refere-se as oscilações pendulares ou de um sistema massa-mola que terminam ao fim de certo intervalo de tempo, por conta da dissipação de energia mecânica pelas forças de atrito. Sobre o tópico “unidade de medida”, o livro apresenta em sua parte final a duração do segundo, com base nas transições do átomo de Césio, bem como fatores de conversão para várias medidas de tempo.

No capítulo 7, sobre a “Conservação da energia”, não há nenhum item específico para tratar do conceito de tempo, nem menção explícita sobre a questão da teoria clássica apresentar reversibilidade temporal. No final do capítulo, o autor apresenta a questão da massa e da energia, vinculada à teoria da Relatividade Restrita, e sobre a “mecânica Newtoniana e a Relatividade”, quando discute, brevemente, aspectos relacionados à energia cinética de uma partícula relacionado ao domínio de validade de ambas as teorias.

A questão da “irreversibilidade e desordem” é tratado no capítulo 20, junto aos conteúdos de “entropia”, suas variações, sua relação com a disponibilidade de energia e também com a probabilidade. Não foram encontrados elementos da história da ciência, de modo que, o objetivo deste autor neste livro, foi tratar o tempo como um parâmetro matemático, além de também apresentar o sentido do tempo termodinâmico, associado o à entropia e probabilidade.

O livro (L4) “Física para cientistas e engenheiros”, Volume 2, que apresenta os temas de Eletricidade, Magnetismo e Ótica, aborda o tempo como um parâmetro matemático dentro dos contextos da Física.

Do mesmo autor que o livro anterior, o volume 4 (L5) destina-se a Ótica e Física Moderna. No capítulo sobre “Relatividade”, o autor introduz o tema apresentando alguns elementos históricos, ainda que de maneira breve e apenas no início do capítulo. A Relatividade Newtoniana é discutida, e o sentido do tempo absoluto e relativo são discutidos, especialmente no tópico sobre sincronização de relógios e simultaneidade. O restante dos conteúdos relativos à teoria da Relatividade restrita é apresentado trazendo o tempo como um parâmetro matemático.

No último capítulo do livro, “Astrofísica e Cosmologia” há um item de título “Perguntas sem resposta e limites do conhecimento”, no qual o “modelo padrão” e o “tempo de Planck” são abordados.

O livro (L6), “Curso de Física Básica”, Volume 1, sobre Mecânica, traz no capítulo introdutório, a questão da medida do tempo. Neste tópico, o autor traz elementos da história da ciência, envolvendo os diversos tipos de relógios utilizados pelos homens, desde os solares, as clepsidras, até o relógio atômico. O autor também apresenta a questão da descoberta de um método para a obtenção da longitude na época das grandes navegações, o que impulsionando a construção de relógios mais precisos. Uma tabela “escala de tempo” é apresentada, em segundos, contendo a idade do universo, duração média da vida humana, período de vibrações nucleares, etc. Em seguida, uma seção sobre métodos diretos de medida

de tempo muito curtos e muito longos são apresentados e, por fim, é feita uma discussão sobre a concepção newtoniana de tempo absoluto.

O capítulo 11, sobre “rotações e momento angular”, apresenta um tópico sobre “simetria e leis de conservação”, quando é discutida a questão de que os princípios gerais de conservação de energia, momento linear e angular, presentes nas leis físicas mais fundamentais estão relacionados com propriedades de simetria dos sistemas físicos. Mais adiante, o autor aborda a questão da uniformidade temporal e a conservação da energia, bem como a homogeneidade espacial e a conservação do momento e a isotropia espacial e a conservação do momento angular.

O livro (L7) é o segundo volume do “Curso de Física Básica”, e apresenta os temas: Fluidos, Oscilações e Ondas e Calor.

No capítulo 10, já na parte do livro destinada à Física do Calor, sobre a Segunda Lei da Termodinâmica, o autor introduz o assunto problematizando a questão da irreversibilidade temporal frente ao princípio da conservação da energia, tratando da questão da reversibilidade das leis físicas fundamentais da Mecânica. Em seguida, aborda elementos da história da Termodinâmica. Mais adiante no manual, após apresentar os conteúdos relativos ao conceito de entropia, no capítulo 12, “Noções de Mecânica Estatística”, há dois tópicos destinados à discussão sobre “seta do tempo termodinâmico”, e também sobre o “a seta do tempo cosmológico”.

No primeiro tópico, o autor discute a origem física da distinção entre passado e futuro, segundo a visão termodinâmica relacionada ao aumento da entropia. O texto também faz considerações sobre os seres vivos, como sistemas abertos, que sobrevivem graças à interação com o ambiente exterior.

Sobre o segundo tópico, considerando o universo como um sistema termodinâmico longe do equilíbrio, o autor aborda a questão da origem de um estado mais ordenado num passado remoto. O autor fala com cautela sobre extrapolações do domínio de validade das leis físicas.

O livro (L8) “Curso de Física Básica”, Volume 4, contempla os conteúdos de Ótica, Relatividade, Física Quântica. No índice remissivo, encontramos “tempo absoluto”, “tempo próprio” e “tempo de coerência”.

A questão do “tempo absoluto” é abordada no contexto da Relatividade Restrita, mais especificamente sobre a questão da simultaneidade dos eventos: o instante de ocorrência de um evento, na mecânica clássica, é apresentado com o sentido absoluto, sendo o mesmo em qualquer referencial, o que também se aplica a simultaneidade de eventos distantes, como

ocorre nas transformações de Galileu. Já no contexto da relatividade restrita, é utilizada a transformação de Lorentz, na qual as três coordenadas espaciais e uma temporal, se transformam. É discutida a questão do espaço-tempo quadridimensional, e o “espaço-tempo de Minkowski”. O “tempo próprio” é discutido no contexto da dilatação dos intervalos de tempo.

O cone de luz é abordado como um subitem “Buracos Negros” do tópico “Noções sobre Relatividade Geral”

O “tempo de coerência” é tratado no contexto da interferência entre ondas eletromagnéticas, também com o sentido de parâmetro matemático.

A apostila (L9) de Relatividade Restrita, costuma ser utilizada na disciplina “Relatividade” há muitos anos. No início, há uma reflexão sobre universos físicos, clássico, relativístico e quântico, com questões teóricas no final do capítulo. Há também discussões interessantes sobre as noções de absoluto e relativo, notas de aulas, e exercícios. Não encontramos elementos históricos relacionados à teoria da relatividade restrita, nem o conteúdo relacionado ao “cone de luz”.

Em todos estes livros analisados, no final de cada capítulo há exercícios relacionados aos conteúdos apresentados.

4.3.1 Atividades e formas de avaliação planejadas para as disciplinas

Quanto às disciplinas obrigatórias de Física, estas contemplam diferentes áreas da física: Mecânica, Eletromagnetismo, Termodinâmica e Física Moderna, por meio de disciplinas teóricas e experimentais. Notamos que os objetivos das disciplinas são bastante amplos: apresentação e aprendizagem de conceitos e fenômenos, descrição de movimentos e representações gráficas, articulação dos conceitos básicos envolvidos nas leis física, uso de simplificações e aproximações na explicação e na descrição dos fenômenos físicos apresentar a proposta e significado da elaboração de modelos físicos, etc. Por isso, dada a grande pluralidade dos objetivos descritos para cada disciplina, que acabam por nos sugerir e não esclarecer, a realização de diferentes atividades durante as aulas, decidimos não utilizá-los como fonte de indícios de atividades didáticas envolvendo o conceito de tempo.

Destacamos que, com relação à disciplina “Física do calor”, faz parte de seu conteúdo programático, em seus últimos itens, os conceitos de entropia, os processos reversíveis e irreversíveis e a segunda Lei da Termodinâmica. Estamos ressaltando estes conteúdos uma vez que, durante às entrevistas, foi investigado na fala dos estudantes a presença ou não do

sentido do tempo associado à entropia (assuntos estes também abordados na disciplina “Termoestatística”).

A Tabela 5 apresenta as atividades programadas para as disciplinas e as formas pré-estabelecidas de avaliação. Frisamos que, tais informações estão disponíveis na página do curso, e eventualmente podem ser modificadas de acordo com os docentes responsáveis por ministrar tais disciplinas.

Tabela 5: Atividades programadas para as disciplinas e formas avaliativas.

Disciplina	Atividades	Avaliação
Fundamentos de Mecânica	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Introdução às Medidas em Física	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Ótica	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Mecânica	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Física do Calor	Aulas expositivas e atividades em grupo. Realização de experimentos qualitativos para observação e discussão de fenômenos tratados no curso. Exercícios em grupo	Provas, provinhas, apresentações e relatórios de experimentos qualitativos.
Gravitação	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Elettricidade e Magnetismo I	Aulas expositivas e atividades em grupo para discussão de exercícios e experimentos qualitativos	Provas, exercícios e relatórios dos experimentos qualitativos.
Laboratório de Mecânica	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Elettricidade e Magnetismo II	Aulas expositivas e atividades em grupo. Realização de experimentos qualitativos para observação e discussão de fenômenos Exercícios em grupo	Provas, provinhas, apresentações e relatórios de experimentos qualitativos
Oscilações e Ondas	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.

Eletromagnetismo	-	-
Relatividade	Aulas teóricas e de exercícios.	Média ponderada de provas e exercícios.
Termoestatística	Aulas expositivas e atividades em grupo na sala de aula. Realização de experimentos qualitativos para observação e discussão de fenômenos tratados no curso. Exercícios em grupo em sala de aula.	Provas, provinhas, apresentações e relatórios de experimentos qualitativos.
Física Moderna I	Aulas expositivas e atividades em grupo na sala de aula. Realização de experimentos qualitativos para observação e discussão de fenômenos tratados no curso. Exercícios em grupo em sala de aula.	Provas, provinhas, apresentações e relatórios de experimentos qualitativos
Complementos de Mecânica Clássica	Aulas expositivas, incluindo eventualmente realização de seminários.	Média ponderada de provas, exercícios ou trabalhos.
Laboratório de eletromagnetismo	-	-
Física Moderna II	Aulas expositivas.	-

Sobre as atividades propostas, estão previstas aulas expositivas, resolução de exercícios, realização de experimentos e de seminários.

De acordo com a Tabela 5, com relação às formas de avaliação do curso, pode-se notar a predominância da média ponderada de provas e exercícios, o que nos aponta para o tratamento matemático do tempo junto aos arcabouços teóricos das disciplinas.

Com relação aos experimentos, ao conversarmos com o docente das disciplinas “Física do Calor” e “Termoestatística”, soubemos que estes se referem a demonstrações realizadas em classe pelo docente, por meio do uso de Kits disponíveis no Laboratório de demonstrações do Instituto. O docente também explicou que, não é dada atenção ao conceito de tempo nestas disciplinas, com exceção para o momento em que a Segunda Lei da Termodinâmica é abordada.

4.4 Entrevistas com docentes

Como mencionamos anteriormente, foram realizadas quatro pequenas entrevistas com docentes do Instituto de Física (IFUSP/SP), que lecionam para os cursos de Licenciatura (diurno e noturno) a fim de investigarmos como o conceito de tempo é trabalhado nas disciplinas da área de Física.

Apresentamos na Tabela 6, as perguntas desta etapa da pesquisa:

Tabela 6: Perguntas para a entrevista com docentes

1. Como o tempo é abordado nas aulas?
2. Ele é ensinado de maneira destacada nesta disciplina? De que forma? Ou é ensinado como apenas uma variável?
3. Você acha que no curso de licenciatura deve haver algum destaque ao tempo, algum privilégio para ele em relação aos outros conceitos? Por quê?
4. Que tipo de atividade envolvendo o tempo os alunos são expostos? (Por exemplo: aulas expositivas, resolução de exercícios, experimentações?) Nestas atividades algum tipo de discussão é feita sobre o tempo?
5. O tempo deveria ser discutido no curso de licenciatura? Em que momento/disciplina? De que forma?
6. E em relação à natureza do tempo, você acha que deveria ser discutido nas aulas? Se sim, em que momento do curso?
7. Que tempo deveria ser ensinado aos alunos? Como um parâmetro apenas?
8. Em que aprender sobre o tempo ajuda na formação do professor de física?

Decidimos que o contexto das perguntas da entrevista deveria permanecer demarcado para as disciplinas da Licenciatura, já que nossa finalidade era pesquisar como os docentes consideram que o conceito de tempo deve ser apresentado, compreendido pelos estudantes nas diferentes disciplinas.

Dos quatro docentes entrevistados, um deles (docente de Física Moderna) respondeu às perguntas à distância, por e-mail, dada a incompatibilidade de horários para o encontro presencial.

As entrevistas foram todas anônimas, e estamos nos referindo às professoras e professores do curso como “os docentes”. Nas três entrevistas presenciais, algumas vezes foram feitas outras perguntas (diferentes das apresentadas na Tabela 6) em face às respostas dos entrevistados.

4.4.1 Análise das entrevistas com os docentes

Tabela 7.1: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	1. Como o tempo é abordado nas aulas?
Relatividade Restrita	<p>Pois é, essa é a coisa complicada, porque o tempo para gente sempre é uma coisa que você pensa nele num jeito diferente do que você pensa em deslocamento né?!</p> <p>Então, a ideia na relatividade restrita é exatamente tentar colocar o tempo como uma outra coordenada, é tentar introduzir essa noção de que a gente tem, vive num espaço que é um espaço-tempo na realidade, então, a gente teria quatro coordenadas, as coordenadas espaciais e a coordenada temporal e, assim, com as coordenadas espaciais dependem do tempo inicial, a coordenada temporal também vai depender do referencial, que é uma coisa que é absolutamente não fácil de ser entendido, porque a gente não tem essa noção! A gente tem essa noção de que o tempo é absoluto, não importa se você está andando ou se está parada, o tempo passa exatamente do mesmo jeito, essa é a intuição da gente né?</p> <p>Esse é um jeito que a gente pensa sempre mesmo, então essa que é a coisa difícil quando você vai falar de relatividade, é essa história de que o tempo agora passa a depender do referencial e que uma coisa pode acontecer num referencial em um instante e se você muda de referencial, as coisas acontecem em instantes distintos, então, é assim que você tem que tentar introduzir mas que é uma coisa difícil porque ela não tem nada a ver com a nossa história, então é bem difícil.</p>
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	<p>Então, a gente, o que fazemos é o seguinte, falamos do tempo como um assunto que tem que ser visto desde, hmmm... ele é, como te explicar... é o tempo referencial tá?</p> <p>Então, acaba sendo, o tempo acaba sendo explicado ou relacionado com posição, a gente tem um eixo que é o eixo do tempo, normalmente é um pouco difícil que o aluno entenda um tempo negativo. Se a gente coloca uma origem de tempo, atual, hoje, aqui é o nosso zero, mas poderia ter sido ontem o nosso zero, então, esse assunto de como a gente organiza esse referencial do tempo às vezes é um pouco complicado para o aluno, mas a gente aborda dessa maneira.</p> <p><i>Entrevistadora: Então ele é mais abordado do ponto de vista de um parâmetro matemático?</i></p> <p>Exatamente.</p>
Física do calor e Termodinâmica	<p>Não! [risos] Não aparece, então eu ia pegar aqui, justamente, a ementa para dar uma olhadinha, porque assim, pelo que eu me recordo, eu dei aula no ano passado, e aí a gente aborda, é... eu adoto o livro do... e aí, a gente dá...</p> <p>Porque eu acho que termodinâmica ou física do calor ou a mecânica estatística, termodinâmica, são as duas únicas disciplinas da física básica que não aborda a questão de tempo,</p>

então o conteúdo que a gente vê lá, que é essa parte aqui, temperatura, é... a teoria cinética dos gases, onde você relaciona a temperatura com velocidade, a questão do calor, aí a gente trata aquela parte da história.

Aí também entra, assim, como ela apareceu historicamente, que antigamente o pessoal achava que era alguma coisa que saía era um fluido, que passava de uma parte para outra e depois não, você define que era uma quantidade de energia, **depois vem a questão da segunda lei que a gente define a questão da entropia e depois a questão dos processos, como que é a entropia governa se o processo é favorável ou não, então você vê que nessa ementa não tem nada que envolva o tempo.**

Entrevistadora: na teoria cinética entra tempo porque entra velocidade, entra o tempo como um parâmetro...

Então, assim, porque quando a gente aborda a velocidade dos gases, das partículas e tudo mais, ele já vem da Física 1 com o conceito de velocidade, que seria a variação da taxa com variação com o tempo, mas em momento nenhum, eu resolvo nada com eles que dê equação de movimento e que tenha tempo para achar velocidade, entendeu?

Então, a velocidade é uma grandeza que eles já trazem de Física 1 na bagagem, o que é o conceito dela, então o que eu trato, é começar a abordar assim: você pega um recipiente, coloca um monte de partículas e vamos colocar velocidades aleatórias, então você pega o vetorzinho, praticamente, agora vamos calcular uma taxa de partículas que passariam em uma determinada região do espaço, então ele praticamente começa a ver que metade das partículas estão indo para a direita, metade estão indo para a esquerda, aí você faz uma média que é a projeção da velocidade no eixo x, que aí a gente vai colocar a superfície que vai cruzar o eixo x, **então em momento nenhum, nessa disciplina a gente aborda tempo** [risos]

Tempo não entra, não, é só distribuição, são probabilidades que acontecem, tem uma probabilidade menos daquilo, maior daquilo, então, mesmo quando a gente vai tratar, por exemplo, um pouquinho de movimento browniano, que a gente já trata na parte de termoestatística também não envolve movimento, é probabilidade de dar um passo para direita, probabilidade de dar um passo para esquerda, então não, **nas disciplinas de termoestatística e física do calor, a gente não aborda o conceito de tempo.**

Entrevistadora: A seta do tempo é abordada?

A seta do tempo sim, porque aí, quando a gente trata a questão da entropia né? Que a gente define qual é a grandeza da entropia e pela segunda lei.

A gente fala que a entropia do universo só tende a crescer, então como ela não pode diminuir, aí existe uma discussão da seta do tempo, que é nas equações de movimento se você substitui o tempo

	<p>por menos o tempo, você continua, por exemplo, lançamento do projétil, sai daqui para cá, foi daqui para cá, mas a equação do movimento não impede de você ter feito esse movimento ou aquele movimento, mas a equação da mecânica, você pode resolver para um lado, para o outro, tanto faz né?</p> <p>As equações conservação do momento, conservação da energia, se equação foi assim ou foi assim, não faz diferença, agora o que na segunda lei da termodinâmica a gente fala, que com a entropia já definida que só pode aumentar ou ficar igual a zero, aí agora o processo que envolva diminuir a entropia do Universo, isso não pode ocorrer.</p> <p>Então, a gente dá exemplo, por exemplo, do gelo, que você bota em cima da mesa e você vê ele derretendo, então, se você passar esse filminho dele derretendo e depois de volta para frente né, aí todo mundo sabe que esse tá errado, porque espontaneamente ele não ia se derreter todo, fazer a pedrinha de gelo!</p> <p>Então esse conceito só da linha do tempo, uma coisa que aconteceu antes e depois e que não pode voltar no tempo, porque ele violaria a segunda lei da termodinâmica, aí isso sim, esse conceito sim, a gente aborda!</p>
Física moderna	O tempo é apenas a variável t . É o que você chama de parâmetro.

Com relação à Relatividade Restrita, o docente fala sobre a importância de compreender o tempo como uma coordenada, chamando a atenção para a dificuldade (de todas as pessoas) em tomar o sentido do tempo como relativo, dependente do referencial, frente ao sentido absoluto, utilizado na maior parte das atividades humanas.

Os docentes de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos e de Física Moderna afirmaram que o tempo nestas disciplinas é abordado como um parâmetro matemático.

Já o docente da disciplina “Física do calor” e “Termoestatística”, num primeiro momento, afirmou várias vezes, (como realçamos em sua fala) que estas disciplinas não exploram o conceito de tempo.

Entendemos esta fala do docente na perspectiva de que, a presença do tempo está se faz como parâmetro matemático inerente aos diversos fenômenos. Contudo, como explicado pelo entrevistado, não há especial atenção sobre este conceito, afinal, a disciplina inicial do curso de Licenciatura: “Fundamentos de Mecânica” já apresenta este sentido matemático do tempo, como variável independente aos estudantes, de modo que este conhecimento é considerado suficiente para o docente para o acompanhamento dos conteúdos das disciplinas relacionadas à Termodinâmica. Após a intervenção da entrevistadora, o docente comenta que há presença do conceito de tempo nas disciplinas consideradas, com relação à seta do

tempo termodinâmico, mencionando também a questão da reversibilidade presente na teoria da mecânica clássica.

Tabela 7.2: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	2. Ele é ensinado de maneira destacada nesta disciplina? De que forma? Ou é ensinado como apenas uma variável?
Relatividade Restrita	<p>É, então, ele tem que ser ensinado como uma variável, mas ele é, no fim destacado, por causa dessa diferença, enquanto que nas outras variáveis a gente tá acostumado com elas, mesmo na mecânica clássica, ou seja, ela trabalha com essa dependência com referencial dessas outras variáveis que são as espaciais, o tempo não! Então, o tempo, ele tem que passar a ser tratado como as outras variáveis, mas esse não é a nossa intuição, então por isso que ele, você sempre fala mais do tempo porque é mais difícil das pessoas entenderem que ele também é uma variável como as outras quaisquer!</p> <p>Mas ele tem que ser tratado como uma variável qualquer, ele não pode ser diferente, ele tem que ser igual, mas é igual, mas não é! Porque a nossa intuição não diz isso! Então, o destaque tá aí, porque você tem que chamar mais atenção o tempo todo do tempo porque ele é realmente a coisa que passa a ser diferente.</p>
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	<p>Então, ele sempre está associado, ou sempre a gente tenta fazer a ligação de que é uma variável, uma outra variável a qual as demais estão referenciadas, então você fala de espaço, mas falar de posição, por exemplo, sem imaginar e sem linkar essa posição a um determinado tempo não tem muito sentido, então ele sempre vem junto com as outras grandezas que a gente aborda, porque, por outro lado, quando a gente vê posição versus tempo e você deriva, essa vai ser a variável que vai ter que entrar na variação para poder chegar a velocidade, então o tempo está te fornecendo essa variável independente que facilita depois o cálculo matemático para entender como essas outras variáveis derivadas vem a aparecer.</p> <p><i>Entrevistadora: Então, assim, é... tem um destaque então porque o tempo tá relacionado com a relação entre grandezas, ele tá sempre no meio da relação entre as grandezas</i></p> <p>Exatamente. Ele é uma variável independente.</p>
Física do calor e Termoestatística	<p>Não, não é.</p> <p><i>Entrevistadora: Mas a parte da entropia sim né?</i></p> <p>Só nessa parte, porque aí a gente fala, especificamente, de que o tempo tem uma direção e que ele tem que ser seguido mediante o cálculo da entropia, a variação da entropia do universo ser, se você calcula e dá negativo, então você sabe que aquele caminho não pode ser seguido, tem que ser o caminho oposto, tá certo? Mas assim, fora</p>

	essa parte que, de fato, você chamou a atenção, que é da direção do tempo que tem que existir. Aí nos outros tópicos não.
Física Moderna	Apenas uma variável.

O docente de Relatividade Restrita considera que o tratamento matemático dado ao conceito de tempo exige a utilização de outros instrumentos para a determinação, o conhecimento do tempo (como as Transformações de Lorentz, citada na próxima resposta deste docente). Tais transformações, quando utilizadas, possuem um sentido diferente do do sentido presente no ferramental da Mecânica clássica, que o tornam o tempo absoluto, igual para todos os referenciais. Assim, entendemos que, as atividades envolvendo o uso das transformações de Lorentz exercitadas nos diversos exercícios são fundamentais para que os estudantes pratiquem o uso do conceito de tempo com seu sentido relativístico.

Os docentes de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos e Física Moderna afirmam tratar o tempo como um parâmetro matemático nas disciplinas. E o docente de Física do Calor, após a intervenção da entrevistadora, comenta que o sentido do tempo relacionado à seta termodinâmica também é abordado nas aulas.

Tabela 7.3: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	3. Você acha que no curso de Licenciatura deve haver algum destaque ao tempo, algum privilégio para ele em relação aos outros conceitos? Por que?
Relatividade Restrita	Então, dentro de curso da relatividade, eu não saberia fazer isso, o que seria discutir o tempo? Eu não sei fazer isso, eu sei discutir o tempo dentro dessa linguagem, então eu estou discutindo dentro dessa variável e eu quero saber como vou tratar com ela matematicamente, como eu vou transformar, agora, discutir o tempo genericamente, eu não saberia fazer isso, porque isso é uma coisa complicada né? Eu até assisti uma vez um, uma palestra, isso foi... tava tendo uma espécie de debate, era no <i>cinusp</i> ¹⁷ , eles até convidaram o Fleming ¹⁸ . Eu lembro muito disso, porque até tinha uma cineasta e tinha o Fleming, e tavam falando do tempo, então no cinema também tem essa história do tempo, eles mexem com o tempo e no filme, você

¹⁷ O *CINUSP* Paulo Emílio é uma sala de cinema gratuita e aberta ao público em geral, localizada no campus da capital, na Cidade Universitária.

¹⁸ Henrique Fleming é professor titular (aposentado) do Departamento de Física Matemática, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

pode fazer qualquer coisa, tem aquela história da *Amnesia*¹⁹, não sei se você viu?!

Que o cara sempre vai de traz para adiante, então ele tem aquele tempo que é da memória dele, e depois daquilo, o mundo acabou para ele e tem que começar tudo de novo, então esses filmes são legais porque tem muito disso e também essa história de você colocar as coisas que aconteceram antes depois, de você vir, passar o presente, então se faz muito essa coisa com o tempo e eu lembro do Fleming falando qualquer coisa assim: na relatividade, você tem que tomar cuidado porque o tempo nunca pode ser imaginário, aí ela [a cineasta] falou assim: não, para nós, o tempo é muito imaginário mesmo! O imaginário que ele estava falando era números complexos, e para ela, ela estava falando só de coisas que você imagina né?

[risos] então, discutir tempo assim, numa coisa aberta e genérica, eu nem saberia fazer isso, porque a minha formação é de física, então eu vou discutir o tempo do jeito que eu sei discutir, equacionando isso e trabalhando com as equações, mas eu não sei se eu entendi bem a sua pergunta, o que que seria.

Entrevistadora: É que o tempo é super rico, complexo, filosófico.

É, pois é, exatamente, filosófico! Exatamente, porque essa nossa percepção dessa passagem do tempo, que ela também muda, de repente você tá super ocupado o tempo some, se você não está ocupado, parece que seu tempo, parece que um minuto demora, imagina, eu, às vezes, tenho que fazer uns exercícios de educação física e de ginástica, você precisa ficar fazendo abdominal por um minuto, um minuto é um eternidade [risos]... é um tempo assim imenso que eu não vejo quando vai acabar o raio daquele minuto! [risos]

Você olhou para o lado, um minuto passou, então você está numa situação prazerosa, o tempo, a sua noção do tempo é uma coisa completamente independente do que você está fazendo essa noção da passagem do tempo, então mesmo para isso, então nós mesmos não temos esse relógio que diz exatamente como que o tempo está passando, e depende da situação que você tá vivendo a sua percepção do tempo muda né? [risos]

Você tá fazendo uma prova, está difícil, o tempo some, o tempo acaba num segundo, agora quando você está em outra situação, o tempo não passa, você está esperando alguma coisa para acontecer, esperando alguém chegar, por exemplo, “nossa, não chega nunca!”, então, essa nossa noção, a percepção da passagem do tempo da gente, nosso relógio eterno, sei lá o que, é super atrapalhado, então...

Entrevistadora: Tem essa questão do tempo ter essas várias facetas, mas se for pensar dentro da física, que nem você estava falando,

¹⁹ Amnésia é um filme norte americano, produzido no ano 2000.

	<p><i>tem o tempo matemático, que a gente pensa no tempo como sendo um absoluto e...</i></p> <p>É! Exatamente, o tempo no nosso dia a dia, o tempo é absoluto, se eu estou aqui ou se eu estou no Rio de Janeiro ou qualquer lugar do mundo, o tempo está passando da mesma forma, no avião ou quando estou aqui na Terra passa igual, então não tem essa noção de que o tempo possa depender do referencial, a gente não tem essa noção, isso não é intuitivo, então por isso que é tão difícil na relatividade você aceitar que o tempo é só uma outra variável né?</p>
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	Mesma resposta anterior.
Física do calor e Termodinâmica	<p>Hmmm, não, eu acho que é dado, o conjunto de disciplinas que são dadas atualmente, que na verdade, se você pega boa parte das disciplinas do bacharelado, elas foram quebradas em duas para dar mais tempo para o pessoal da licenciatura, então quando eles vão ver, por exemplo, a questão da relatividade, o tempo ele é bem enfatizado para avaliar, nessa questão da entropia, a gente frisa bem a questão da seta do tempo, na mecânica, eles vão...</p> <p>então eu acho que a abordagem do conjunto da física básica, eles já dão o conceito de tempo, eu acho, que o professor deveria ter, porque, é... não é tanto a matemática envolvida nas equações e não sei o que, mas a questão conceitual, eu acho que é bem abordada nas quatro físicas básicas que são quebradas na licenciatura com outros grupos de disciplina, mas eu não vejo, não vi problema conceitual nisso.</p>
Física Moderna	Acho que sim. Espaço, tempo e matéria (ou energia) são fundamentais e estão ligados. Porém só é possível entender e explorar esta ligação depois de ter estudado relatividade restrita e um pouco de relatividade geral.

Com relação a exploração do tempo relacionado aos seus diferentes sentidos, o docente (de Relatividade Restrita) afirma “não saber fazer isso”. Na fala deste entrevistado, percebemos objetivos consistentes e importantes para a compreensão da teoria relativística e para o sentido do tempo neste contexto. Entendemos que a discussão sobre os diversos sentidos do tempo e seus domínios de validade, deve ser feito num outro momento do curso, com outras atividades, que não sejam a resolução de listas de exercícios. Também concordamos com o docente de Física Moderna que, tal momento do curso deveria ocorrer, tendo como pré-requisitos, os cursos de Mecânica, Física do calor, Relatividade e Física Moderna.

O docente de “Física do Calor” e “Termoestatística” faz um comentário (que realçamos em sua fala) à respeito de uma “quebra” das disciplinas voltadas para a turma de bacharéis, para que se adequem às turmas de licenciandos. Entendemos que, tratam-se de cursos com objetivos e perfis de estudantes distintos, porém, dado que a quantidade de conteúdo do bacharelado é maior (segundo o docente), seria bastante interessante se, futuramente, realizássemos entrevistas com alunos do bacharelado, a fim de verificar se as concepções de tempo diferem em ambos os cursos e em que aspectos se dão estas diferenças.

Tabela 7.4: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	4. Que tipo de atividade envolvendo o tempo os alunos são expostos? (Por exemplo: aulas expositivas, resolução de exercícios, experimentações?) Nestas atividades algum tipo de discussão é feita sobre o tempo?
Relatividade Restrita	<i>Entrevistadora: E assim, por conta do tempo ser tão arraigado no nosso cotidiano, ser tão difícil de entender esse outro sentido do tempo, da relatividade, você acha que deveria ter algum momento para discutir sobre isso dentro da relatividade ou de outro curso?</i> É, discute (o tempo) quando você está dando a teoria também, quando você está explicando como que a coisa vai funcionar, quando você está introduzindo as transformadas de Lorentz que bota o tempo lá junto, então quando você faz a construção da relatividade, você está discutindo tempo também né?! Então, tem essa história da dilatação do tempo, quando você tá num referencial com velocidade grande, você tem um tempo que passa mais devagar do que quando você está parado, então essa discussão toda é feita no curso de relatividade.
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	Então, nós, por exemplo, fundamentos de mecânica tem umas leituras complementares, e nessas leituras complementares, há uma abordagem específica do tempo, de como tratar, há uma espécie de história que é um homem que sai da casa, que vai tomar um ônibus, que sobe no ônibus, então a gente trata esse tempo visto de diferentes referenciais, o homem como zero, quando sai da casa, quantos segundos tarda até chegar ao ponto, mas aí tinha uma outra pessoa no ônibus que tinha começa a contar o tempo com um referencial diferente, então o zero da pessoa que sai não é o mesmo zero da pessoa que já está no ônibus, deu mais ou menos para entender?
Física do calor e Termoestatística	É, eu levo várias demonstrações para a sala de aula e mostro para eles a questão filosófica e conceitual do problema e depois, eles fazem lista de exercícios em casa e na sala de aula, em grupo. <i>Entrevistadora: Qual demonstração?</i> Tipo assim, por exemplo [pausa] tem uma parte que a gente fala muito da quantidade de energia que eles tem para a realização do trabalho, aí eu levo para eles, é...

	<p>Esses kitzinhos básicos de vela, onde você acende a vela e mostra que você que faz o movimento de... [pausa] sabe aqueles kits de natal que você acende a velinha e fica rodando? Então, aí é claramente a questão do calor se transformar em energia mecânica, então eu discuto com eles que é possível, porque quando eles pensam em calor, tanto é que quando falam na teoria cinética dos gases, eles pensam em calor em uma quantidade de energia aleatória que vai para qualquer canto, mas se você bota, por exemplo, um lado frio e um lado quente, vai ter um fluxo, então parte daquele fluxo você pode transformar e outra parte não, é perdida, então eu levo algumas coisinhas assim para eles, sabe?</p> <p>Tipo de expansão livre, aí a gente aperta o spray e vê que fica fino na ponta, sabe?</p> <p>Então, algumas coisas que a gente tem kit no laboratório de demonstração de fenômenos de termodinâmica que a gente está discutindo, aí eu levo para eles verem.</p>
Física Moderna	Aulas expositivas, resolução de exercícios e seminários. Não há nada de especial sobre o tempo.

O docente de Relatividade Restrita ressalta que, o curso discute e promove a reflexão acerca dos diferentes sentidos do tempo, enquanto faz os alunos trabalharem com esta grandeza matematicamente.

O docente de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos comenta sobre uma atividade realizada no curso que também procura tratar o tempo como parâmetro matemático em diferentes referenciais.

Sobre “Física do Calor” e “Termoestatística”, o docente explica que, durante as aulas, são feitas demonstrações por meio de Kits de experimentação, disponíveis no Laboratório de Demonstrações do IFUSP/SP.

Tabela 7.5: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	5. O tempo deveria ser discutido no curso de licenciatura? Em que momento/ disciplina? De que forma?
Relatividade Restrita	Mas ele é discutido né?! Quando você está nesse curso de relatividade a gente faz isso, a gente discute essas ideias do tempo para tentar exatamente mostrar isso, mas é só, é só nesse contexto mais matemático mesmo que a gente vai conseguir discutir, porque se você não tem essa intuição, você não pode tentar discutir de um outro jeito, então, a gente faz isso, a gente discute o tempo no curso de relatividade, porque lá é onde ele entra como uma coisa diferente, não é aquela coisa que passa absoluta, aquele coisa que também depende do referencial.
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos	Eu acho que sim, porque por outro lado, no nosso cotidiano, há havido em nosso dia a dia, no nosso calendário, é porque houve um início de origem de tempo dado pelo calendário gregoriano, nós

Corpos Rígidos e Fluidos	<p>estamos em 2016, porque o marco zero, e chama antes de Cristo, então de alguma maneira, eu acho que o tempo, no nosso dia a dia, tem uma importância muito grande e os alunos tem que entender isso, com certeza.</p> <p><i>Entrevistadora: E que disciplina, que momento você acha legal falar do tempo?</i></p> <p>Eu acho que, logicamente, em física, em história.</p> <p><i>Entrevistadora: na Licenciatura, especificamente?</i></p> <p>Olha, eu não sei, eu não tenho todo o currículo em mente da licenciatura, mas eu acho que falar de tempo no início de Fundamentos de Mecânica é importante, porque justamente falamos, ela é uma variável independente, todas as outras se relacionam para derivar e estão sujeitadas ao tempo, então você tem que ver o tempo como uma das primeiras coisas que vê no curso, logicamente isso volta em todas as outras disciplinas, o tempo acaba sendo essa variável importante para ser tratada, claro que mais para frente para que eles entendam o mecanismo da derivada e tudo isso, isso já vai ser uma coisa tão natural que nem vão pensar no tempo assim, como uma questão mais concreta, passa a ser um assunto mais abstrato, passa a ser internalizado por eles e agindo de uma forma mais natural.</p>
Física do Calor e Termodinâmica	<p>Sim, ele já é e desde os primeiros anos, é, eu acho que sim, que é uma grandeza importantíssima que tem que ser discutida.</p>
Física Moderna	<p>Eu acho que sim, em Física Moderna II e depois das Relatividades, como dito acima.</p>

Nas quatro respostas, os docentes retomam a ideia de que é feita reflexão sobre o tempo durante a disciplina, por meio de seu tratamento matemático.

Como realçado na fala do docente de Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos, é considerada a importância de ensinar o tempo como uma variável independente, logo no curso de “Fundamentos de Mecânica”, disciplina oferecida no início do curso. Também é considerada certa familiaridade adquirida pelos estudantes no tratamento do conceito de tempo do ponto de vista matemático ao longo das disciplinas do curso.

Tabela 7.6: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	6. E em relação à natureza do tempo, você acha que deveria ser discutido nas aulas? Se sim, em que momento do curso?
Relatividade Restrita	Mesma resposta dada à questão anterior.
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	<p>Eu acho que acaba sendo um assunto importante a ser ministrado, mas eu acho que cada disciplina orienta a discussão de acordo ao que esse tempo representa, vai ser diferente o tratamento, por outro lado, vai ser diferente relacionado a maturidade que cada aluno for tendo a medida que decorre o curso, você não pode entrar com assuntos mais elaborados no primeiro ano, mas todo conhecimento, quando você volta e adiciona um pouquinho mais, ele se alimenta a todo o conhecimento anterior e você consegue que o aluno vai elaborando um pouquinho mais além, eu não acredito que você deva ver exclusivamente em uma disciplina, tudo terá que ir envolvendo e logicamente todo o conhecimento vai se construindo como um degrau, um degrau em cima do outro, então tem que ser tratado em cada disciplina específica, que envolva o tempo, da ótica dela.</p> <p><i>Entrevistadora: você não acha que discutir a natureza do tempo, por exemplo, o tempo quando ele tá muito relacionado ao espaço na relatividade, ele adquire outra natureza?</i></p> <p>Então, isso vai ser tratado na relatividade, ou por exemplo, se você trata em moderna, quando você vê diferentes tipos de decaimento, o que acontece com os neutrinos, e como você detecta os neutrinos na Terra, porque o tempo para eles vem com velocidade acelerada, com velocidade próxima à da luz, o tempo tem outra dimensão, eles não deveriam para o nosso tempo chegar a superfície da Terra, mas eles chegam porque estão viajando e o tempo vai ter uma contração, portanto ele chega a superfície da Terra porque está em outro referencial, se você estiver no primeiro ano, os alunos vão “boiar”, não vai ter sentido você ir além do que o conhecimento deles nesse momento, porque tem uma outra fundamentação que não vai ser possível, então você vai ter que voltar, reiterar exatamente em cada uma delas, o momento específico de cada uma delas, não vai ser uma vez só que você vai ver e pronto, acabou com esse assunto.</p>
Física do calor e Termodinâmica	<p>Então eu acho que da forma que é feito hoje, ele é apresentado ao conceito do tempo nas várias disciplinas com contextualizações distintas, eu não sei se mais no final de todo o ciclo básico, em algum tópico de ementa, tentar chamar a atenção de aspectos diferentes né?</p> <p>Então, agora que você já sabe mecânica, já sabe termo, já sabe relatividade, já sabe tudo isso e fazer uma discussão mais global do tempo talvez ajude eles a entender né?</p> <p>Porque efetivamente falando, eu acho que para o segundo grau, a gente só tem aquele conceito do tempo linear não é?</p> <p>E que você pode zerar em qualquer lugar [risos] eu acho que no segundo grau, talvez para a compreensão do professor, mas assim, eu acho que em todo momento que é necessário uma reflexão do tempo um pouquinho diferente do que a gente vê em mecânica, eu</p>

	<p>acho que os professores ressaltam, porque ele é dado naquele conceito daquela coisa, que no caso da termodinâmica ele é a seta do tempo e no caso da relatividade, como uma quarta variável e que está tudo misturado, tempo, movimento, posição, eu acho que a pessoa não consegue ver a relatividade sem discutir isso né?</p> <p><i>Entrevistadora: E, deveríamos filosofar sobre o tempo na licenciatura?</i></p> <p>Hmmm, eu não vejo necessidade nenhuma não.</p>
Física Moderna	Mesma resposta dada à questão anterior.

Concordamos com o docente de Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos que, à medida que os estudantes vão cursando as disciplinas, o tempo vai sendo apresentado em diferentes contextos, relacionados a outros elementos e conceitos (quando, ao nosso ver, são feitas abstrações), de forma que este conceito vai se tornando mais complexo, de forma gradual.

Realçamos a parte em que, o docente de “Física do Calor” e “Termoestatística” comenta sobre o fato de que os licenciandos já possuem uma concepção de tempo linear, própria da Mecânica, estudada em nível médio de ensino. No entanto, entendemos que outros sentidos do tempo - sejam vinculados à relatividade ou à termodinâmica, são menos usados por todos, uma vez que a maior parte das atividades humanas atribuem, utilizam o tempo com o sentido comum à ciência Mecânica. Desta forma, para nós, a discussão e reflexão sobre o conceito de tempo e seus vários sentidos pode ajudar e beneficiar não apenas o licenciando, mas a todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, o que inclui o próprio docente da disciplina. Este último, pode vir a atribuir outros sentidos para o conceito de tempo, à medida que aproveitar o espaço de formação estabelecido em sala de aula, junto ao encontro da alteridade subjacente às concepções dos estudantes.

Tabela 7.7: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	7. Que tempo deveria ser ensinado aos alunos? Como um parâmetro apenas?
Relatividade Restrita	Respondido na primeira questão.
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	Eu acho que tem que ter uma discussão a mais, eu acho que tem que mostrar que sendo o tempo uma variável, uma coisa que tem que ser registrada, não é a mesma coisa, quanto tempo você demorou para vir de sua casa até aqui? Porque isso seria uma questão que é uma questão do dia a dia, você tem que mostrar o que o tempo cotidiano fora da física e o que é dentro da disciplina, são coisas diferentes e

	logicamente tem que ter um a parte, tempo não sei, mas isso de cada vez a cada ano vai saindo de uma forma diferente e tem que existir a discussão com certeza e isso nós fazemos sim.
Física do calor e Termoestatística	<p>A questão paramétrica, eu acho, pelo menos para o conteúdo que existe no segundo grau né?! Que assim não tem relatividade, não tem nada disso né?</p> <p><i>Entrevistadora: Não, não tem... mas até tem no terceiro ano, no final do livro, né?</i></p> <p>Ah, eu tava falando mais da questão qualitativa da relatividade né?</p> <p>[risos] é, porque eu peguei nesse ano, no ano passado, eu perguntei para os alunos quantos sabiam o que era entropia e aí ninguém sabia assim, não tinha nem ouvido falar. Então, eu acho que se houver a tentativa de colocar algum outro tipo de discussão pelo próprio contexto pelo qual o tema é apresentado para o aluno do segundo grau, acho que nem tem como saber o que é que a gente está querendo falar né?! Se você não apresentar o conceito físico que envolve aquela outra necessidade de não considerar o tempo como um parâmetro simplesmente, eu não sei se eles entendem não.</p>
Física Moderna	<p>Em física, o tempo é uma variável útil, mensurável, e ligada ao espaço e à matéria. Ao irmos além disso, vamos para a filosofia. Mas há questões interessantes na fronteira e sobre as quais vale a pena pensar um pouco. Por exemplo: podemos falar em espaço ou tempo sem matéria? A resposta a essa questão é dada em parte pela física.</p>

O docente de Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos fala sobre a importância do sentido do tempo associado à matemática, e que deve ser, e é, demonstrada como participante das atividades humanas. De fato, mesmo nas entrevistas com alunos, esse objetivo de atribuir ao tempo sentido numérico, linear e matemático foi bastante encontrado na fala dos estudantes, corroborando com nossa hipótese inicial.

O docente de “Física do Calor” e “Termoestatística” retoma a questão da importância de trabalhar com o conceito de tempo de forma matemática, nas diversas equações da Física. O quarto docente, de “Física Moderna” (conforme realçamos acima), considera que, por um lado, ir além do sentido matemático do tempo pode tornar a questão filosófica. Contudo, por outro lado, considera ser interessante a discussão das fronteiras da Física.

Tabela 7.8: Transcrição da entrevista com docentes responsáveis por disciplina.

Disciplina ministrada	8. Em que aprender sobre o tempo ajuda na formação do professor de física?
Relatividade Restrita	essa é uma pergunta super difícil, porque assim, o que o aprender de qualquer coisa ajuda um professor de física né?

Eu acho que quando você, tudo que você aprende, ele tá te ajudando né? Então [risos] o tempo é mais ou menos do que qualquer outra coisa que você aprende, o tempo só é mais diferente porque ele foge da nossa noção comum. Mas, aí tudo que se aprende na física quântica que não tem nada a ver com nosso senso comum, também é diferente, aí porque que o tempo seria, ele seria mais importante que as outras coisas, eu não sei dizer, eu acho que ele é importante assim como todas as outras coisas que a gente tem que aprender que, que vão ajudar você a poder ser um professor de física. Você tem que ter essas noções bem claras, esses conceitos bem claros para poder falar sobre eles, então você tem que aprender, tem que discutir, essa coisa que é difícil, porque você precisa de tempo para isso né?

Você precisa de tempo para poder assimilar todas essas coisas, você precisa de tempo para poder se acostumar com todas essas ideias, então quando você faz o curso pela primeira vez, você chega aqui e fala não entendi nada, aí quando você é professor e tem que dar aquilo pela primeira vez, você fala nossa aquilo é complicado, aí você dá duas vezes, três vezes, quatro vezes, cinco vezes, aí você fica habituado com aquilo, aí você fala assim: nossa né, é tão simples, mas se você para mesmo para pensar, você fala não entendi nada! Mas você continua [risos] então, essa questão de você estar habituado com essa ideia, agora putz, o que que é isso de verdade? O que é isso de verdade eu não sei dizer, mesmo porque de novo, mesmo que esteja isso mesmo, a realidade é assim, agora veja quando eu te ponho, se eu pudesse te pôr num lugar onde tivesse a velocidade muito grande, a sua noção de passagem do tempo ia continuar sendo exatamente igual, você não ia, não ia mudar lá, então só que o que ia passar para você seria diferente para mim mas, isso é só depois que a gente pudesse comparar que a gente ia ver que isso aconteceu porque você não ia ter essa sensação porque você tá parada, então você num...num vai perceber isso.

É, é difícil. [risos]

Entrevistadora: mas é lindíssimo né?

É, mas essas coisas, se você está fazendo esse trabalho que você quer, você vai ter que ir um pouco para essa outra área mesmo de, de coisa de filme, cinema, porque eles não tem nada a ver com... aí é mais um jeito, uma brincadeira que você pode fazer com o tempo né? Que eles fazem e que é legal também porque, é...agora então, outro dia eu tava vendo aquele x-men que tem aquele cara que é muito rápido sabe?

	<p><i>Entrevistadora: Ah, o the flash?</i></p> <p>É, o the flash, exatamente! Então a relatividade é uma brincadeira com o tempo também, porque enquanto o cara fez uma coisa aqui, ele fez milhões de coisas ali e é só para mostrar que se você tem uma velocidade grande ali, você consegue ver que as velocidades mudam também né? O tempo que leva para fazer isso, então eu acho que o cinema tem um monte de lugares onde eles ficam brincando com essa ideia, e é muito mais com a nossa sensação da passagem do tempo mesmo né do que você pode fazer, do que...é [risos] aquelas coisas de de volta para o futuro, que você faz essas coisas com o tempo, a gente não sabe se isso pode acontecer, mas sabe você brinca com essas ideias se pudesse, se eu conseguisse.</p>
Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos	<p>Poderíamos falar três dias em relação a isso, mas eu acho que sem esse aprendizado, você fica com o pé quebrado, você tem que ensinar e você tem que mostrar como você utiliza o tempo para derivar, para relacionar grandezas, para toda física está baseada nessa quarta dimensão que a gente fala das mais fundamentais, esse tempo tem que ser tratado especificamente porque acaba adquirindo um, uma perspectiva do ensino que a gente tem que mostrar, e parte do nosso dia a dia, da física, então tem que ter um tratamento específico.</p> <p><i>Entrevistadora: Você acha que na licenciatura para quem vai dar aula, você acha que a gente deveria ter uma atividade que filosofa sobre o tempo, por exemplo?</i></p> <p>Isso depende do professor, eu acredito assim depende do ano e dos alunos mesmo, quando a gente fala do tempo, em sala de aula, pode haver alunos mais interessados que outros, então há certas atividades que você não pode impor, elas vão se dando ou não a medida que você tem receptividade da sala de aula, então isso depende muito da turma que você tem, claro que se você quiser fazer algum seminário específico falando de tempo para os alunos, acho que poderia ser como uma atividade extra, mas em sala de aula depende muito da receptividade dos alunos, há anos que você pode filosofar daquilo com tranquilidade, há anos que você tem uma greve que você tem que correr em cima do que tem que, conteúdos mínimos que você tem que dar para não deixar os alunos sem aquilo no semestre, então há momentos em que você não consegue fazer outro tipo de atividade, então depende muito da turma, do ano, de... tem milhões de variáveis em cada momento, e por outro lado, não pode ser imposto, porque acho que a gente tem que, como professor, tem que ter em mente a importância desse assunto e quando pode</p>

	lançar em sala de aula, mas não é uma coisa, assim, que você tenha obrigatoriedade hoje vou falar de tal coisa e filosofar porque os alunos não conseguem captar a importância do tempo, então não dá para forçar.
Física do calor e Termoestatística	<p>É, então, eu acho que nesses assuntos, na mecânica, na questão da termodinâmica com relação à segunda lei e na questão da relatividade, é, todos eles, a existência do tempo, ela tem um papel muito importante, não só como um parâmetro, mas como uma questão conceitual realmente, então ele tem que, para entender [risos] o que é um conceito físico, ele tem que entender o que é o tempo, então eu acho que é importante, mas especificamente para o aluno de segundo grau é que eu não vejo muita relevância se ele não é exposto a outros conceitos.</p> <p><i>Entrevistadora: Porque ele pode não fazer física?</i></p> <p>É, se ele nunca é confrontado com a segunda lei da termodinâmica mostrando que de fato, porque eu acho que essas coisas, de alguma forma, sei lá, mídia, livros, todo mundo sabe né?</p> <p>Que o tempo tem uma direção preferencial, quando você começa a resolver na equação da mecânica que a gente aqui fala para o aluno, aí você poderia resolver, aí você começa com o tempo de dez e voltasse para zero, na equação de movimento, você resolve, você faz do mesmo jeito, então a gente que chama a atenção que na mecânica você não precisaria de uma definição de flecha do tempo, mas assim, para o aluno, como a vida dele, tudo na vida, a gente envelhece, morre [risos] tudo envolve uma irreversibilidade, então esse conceito, eu acho que ele já está muito solidificado na cabeça deles!</p> <p>Se você perguntasse para ele: a gente poderia reverter um tempo, a física seria a mesma, ele diria que não, não pode [risos] não é? Então, mesmo sem ter aprendido isso, então quando a gente fala um parâmetro na mecânica, você vê que nem um livro ou texto, ele tenta resolver os problemas ao contrário, ele tenta reverter o tempo, colocar menos tempo entendeu?! Sempre parte de zero [risos] né?! Então, assim, eu acho realmente que o único lugar onde o tempo vai ficar complicado é na relatividade porque aí, aí acabou essa história de parâmetro, aí ele entra junto e tem que ter um único referencial que vai começar e os outros todos vão ter os tempos dilatados e tudo, então é assim, eu acho que esse é realmente o ponto onde uma discussão séria sobre o tempo é realmente importante.</p>
Física Moderna	Não sei bem como formar um professor de física. Mas aprender sobre o tempo ajuda todo mundo...

Na fala do docente de Relatividade Restrita demonstra humildade perante o conceito de tempo e seu sentido na relatividade restrita, uma vez que, mesmo sendo um especialista

do assunto, se questiona diante deste conhecimento. Também fala da importância de aprender sobre o tempo para a atividade do professor e para a ampliação da consciência.

O docente de Fundamentos de Mecânica e Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos, chama bastante a atenção para a importância do sentido do tempo como um parâmetro matemático, necessário para “derivar”, relacionar grandezas, etc.

Realçamos na fala do docente de “Física do Calor” e “Termoestatística” o momento em que o docente comenta sobre a reversibilidade presente na Mecânica Clássica. Esta questão foi perguntada explicitamente aos estudantes de licenciatura e, em todos os casos, esta não foi abordada.

4. 5 Considerações

De modo a investigar os sentidos do conceito de tempo presentes no curso de Licenciatura e as atividades que o envolvem nas disciplinas, analisamos o programa do curso e suas bibliografias, realizamos um levantamento de elementos históricos dos sentidos do tempo atrelados ao programa do curso (apresentado no Capítulo 3) e, por fim, entrevistamos quatro docentes do Instituto de Física.

Com relação à análise do currículo da Licenciatura, verificamos que 63% das disciplinas de Física correspondem ao domínio da Física Clássica, conhecimento científico produzido até fins do século XIX. Neste domínio, como descrevemos em nosso estudo histórico, a noção de tempo utilizada corresponde ao tempo da mecânica: uma sequência única numérica, linear, uniforme, homogênea, independente do referencial.

Sobre a pesquisa nas abordagens de livros didáticos (referentes às disciplinas de Física), verificamos que estas enfatizam o aspecto matemático do conceito, com a presença de extensa quantidade de exercícios. A atividade de resolução de problemas em física é considerada como uma vivência essencial para compreensão das teorias, consideração na qual também concordamos. Verificamos também que a maior parte dos manuais didáticos apresenta os conteúdos de Física desprovidos de elementos históricos. (Os livros do autor Nussenzveig, principalmente L6 e L7 constituem exceções).

Sobre as entrevistas com os docentes da universidade, estes profissionais consideraram como principais finalidades dos cursos que ministraram/ministram a aprendizagem do manejo do conceito de tempo nas diversas fórmulas matemáticas, objetivo alcançado por meio da resolução de problemas.

Com relação aos quatro docentes que lecionam as disciplinas de Física para a Licenciatura, quando estes se referiram ao ensino do conceito de tempo nas disciplinas

ministradas (Fundamentos de Mecânica, Mecânica dos Corpos Rígidos e Fluidos, Física do Calor, Termoestatística, Relatividade e Física Moderna) consideraram primordial a sua aprendizagem como um parâmetro matemático. (Não importando se a formação destes docentes corresponde aos domínios teórico ou experimental).

Para os docentes, questões sobre o sentido e natureza do tempo se fazem presentes principalmente na disciplina de Relatividade, quando os estudantes, realizando exercícios, refletem e aprendem o sentido do tempo relativístico.

O sentido do tempo relacionado à seta do tempo foi abordado pelo docente que ministrou/ministra dos cursos de “Física do Calor” e “Termoestatística”. Segundo o entrevistado, o conceito de tempo se faz presente nas aulas no momento em que é abordado o conceito de entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica.

Também verificamos que, especialmente nas falas dos docentes das disciplinas relacionadas à Mecânica e a Física Moderna, uma vez que o tempo é apresentado na disciplina “Fundamentos de Mecânica”, no início da graduação dos licenciandos, e será utilizado como parâmetro matemático até o final do curso, aparentemente não há mais necessidade de reflexão sobre os sentidos do tempo, suas naturezas e domínios de validade. Para nós, esta postura pode sugerir aos estudantes uma cristalização para o conceito de tempo, como se este fosse um dado da natureza, inquestionável, definitivamente numérico e matemático, à serviço de sua utilização nas diversas fórmulas matemáticas. Também consideramos que tal postura pode sugerir que para o conceito de tempo uma natureza única e que seu aprendizado conceitual é satisfatoriamente proporcionado enquanto trabalhado nas diversas disciplinas do curso durante a realização de atividades de resolução de exercícios.

Entendemos a preocupação dos docentes em explorar o aspecto matemático do conceito nas diversas disciplinas e, concordamos com a ideia de que a atividade de resolução de exercícios é bastante importante para que as relações entre conceitos sejam exercitadas. Contudo, como o curso de Licenciatura tem como objetivo proporcionar ao estudante uma formação científica e humana abrangente e sólida, para a atuação na educação científica contemporânea, defendemos a ideia de que haja um momento do curso de Licenciatura (no final da graduação, como sugeriu o docente de Física Moderna) em que outras atividades envolvendo conceitos fundamentais da Física (como o tempo, espaço, massa e energia, campo) sejam trabalhados pelos futuros professores.

Capítulo 5

Resultados

5.1 Metodologia de análise dos resultados

Neste capítulo, apresentaremos a metodologia de análise das entrevistas realizadas, bem como os resultados obtidos.

Como explicamos anteriormente, entrevistamos estudantes do curso de licenciatura em Física com o intuito de elaborar uma proposta de levantamento de perfil conceitual complexo de tempo para esta amostra. Para tanto, sentimos a necessidade de criar uma maneira de identificar nas falas dos entrevistados, as dimensões do perfil conceitual complexo e também de reconhecer aspectos ligados a historicidade do conceito. Foi diante desta necessidade que decidimos construir um instrumento - como metodologia de análise dos dados, baseando-nos no método genético de Vigotski (descrito no Capítulo 2, item 2.8) e nas dimensões do perfil conceitual complexo (Mattos, 2014).

Primeiramente, a criação deste instrumento envolveu a elaboração de critérios para cada nível genético a fim de distinguir diferentes contextos acessados pelos estudantes. Tais critérios nos permitiram investigar indícios das escalas genéticas de Vigotski nas falas dos entrevistados. A Tabela 8 apresenta os critérios estabelecidos:

Tabela 8: Critérios de contextos para as situações de uso do conceito de tempo junto às escalas genéticas de Vigotski.

Microgênese

Eventos curtos. Situações ocorridas na casa do sujeito, na sua escola, família. Situações específicas vividas pelo sujeito.

Sociogênese

Eventos mais duradouros. Situações ocorridas na comunidade, na sociedade em que o sujeito vive. Aqui não são situações específicas do sujeito, mas comum a sua comunidade.

Ontogênese

Eventos longos: Situações ocorridas na história das sociedades.

Filogênese

Eventos longos: Situações ocorridas na história da espécie humana.

A ideia destes critérios é investigarmos como os estudantes percebem o tempo, como os concebem e como os valorizam, em diferentes contextos, nas diversas escalas, seja na

aula de Física de seu curso, na sua casa ou num contexto diferente do seu imediato, quando o sujeito poderá se remeter a sentidos presentes em outras comunidades e sociedades, ao longo da história.

Vale lembrar que estamos interpretando contexto como um campo de dêixis, também entendido como campos de influências de sentidos. Nestes campos, pode-se perceber a existência de diversos níveis hierárquicos e que muitas vezes estão sobrepostos, de modo que esperávamos encontrar sobreposições entre eles na fala dos participantes, por exemplo: sobreposições entre os contextos da família, da escola, da Física e da sociedade, neste determinado momento histórico. É desta maneira que acreditamos que a sobreposição de contextos define níveis hierárquicos, capazes de induzir o uso de determinados sentidos para os conceitos.

Assim, a maneira como um sujeito conhece um determinado conceito, percebe sua natureza e atribui valoração a ele está vinculada a situações ocorridas em sua casa, escola, família e em situações específicas vividas por ele. Contudo, também será influenciada por situações e eventos mais duradouros ocorridos em sua comunidade ou na sociedade. Sobreposto a estes, tem-se também a influência daqueles eventos mais longos, como os pertencentes à história das sociedades e da espécie humana.

Voltando ao instrumento que criamos para análise dos resultados, este, acabou tomando a forma de uma tabela, ou matriz, na qual pudemos observar a intersecção dos planos genéticos com as dimensões do conhecimento. Estamos chamando este instrumento de *matriz de organização da polissemia do conceito* (MOP), uma vez que esta apresenta uma organização das concepções dos entrevistados em diferentes formas de conhecer o tempo - seja pelo movimento dos astros, pela medida do relógio, pelas sensações do organismo, pelas mudanças climáticas, etc. com distintas naturezas - cíclica, linear, com algum formato ou constituição, etc. e também com diferentes valores e fins para o conceito. Tais dimensões estão divididas nos quatro domínios apresentados na Tabela 8, para que possamos fazer uma análise desde um contexto mais microgenético (cuja construção de significados é feita a partir das situações em que o estudante participa), e também de contextos mais amplos (referentes a sociedade como um todo) e mais distantes, (para contemplar as demais sociedades, nos diversos espaços e tempos da história e também a questão da espécie humana).

É importante frisarmos que, estamos separando os domínios genéticos com a finalidade de explorar e analisar melhor os sentidos atribuídos ao tempo em diferentes contextos. Contudo, tais domínios não são independentes entre si, eles se influenciam

mutuamente e se superpõe. Como explicamos (Capítulo 2, item 2.8), para nós, tais domínios formam um contínuo de níveis e, é desta mesma forma que entendemos as dimensões do perfil conceitual complexo: estando intimamente ligadas, influenciando-se e estando muitas vezes superpostas. Daremos exemplos destas superposições mais adiante⁴⁸.

Apresentamos na Tabela 9 o instrumento de análise criado:

Tabela 9: Matriz de organização da polissemia do conceito (Mop)

	dimensão epistemológica	dimensão ontológica	dimensão axiológica
microgênese			
sociogênese			
ontogênese			
filogênese			

Para ilustrarmos nossas intenções com esta matriz, podemos considerar, a primeira pergunta: *Para você, o que é tempo?* e supor algumas respostas. Por exemplo, supondo que o participante tenha respondido que, para ele, o tempo é espaço-tempo, vamos considerar que esta resposta configura um sentido para o tempo atribuído no curso de física do participante, ou por meio de um livro, de um filme, etc. Tal sentido foi aflorado num contexto que consideramos ser mais curto, por estar mais próximo ao sujeito nas suas atividades diárias. Na primeira coluna da primeira linha, podemos exemplificar que, espaço-tempo é uma forma de se conhecer o conceito de tempo, no contexto da Física, na teoria da relatividade geral, por exemplo. Tal sentido também demonstra uma ontologia, pois o tempo adquire natureza de uma geometria junto ao espaço (o que classificaremos na segunda coluna, primeira linha).

Por último, o valor deste sentido (dimensão axiológica) pode ser compreendido dependendo da atividade em que o participante está envolvido. Podemos considerar que o participante é um professor de Física que leciona Relatividade Geral, de modo que um valor possível para este sentido corresponde à sua utilizada imediata na sala de aula, em sua atividade de trabalho.

Na segunda linha da matriz e na primeira coluna, temos a sociogênese e a dimensão epistemológica. Na sociogênese, estamos pensando em como que a comunidade, a sociedade que o participante vive, usa a ideia de tempo. Então, podemos supor uma resposta do participante relacionada ao tempo do relógio, um tempo numérico bastante presente na organização e divisão do trabalho. Do ponto de vista epistemológico, referente à primeira

coluna, podemos pensar que o estudante conhece este tempo assim que aprende a contar e a ver a hora nos relógios. Neste caso, a natureza do tempo é, basicamente, ideal (como uma ideia, ou número), presente no cotidiano das pessoas. Já na terceira coluna, nesta mesma linha, temos o cruzamento dos critérios da sociogênese com a dimensão axiológica. Assim, podemos classificar, por exemplo, as falas que remetem ao sentido do tempo como dinheiro, expressando a ideia de que, por exemplo: uma pessoa que deixa de trabalhar um dia, estará desperdiçando o tempo que teria para obter mais dinheiro).

No momento da análise das entrevistas, realçamos com cores as expressões que remetem os estudantes aos diferentes contextos: microgenético foi colorido de rosa, sociogenético de verde, ontogenético de azul e filogenético de cinza.

Além da construção deste instrumento de análise dos resultados, elaboramos oito categorias a posteriori, baseando-nos em nosso levantamento de elementos históricos acerca dos sentidos do tempo envolvidos com o curso de licenciatura (apresentado no Capítulo 3 deste trabalho).

5.2 Construção das categorias de análise

Para a construção das categorias de análise, inicialmente, discriminamos em três grandes conjuntos os sentidos associados às dimensões do perfil conceitual complexo. Assim, as categorias criadas para cada sentido do tempo encontrado nas falas dos entrevistados estão apresentadas três nos próximos itens.

5.2.1 Categorias identificadas na dimensão epistemológica

- Dimensão epistemológica: tempo como medida

Nesta categoria, o estudante considera conhecer o tempo por meio da passagem dos segundos, das horas, dos dias, etc. Trata-se de uma ideia de tempo vinculada à sua medida, realizadas por diferentes tipos de relógios.

- Dimensão epistemológica: Tempo da Física

As respostas dos participantes foram classificadas nesta categoria quando feitas referências ao contexto das teorias da Física, ou incluindo a seus personagens e elementos históricos. Também consideramos as respostas que fizeram uso de modelos científicos, metáforas e analogias para a argumentação, como por exemplo: “Tempo feito de partículas do tempo”. Nesse caso, o estudante utilizou um modelo científico (partículas) para pensar

numa estrutura para o tempo. Também classificamos como “tempo da Física” as falas dos participantes que fizeram referência a demais conceitos da física.

Para melhor nos organizarmos nesta categoria, compreendendo como o tempo com o sentido relacionado ao conhecimento da Física é utilizado, criamos as seguintes subdivisões:

- Tempo da Física - *apenas citado*: tempo citado apenas como pertencente aos conteúdos de disciplinas/sujeito apenas cita um determinado contexto físico, sem se ater ou desenvolver as ideias provenientes do conteúdo citado.
- Tempo da Física - *elemento para pensar*: o estudante usa algum elemento da história da ciência para justificar sua resposta / Uso de modelos científicos, de metáforas e analogias para pensar sobre a questão. Por exemplo: “Tempo feito de partículas do tempo”
- Tempo da Física - *informal*: os sentidos físicos do tempo referem-se a conhecimentos adquiridos a partir de filmes, livros e revistas. Estamos considerando também participantes desta classificação os conhecimentos relativos aos contextos da Relatividade Restrita e Geral e da Física Quântica adquiridos em nível médio de ensino.
- Tempo da Física - *com dêixis*: dada a dêixis indicadora de contexto físico, as ideias dos participantes são desenvolvidas junto à utilização do sentido do tempo correspondente a esse contexto
- Tempo da Física - *sem dêixis*: sem que haja dêixis indicadoras de contextos físicos, as ideias dos participantes são desenvolvidas junto à utilização do sentido do tempo correspondente a esse contexto. Nesse caso, o participante utilizou um sentido físico para uma situação não circunscrita à disciplina.

- *Dimensão epistemológica: tempo como transformação*

Nesta categoria foram classificadas as respostas que relacionavam o conceito de tempo à transformação, à mudança, ao movimento.

- *Dimensão epistemológica: tempo associado ao movimento dos astros*

As respostas características desta categoria referem-se ao conhecimento do tempo mediante o movimento dos astros.

- *Dimensão epistemológica: tempo e luz*

Para esta categoria, o estudante associa o tempo à luminosidade, à luz, ou alternância dia e noite.

- Dimensão epistemológica: tempo do organismo

As respostas classificadas nesta categoria relacionam o tempo ao desenvolvimento dos seres, ou aos ciclos internos dos organismos (como fome, sono, etc.) e também à consciência, ao espírito, ao pensamento.

- Dimensão epistemológica: tempo calendário

As respostas classificadas nesta categoria relacionam a percepção do tempo as atividades humanas e seus ordenamentos. Também se refere à percepção do tempo pelas memórias, vivências e experiências do sujeito, além da marcação dos eventos na história.

No momento da análise, para destacarmos estas 7 distintas dimensões nas falas dos entrevistados, utilizamos cores diferentes, conforme apresentamos na Tabela 10:

Tabela 10: Diferentes cores para as dimensões epistemológicas encontradas nas falas dos participantes.

Dimensão epistemológica: tempo como medida	amarelo
Dimensão epistemológica: tempo da Física	laranja
Dimensão epistemológica: tempo como transformação	nude
Dimensão epistemológica: tempo associado ao movimento dos astros	marrom
Dimensão epistemológica: tempo e luz	vermelho tomate
Dimensão epistemológica: tempo do organismo	marrom esverdeado
Dimensão epistemológica: tempo calendário	Outro vermelho (pitanga)

5.2.2 Categorias identificadas na dimensão ontológica

As respostas classificadas na dimensão ontológica fazem menção à natureza do conceito, sendo identificadas principalmente quando é perguntado diretamente sobre a natureza do conceito, e na fala do entrevistado há a utilização do verbo ser para o tempo acompanhado de um predicativo. Exemplos: o tempo **é cíclico** / o tempo **é maleável**.

Para a identificação desta dimensão, utilizamos estilos distintos de sublinhados, que serão apresentados a seguir:

- Dimensão ontológica: tempo linear, irreversível

Sublinhamos com tracejados maiores e menores quando na fala do participante há a ideia de tempo como uma sequência linear e sucessiva de acontecimentos, irreversível, rumo ao futuro. Também quando o tempo é descrito como “algo que passa”, ou como uma ideia, número, unidade de medida, ou mesmo como uma linha reta.

-Dimensão ontológica: tempo como transformação

Sublinhado duplo foi feito nas respostas em que o tempo é compreendido como constituído de transformações, mudanças ou movimento.

-Dimensão ontológica: tempo independente, absoluto

Sublinhamos com uma linha cheia e espessa quando encontramos nas falas dos participantes as seguintes afirmações:

- O tempo é absoluto
- O tempo é como um cenário onde tudo acontece
- O tempo é impossível de ser alterado
- O tempo flui sem sofrer alterações
- O tempo é independente da existência do homem (ou sempre existiu).

- Dimensão ontológica – o tempo em si

Nesta categoria, as frases sublinhadas com pontilhado exibem alguma reflexão ou questionamento sobre o tempo em si, mesmo que de modo breve. Nesta categoria o participante procura não usar a definição de tempo como parâmetro matemático para explicar sua natureza.

- Dimensão ontológica – tempo feito de memórias

Usamos o tracejado espaçado para sublinhar as respostas que consideraram o tempo ser constituído de memórias - acontecimentos da vida pessoal do sujeito.

-Dimensão ontológica: tempo maleável

O sublinhado ondulado foi para classificar as respostas que consideram ser o tempo maleável.

-Dimensão ontológica: tempo cíclico

O sublinhado ondulado duplo foi utilizado quando o tempo foi considerado cíclico (como era interpretado por algumas comunidades anteriores ao advento do relógio – ver Capítulo 3, item 2.8).

-Dimensão ontológica: tempo da Física

Esta classificação foi feita quando o participante diz: *o tempo é*, seguido de uma definição conceitual da física, ou de um conceito físico.

5.2.3 Categorias identificadas na dimensão axiológica:

Para este terceiro conjunto de categorias, utilizamos fontes de textos diferentes da Times New Roman:

- Dimensão axiológica: tempo do calendário (Fonte: MS Gothic)

Nesta categoria foram classificadas as respostas que se referem ao tempo como uma contagem cuja finalidade é a organização e/ou coordenação das atividades da vida cotidiana.

- Dimensão axiológica: tempo como valor de troca (Fonte: comic sans)

Nesta categoria, os estudantes mencionam que “tempo é dinheiro”, ou que é preciso usar o tempo para o trabalho e o sustento atual e/ou futuro.

-Dimensão axiológica: tempo do organismo (Fonte: Bradley Hand Itc)

Nesta categoria, a finalidade do tempo volta-se à alimentação, desenvolvimento e reprodução dos organismos. Também está relacionado ao amadurecimento do sujeito, à aprendizagem.

-Dimensão axiológica: tempo da subjetividade (Fonte: Book Antiqua)

Nesta categoria, o conceito de tempo possui seu valor desvinculado da necessidade de produzir e adquirir bens materiais. Trata-se de um tempo vinculado a afetos, desconectado das obrigações impostas pelo tempo do relógio.

-Dimensão axiológica: Tempo sentimental (Blackadder JTC)

Esta categoria se refere ao tempo que passa mais devagar ou depressa, dependendo da atividade na qual o sujeito está inserido. Também refere-se ao tempo vinculado aos deuses, à religião em geral.

- Dimensão axiológica: Tempo e finalidade (Fonte: Bodoni MT)

Para esta categoria, consideramos a importância e finalidade de aprender as zonas físicas do tempo.

Foram identificados pelo menos 4 valores distintos para aprendizagem dos sentidos do tempo da Física, que identificamos por meio das letras: W, V, X, Y:

- Finalidade propedêutica (ir bem em provas e passar para o nível seguinte) ou pelo fato de que a profissão futura (de professor) lhe exige este conhecimento (W).
- Finalidade de mensurar intervalos de tempo durante viagens, deslocamentos (V).
- Finalidade de produzir tecnologia (X).
- Finalidade de ampliar o conhecimento e a cultura do sujeito, tornando-o mais crítico diante da sociedade, do mundo. Este item também se refere à ideia de que estudar o conceito de tempo é importante por este percolar todos os elementos do universo (Y).

5.2.4 Categorias finais para a análise dos resultados

Estabelecidas as dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas, que apresentamos nos três itens anteriores, elaboramos categorias de análise das respostas dos participantes. Num primeiro momento, foram elaboradas 13 categorias, que posteriormente, sofreram fusões e tornaram-se oito categorias mais gerais. A seguir, apresentaremos as 13 categorias iniciais e, para facilitar nossas análises, elegemos as principais dimensões para ser suas representantes:

1. *Tempo absoluto*

Tempo considerado independente da matéria, da energia. É externo ao homem e flui sem cessar.

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão ontológica: tempo independente, absoluto.

2. *Tempo numérico irreversível*

Tempo relacionado à sua medida. É mensurável, numérico, linear, irreversível.

Dimensões principais que caracteriza a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo como medida

Dimensão ontológica: tempo linear, irreversível

3. *Tempo calendário*

Tempo relacionado às organização e coordenação das atividades humanas e aos eventos históricos.

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo calendário

4. *Tempo como transformação*

Tempo relacionado à mudança, ao movimento, transformação.

Dimensões principais que caracterizam a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo como transformação

Dimensão ontológica: tempo como transformação

5. *Tempo e luz*

Tempo relacionado à luz, à alternância claro e escuro.

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo e luz.

6. *Tempo dos astros*

Tempo relacionado ao movimento dos astros.

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo associado ao movimento dos astros

7. *Tempo do organismo*

Tempo relacionado à consciência, ao espírito, ao pensamento, ao desenvolvimento dos seres e aos ciclos internos dos organismos.

Dimensões principais que caracterizam a categoria:

Dimensão epistemológica: tempo do organismo

Dimensão ontológica: tempo feito de memórias

8. *Tempo da Física*

Tempo relacionado ao conhecimento da Física. Categoria com subdivisões (item 6.2.1)

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão epistemológica: Tempo da Física

Dimensão ontológica: Tempo da Física

9. *Tempo sentimental*

Tempo relacionado à passagem mais lenta ou rápida, dependendo da atividade realizada pelo sujeito. Tempo relacionado à religião.

Dimensão principal que caracteriza a categoria:

Dimensão axiológica: tempo sentimental

10. *Tempo da subjetividade*

Tempo relacionado à afetos, e à usufruto em atividades valorizadas pelo sujeito em sua subjetividade.

Dimensão principal que a caracteriza:

Dimensão axiológica: tempo da subjetividade

11. *Tempo e finalidade*

Importância e finalidade de aprender sobre o conceito de tempo

Dimensão principal que a caracteriza:

Dimensão axiológica: tempo e finalidade

12. *Tempo em si*

Menção sobre o que seja o tempo, sua natureza. Sem defini-lo por meio de sua medida.

Dimensão principal que a caracteriza:

Dimensão axiológica: tempo em si

13. *Tempo como valor de troca*

Tempo com o valor de dinheiro, relativo à sociedade capitalista.

Dimensão principal que a caracteriza:

Dimensão axiológica: tempo como valor de troca

Após o estabelecimento destas 13 categorias, procuramos sintetizá-las num número menor de classificações, aglutinando algumas delas, como mostra a Figura 8:

Figura 8: Categorias aglutinadas

A reunião de algumas destas categorias realizou-se com base em nosso estudo de elementos históricos. Consideramos que as categorias “tempo calendário” e “tempo numérico irreversível” poderiam ser aglutinadas já que ambas se referem a eventos que ocorrem de modo sequencial, seguindo uma ordem numérica, compatível com o tempo mensurado por relógios. Contudo, a categoria “tempo absoluto” não participou desta fusão

por representar um sentido de tempo que, além de numérico, linear, homogêneo, é independente do homem, da matéria e da energia. O sentido do tempo relativo às atividades humanas sequenciadas e constitutivas dos calendários, não necessariamente fazem referência à passagem do tempo com caráter absoluto e independente dos elementos do mundo.

A reunião de algumas destas categorias realizou-se com base em nosso estudo de elementos históricos. Consideramos que as categorias “tempo calendário” e “tempo numérico irreversível” poderiam ser aglutinadas já que ambas se referem a eventos que ocorrem de modo sequencial, seguindo uma ordem numérica, compatível com o tempo mensurado por relógios. Contudo, a categoria “tempo absoluto” não participou desta fusão por representar um sentido de tempo que, além de numérico, linear, homogêneo, é independente do homem, da matéria e da energia. O sentido do tempo relativo às atividades humanas sequenciadas e constitutivas dos calendários, não necessariamente fazem referência à passagem do tempo com caráter absoluto e independente dos elementos do mundo.

Com relação às categorias “tempo da subjetividade”, “tempo e finalidade”, “tempo em si”, estas foram agrupadas na classificação designada “reflexão sobre o tempo”, já que se referem a uma ponderação sobre o usufruto do tempo e sua finalidade. Também abarca uma reflexão a respeito do que seja o tempo, sem a utilização de sua medida para defini-lo.

Já as categorias “tempo e luz”, “tempo dos astros” e “tempo do organismo” - as reunimos num único grupo designado “tempo da sinergia”. O termo *sinergia*, de origem grega (synergía), formado pelos termos *syn* - junto e, *érgon* – trabalho - significa colaborar, agir em conjunto, cooperar. Assim, este nome foi escolhido por constituir uma alternativa capaz de sintetizar a ideia principal que relaciona estas três categorias: o conceito de tempo associado ao movimento dos astros, corresponde às variações climáticas e de luminosidade do planeta que, de uma maneira geral, estão em harmonia com o chamado “relógio biológico” dos organismos. Trata-se de um termo que objetiva remeter a um acoplamento, a uma harmonia conjunta relativa ao movimento periódico dos astros e ao comportamento/funcionamento dos seres vivos. Vale frisar que esta relação está bastante evidente nas sociedades agrárias, conforme abordamos no Capítulo 3, item 3.3.

Desta forma, as oito categorias mais gerais (e finais) estabelecidas para a análise das entrevistas são:

- Tempo matemático

- Tempo da sinergia
- Tempo como transformação
- Tempo da Física
- Tempo absoluto
- Tempo sentimental
- Reflexão sobre o tempo
- Tempo como valor de troca

A seguir, forneceremos um exemplo de um trecho de entrevista com as devidas marcações das categorias. Durante a análise dos resultados, exposta no item 6.3, optamos por não incluir tais identificações (que totalizam 11 cores, 8 tipos de grifos e 6 distintas fontes de texto, além dos subconjuntos internos às categorias “tempo da Física” e “tempo e finalidade”) para não dificultar a leitura do capítulo. Além disso, tais marcações também impossibilitariam que destacássemos as frases escolhidas para expor nossas considerações neste texto.

Exemplo 1: Estudante do primeiro ano do curso de licenciatura (identificação: Estudante 11)

Entrevistadora: Para você, o que é tempo?

Estudante 11: O tempo? Quando **eu falo em tempo eu já** penso no tempo cronológico, mas tem vários tempos, tipos de tempo né?! *Tem tempo que você pode separar pelo ensino, pelo aprendizado que são tempos diferentes, eu penso isso aí.*

Entrevistadora: o tempo cronológico é qual?

Estudante 11: Ah, o que **é regido pelos ponteiros do relógio.**

Entrevistadora: E o tempo que você falou, do ensino?

Estudante 11: Então, aí...

eu acho que cada um tem seu tempo né?! De aprendizado, alguns são mais rápidos em aprender, outros são mais devagar, eu falei nesse sentido.

Após cada resposta dos alunos, construímos um quadro com as categorias encontradas, como mostra a Figura 9:

Figura 9: Quadro de categorias de uma das respostas do estudante 11

Microgênese Dimensão axiológica: tempo do organismo	Categoria	Categorias mais gerais
Microgênese Dimensão epistemológica Tempo do organismo	Tempo do organismo	Tempo da sinergia
Microgênese Dimensão epistemológica: tempo como medida	Tempo numérico	Tempo matemático

5.3 Análise dos resultados

Neste momento, apresentaremos as análises dos resultados das entrevistas das nossas amostras com os professores em formação.

Como mencionamos no Capítulo 2 (item 2.23) entrevistamos quatro estudantes de primeiro, segundo e terceiro ano e, cinco estudantes do último ano do curso. Todos estavam/estão cursando Licenciatura em Física, nos períodos diurno ou noturno, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP/SP).

Como o objetivo desta pesquisa não é a realização de uma análise de concepções individuais dos professores em formação, efetuamos a média dos resultados dos estudantes de cada ano da Licenciatura, havendo, portanto, quatro conjuntos de dados representativos das quatro amostras.

Informamos que nossos participantes são de ambos os sexos e as entrevistas foram todas anônimas, sendo utilizado no texto apenas o gênero masculino (“o aluno”, “o participante”, etc.) em referência a estes integrantes.

A seguir, iniciaremos a exposição de nossos resultados por meio da apresentação do Gráfico 1, representante dos resultados da Matriz de Organização da Polissemia do Conceito (MOP) para as quatro amostras, do primeiro ao último ano do curso de Licenciatura.

O primeiro aspecto do Gráfico 1 que vamos destacar refere-se ao maior número de respostas obtidas na intersecção entre a escala microgenética e a dimensão epistemológica do perfil conceitual complexo, para as quatro amostras do curso de Licenciatura. A escala microgenética diz respeito ao conhecimento adquirido junto as vivências próximas do participante, correspondendo a maneira pela qual o sujeito conhece o tempo. Esta categoria foi identificada quando encontramos, nas falas dos estudantes, a referência ao tempo por meio de instrumentos, sejam eles relógios, organismos, astros, luz, etc.

Também é notável, neste gráfico, o crescimento das respostas dos alunos classificadas na categoria “tempo da Física” ao longo dos anos da graduação. Interpretamos este resultado junto da aproximação estabelecida entre a atividade dominante destes participantes e o curso de Licenciatura (ver Capítulo 2, item 2.9.1). Assim, neste momento de análise, ainda que hajam imprecisões (dada a própria microgênese dos participantes) consideramos razoável justificar o crescimento da categoria “tempo da Física” principalmente devido aos avanços nos semestres da graduação, quando os alunos passam a lidar com o conceito de tempo em diferentes contextos da Física, como em Gravitação, Ótica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Relatividade Restrita.

Sobre este aspecto, entendemos que, em cada disciplina na qual o conceito de tempo participa, uma abstração (ou redução) é feita, onde o tempo é examinado e compreendido formando relações com outros elementos, tornando-se mais complexo na descensão ao mundo concreto. De fato, a complexificação do conceito de tempo foi observada em diversos momentos da entrevista e será ilustrada ao longo da exposição dos resultados neste capítulo.

Outro aspecto do Gráfico 1 que vamos destacar, refere-se aos baixos valores encontrados nas intersecções entre a dimensão ontológica e as quatro escalas genéticas (com exceção para a amostra do terceiro ano, referente à dimensão ontológica em intersecção com a escala filogenética – discutida mais adiante). A dimensão ontológica refere-se à natureza do objeto - algo que envolve certa reflexão e, muitos estudantes comentaram que somente foram pensar nesta questão no momento da entrevista. Dos 17 entrevistados, apenas 4 (aproximadamente 23% da amostra) afirmaram já ter realizado uma reflexão e discussão

sobre o conceito tempo durante alguma atividade no curso da Licenciatura em Física, ou mesmo fora da universidade. Os 77 % restantes, afirmaram não ter parado para pensar no assunto, ou participado de alguma atividade cujo objetivo fosse discutir o conceito de tempo.

Com relação às escalas ontogenética e filogenética (em comparação à microgenética e sociogenética) estas obtiveram o menor número de registros de respostas. Estas escalas referem-se, respectivamente, à concepção de tempo de outras sociedades e épocas e à concepção de tempo relativa à espécie humana. Consideramos que tais escalas remetem a um tipo de conhecimento que envolve a história do conceito, de forma que, o baixo número obtido de registros são indícios de que pouca atenção é dada aos elementos históricos relacionados ao conceito de tempo no curso de Licenciatura.

A seguir, ainda numa perspectiva de análise geral, apresentaremos os Gráficos 2, 3, 4 e 5, com os resultados da MOP organizados por amostras:

Gráfico 2: Média dos resultados da Amostra 1: estudantes de primeiro ano (MOP)

Gráfico 3: Média dos resultados da Amostra 2: estudantes de segundo ano (MOP)

Gráfico 4: Média dos resultados da Amostra 3: estudantes de terceiro ano (MOP)

Gráfico 5: Média dos resultados da Amostra 4: estudantes de quarto ano (MOP)

Ao comparar os Gráficos 2 a 5, é notável o expressivo crescimento ao longo dos anos do curso com relação à categoria “tempo da Física”, no cruzamento da escala microgenética junto à dimensão epistemológica.

Com relação às amostras do primeiro ano (Gráfico 2), as respostas dos estudantes classificadas nesta categoria correspondem, no geral, ao contexto da Mecânica Clássica, em situações envolvendo cálculos de intervalos de tempo durante deslocamentos.

A partir do segundo ano da Licenciatura, as falas dos entrevistados classificadas na categoria “tempo da Física” passaram a apresentar outros contextos envolvendo o conceito de tempo, como aqueles relativos à disciplina “Física do calor” e mesmo “Relatividade Restrita”. Esta última, ainda que estes alunos ainda não a tenham cursado, segundo relatos dos próprios alunos, a proximidade de sua realização e a vivência na universidade são fatores motivadores para a busca de informações sobre o tema, fora das disciplinas curso de Licenciatura.

Em relação à amostra 1, as disciplinas obrigatórias de Física presentes no ano inicial do curso fazem uso do conceito de tempo nos contextos da Cinemática, Dinâmica clássicas, áreas em que as situações estudadas envolvem o movimento de pessoas, veículos, etc. ou seja, conhecimentos relacionados as interações gravitacionais e de contato, numa escala de tamanho bastante próxima à utilizada em nosso cotidiano. Já no segundo ano (e principalmente no terceiro e quarto), os estudantes passam a ter contato com outros tipos de situações, em que as interações físicas também possuem outras naturezas - elétricas, magnéticas, eletromagnéticas e associadas ao calor. Desta forma, ainda que a concepção de tempo, circunscrita aos contextos destas disciplinas, seja a mesma utilizada pela ciência mecânica – tempo mensurável, linear, homogêneo, absoluto – tais novos contextos possibilitam o conhecimento do tempo em níveis de interações distintas, de modo a complexificar o sentido do tempo da mecânica, que passa a ser considerado elemento chave para quaisquer transformações e em outros níveis de interação. Trata-se do processo de abstração não apenas em nível macroscópico, mas também no microscópico - atômico e subatômico. Assim, entendemos que o estudo do tempo nos variados níveis de interação possibilita a complexificação do tempo, no sentido de percebê-lo como inerente aos sistemas físicos e relacionados a outros elementos, interações, etc.

Com relação às concepções de tempo presentes na sociedade em que os estudantes estão imersos, em todas as amostras, as dimensões que obtiveram maior quantidade de registros, de acordo com os Gráficos 2 a 5, foram a epistemológica e a axiológica. Pode-se notar que, as categorias encontradas nestas dimensões são bastante similares. Sobre como a

sociedade conhece o tempo, de um modo geral, os estudantes falaram de concepções relacionadas à medida do relógio (“tempo matemático”) e ao tempo vinculado aos ciclos claro-escuro e o movimento dos astros (“tempo da sinergia”). Já com relação ao valor e fim do tempo atribuídos pela sociedade, na visão dos entrevistados, o “tempo como valor de troca” e o “tempo calendário” (respectivamente: tempo associado ao dinheiro no sistema capitalista e à organização e coordenação das atividades humanas, que consideramos um subgrupo do tempo matemático) foram os mais citados.

Sobre às demais sociedades (escala ontogenética), os valores que mais se sobressaíram se referem ao como o tempo era conhecido (dimensão epistemológica), e nesta intersecção, os resultados obtidos também foram aumentando ao longo dos anos. Notamos que os estudantes que já concluíram a matéria “Gravitação” não se abstiveram de responder à questão da interpretação do tempo nas civilizações antigas, mencionando instrumentos como o *gnômon*, a questão da agricultura, etc. e mesmo mencionaram esta disciplina como fonte deste conhecimento. Além disso, verificamos que, quando elementos da história da ciência foram citados, quase todos (com exceção de um participante) se referiram à mecânica clássica, aos filósofos e físicos como Descartes, Galileu Galilei, Newton, e também aos instrumentos antigos de medição do tempo, como os relógios solares estudados na disciplina de Gravitação. Este resultado nos mostra que apenas elementos da história da ciência mais remotos são apresentados aos professores em formação.

Verifica-se também que, para todas as amostras, a escala ontogenética em intersecção com a dimensão ontológica obteve a menor quantidade de registros. Consideramos que, discutir a natureza do tempo, envolvendo outras sociedades e épocas, demanda uma reflexão maior sobre a gênese e a história do conceito, o que sugere pouca discussão envolvendo elementos da história da ciência nas atividades das disciplinas do curso. Com relação à dimensão axiológica, na escala sociogenética, os alunos do último ano foram os que obtiveram maior quantidade de registros: os valores e fins do tempo mais mencionados referem-se ao seu envolvimento com a ciência e com a produção de tecnologia, sendo o GPS o artefato mais citado, em virtude da correção de seus dados ser realizada com base no conhecimento da Teoria da Relatividade Restrita, o que costuma ser citado nas aulas desta disciplina, já concluída por estes participantes.

Com relação a escala da filogênese, a dimensão que obteve maior quantidade de registros foi a epistemológica. Em geral, os estudantes falaram sobre o conceito de tempo percebido pela espécie associado ao desenvolvimento do organismo (“tempo da sinergia”),

junto também do tempo matemático que, medido por relógios, determina uma duração para estes processos.

Com relação às categorias elaboradas a posteriori, a partir das entrevistas dos estudantes, apresentamos a seguir, o Gráfico X, referente a média das respostas encontrada por amostra, nestas oito categorias gerais:

Gráfico 6: Categorias a posteriori

De acordo com a representação acima, a amostra 1, de entrevistados do primeiro ano, obteve um valor maior de registros para a categoria “tempo matemático”. Este resultado já era esperado, uma vez que estes participantes estão no início do curso e, no ensino médio e mesmo em grande parte das atividades humanas, o tempo é interpretado como numérico, abstrato, associado à sua medida.

Já no segundo ano, houve um expressivo aumento de registros na categoria “tempo da Física”, principalmente porque, estes participantes mostravam-se entusiasmados com o tema da relatividade, e da Física moderna, acessando estes contextos durante a entrevista, mesmo não tendo cursado as disciplinas.

A amostra 3, referente aos estudantes de terceiro ano apresentou uma maior quantidade de registros na categoria “tempo matemático” e em seguida, “tempo da Física”.

Temos uma hipótese para este resultado. Em geral, as entrevistas com os estudantes levaram cerca de 40 a 50 minutos. No entanto, dois participantes do terceiro ano (estudante 4 e 7), por falarem bastante em suas respostas, obtiveram um tempo maior de entrevistas. O estudante 4 aliás, após o desligamento do gravador, solicitou mais um momento de gravação a fim de esclarecer uma de suas respostas.

Já os estudantes do último ano, obtiveram mais registros nas categorias “tempo da Física” e em seguida, “tempo matemático”.

Assim, entendemos que a categoria “tempo da Física” vai aumentando ao longo do curso, devido as disciplinas da área da Física que, como mencionamos, vai introduzindo o tempo em outros contextos, promovendo mais abstrações, tornando este conceito mais complexo. Percebemos que a concepção do “tempo matemático” – do tempo como um número que varia, de certa forma, é sustentada ao longo de todo o curso, mostrando o quanto esta concepção mostra-se arraigada em nossas amostras.

Para melhor explorarmos a categoria “tempo da Física”, construímos o Gráfico 7. Foi realizada a média da quantidade de falas, por amostra, que utilizaram algum contexto da Física para o desenvolvimento de ideias. Desta forma, os trechos de entrevista que apenas citaram as diferentes disciplinas da Física foram desconsiderados.

Gráfico 7: Médias da quantidade de respostas nos contextos físicos mais abordados

Os maiores valores obtidos para as turmas de segundo, terceiro e quarto anos referem-se ao contexto da Relatividade Restrita, que é buscado pelos estudantes para responder perguntas da entrevista, mesmo antes de ter realizado esta disciplina. O contexto da Mecânica Clássica também foi bastante acessado, principalmente pelos estudantes do primeiro ano.

No próximo item, discutiremos e forneceremos exemplos das falas dos entrevistados a fim de esclarecer as relações estabelecidas entre o tempo e os contextos assinalados no Gráfico 7.

5.3.1 Análise dos resultados por escalas

A fim de esclarecer e exemplificar as considerações gerais que realizamos até o momento, passaremos agora a analisar, mais detalhadamente, os resultados obtidos pelas amostras 1, 2, 3 e 4, por escala genética, apresentando trechos das falas dos entrevistados.

Para tanto, vamos expor os trechos do Gráfico 1 ampliados, por escala, para nos guiarmos durante às exposições.

Apresentamos a seguir o primeiro trecho ampliado do Gráfico 1, correspondente aos resultados obtidos para as quatro amostras na escala da microgênese, em intersecção com as dimensões epistemológica, ontológica e axiológica, do perfil conceitual complexo.

Gráfico 8: Média dos resultados do trecho referente à microgênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de Licenciatura

I. Escala microgenética, dimensão epistemológica

Podemos observar no Gráfico 8, que, para os entrevistados do primeiro ano, na dimensão epistemológica há, praticamente, uma mesma quantidade de vezes em que o tempo é vinculado à sua medida, à sua relação com o organismo e também associado ao conhecimento da Física, em especial, da Mecânica Clássica. Ilustraremos estas relações a seguir:

Estudante 9, primeiro ano: O que é o tempo? Eu diria que a marcação que a gente pode fazer com o relógio, que determinado lugar que a gente vai, que a gente quer chegar, que a gente vai demorar um tempo para chegar e que a gente pode marcar esse tempo com algum tipo de equipamento, relógio, cronômetro, etc.

Neste trecho, o estudante responde à questão *O que é tempo?* no contexto mais próximo de suas vivências pessoais (microgênese), e seu conhecimento se mostra vinculado à medida realizada por relógios e à duração mediante deslocamentos. Classificamos esta resposta na categoria “Tempo matemático”.

Sobre a categoria “tempo da sinergia”, destacamos a fala de outro participante do primeiro ano, que comenta sobre sua experiência como escoteiro:

Entrevistadora: Sem relógios, como as pessoas de sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo?

*Estudante 12, primeiro ano: Então, como eu sou escoteiro, às vezes a gente consegue medir pela posição do sol, mas é uma coisa bem difícil de fazer, leva bastante técnica e precisa de algumas coisas básicas, às vezes a gente usa alguma plantinha para medir a sombra dela e até consegue achar a direção com isso, é bem legal, mas para medir a hora, tem que ser uma pessoa bem experiente mesmo, porque precisa treinar muito para fazer isso, mas geralmente, percepção do tempo mesmo, mesmo a gente sabendo quantas horas se passam, você sabe mais ou menos a hora que você acostuma acordar e, tipo... quantas horas podem ter passado, então geralmente tem uma margem de erro de duas horas, ou para mais ou para menos, mas algumas pessoas... **você acaba sentido que horas são, por exemplo, mesmo não sabendo que horas são, agora eu sei que deve ser perto das quatro horas pelo tempo, porque eu acordei às dez e eu já tô umas seis horas acordado e isso as pessoas conseguem sentir um pouco.***

Realçamos nesta resposta os trechos relacionados às experiências vividas pelo sujeito (microgênese), num contexto externo ao curso de Licenciatura e também quando o participante se remeteu ao sentido do tempo relacionado ao organismo, de forma associada ao movimento dos astros.

A ideia de tempo relacionado à transformação e ao movimento também foi encontrada para a amostra de primeiro ano. Neste caso, o estudante utiliza o sentido da categoria “tempo matemático” relacionado ao tempo associado ao movimento dos astros e ao ciclo de seu próprio organismo (“tempo da sinergia”). Abaixo, apresentamos exemplos de falas que demonstram o conhecimento do tempo por meio das transformações. O estudante 11 responde sobre a questão de medir o tempo no escuro, e o 12 sobre o tempo ser feito de alguma coisa:

Estudante 11, primeiro ano: (...) o tempo está bastante ligado às mudanças. Se a gente não vê nada mudar, eu acho que a gente não tem noção do tempo.

Estudante 12, primeiro ano: Talvez (o tempo) não feito de alguma coisa, mas talvez ele seja alguma coisa que fazem as coisas acontecerem, tipo, ele não é uma matéria em si ou uma energia, mas talvez uma chave que faça as coisas poderem ser, essas coisas que elas são.

A categoria do tempo como transformação continuou sendo registrada para as amostras, com o diferencial de que, já no terceiro ano, ela passa a estar explicitamente relacionada ao sentido do tempo utilizado nos contextos da Física.

Também para ilustrar a presença das categorias do “tempo matemático”, “tempo da sinergia” e “tempo como transformação”, apresentamos a fala do estudante 16, do último ano:

Estudante 16, último ano: Tempo? Tempo, tempo [pausa] marca, marca história, marca o crescimento, marca o desenvolvimento, tempo é o, é a... vai acontecendo, é difícil definir sem usar a palavra tempo, é complicado, é algo que passa, não tem retorno, e marca desenvolvimento, marca amadurecimento, transformações que não, não voltam. Para mim, o grande marco é esse, transformações que não tem como voltar, ou para o bem ou para mal, aconteceu, e depois que aconteceu, virou passado e você não consegue mais acessar.

O estudante 16 considera conhecer o tempo por meio do desenvolvimento, crescimento dos seres, por meio de eventos históricos, e também através de transformações. Tais relações estão também vinculadas à ideia de tempo linear, irreversível.

Observamos também na dimensão epistemológica que, em todas as amostras, a categoria que obteve maior quantidade de registros foi a “tempo da Física”. Dada a relação dos sentidos e zonas do perfil conceitual com o contexto (RODRIGUES, 2009), entendemos primeiramente este resultado atrelado ao fato de que todas as entrevistas foram realizadas no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, local que já traz em si dêixis indicadoras

do contexto da Física, fazendo com que os estudantes buscassem mais os contextos desta ciência para responder às perguntas.

Para os alunos de primeiro ano (amostra 1) o conhecimento do tempo por meio da Física foi na maior parte das vezes vinculado ao contexto da mecânica clássica. A seguir, apresentamos a fala do estudante 9:

Estudante 9, primeiro ano: você pode pensar que o tempo existe se você fizer uma medição do tempo como o Galileu, fazia, pelas pulsações, mas se você não tem, não sabe se está de dia ou de noite, se você não está fazendo uma contagem dessa, por exemplo, para você está sempre a noite, escuro, o tempo não passa.

Esta resposta foi classificada na categoria “tempo da sinergia”, pelo fato do estudante considerar a possibilidade de medir o tempo no escuro utilizando seu organismo, e também na categoria “Tempo da Física”, na subdivisão “elemento para pensar”, quando elementos da história da ciência participam na elaboração das respostas dos alunos.

Com relação à amostra de segundo ano, a quantidade de respostas na categoria “tempo da Física” foi maior em relação ao primeiro ano. Este crescimento pode ser justificado por conta de que os alunos abordaram mais, em suas falas, aspectos relacionados ao contexto da Relatividade Restrita, cuja fonte constitui-se de livros de divulgação científica, filmes e séries. Estes alunos mostraram-se bastante entusiasmados em cursar disciplinas relativas à Física Moderna (como “Relatividade Restrita”), de modo a procurar por este assunto fora da universidade. A seguir, apresentamos uma fala de um participante do segundo ano:

Estudante 5, segundo ano: Então, assim, pra mim, eu ainda não fiz relatividade geral nem nada, mas eu tenho alguns conceitos que eu li em livros, em redes e tal. Que o Einstein atrelou o espaço ao tempo. Não precisa dar a definição de espaço né? E, conforme você coloca, sei lá, uma massa muito grande, esse espaço-tempo deforma. Eu penso que é o seguinte: a gente não sabe o que é o tempo mas pra mim ele tá com certeza atrelado a nossa noção de espaço, e eu tenho uma certa intuição que o tempo tem uma velocidade, e que essa velocidade é igual à da velocidade da luz. Porque: se a gente conseguisse ultrapassar a velocidade da luz, a gente conseguiria meio que ver o passado, aí eu tenho essa... sei lá, seria meio doido assim e.... pra mim, eu sei que o tempo também tá, o tempo tá atrelado a velocidade e ao espaço, mas eu não sei o que é o tempo, porque é um negócio muito abstrato.

Também ilustrando este interesse dos alunos por temas associados à Relatividade Restrita, o estudante 18, do segundo ano, após expressar concepções associadas ao “tempo matemático” e também ao “tempo do organismo” (ou “tempo da sinergia”) faz ressalvas devido a questões (próprias do contexto relativístico) que ouviu falar:

Estudante 18: Tempo? (...) Na minha concepção é uma grandeza, que... a gente usa pra... que a gente mede né, porque... nosso tempo... nosso tempo, né, entre aspas! Porque a gente tem um tempo útil de vida né? A gente nasce e morre. Se não fosse por isso, a gente, não acho que a gente conseguiria perceber o tempo como a gente percebe. A gente não marcaria ele de alguma forma. Então, não sei como descrever melhor do que isso.

Entrevistadora: você falou assim: que tem definições que você não entende. É alguma coisa que você já estudou ou vai estudar?

Estudante 18, segundo ano: é porque a gente tem o tempo como uma outra dimensão. Aí quando começa ir nessa visão de tempo, começa a ficar um pouco mais complicado. Não é uma coisa assim tão... tão natural de se falar. Porque, a gente tem três dimensões que são intuitivas né? A gente vê, percebe e consegue descrever. Agora, ver o tempo como uma quarta dimensão já é mais complicado.

Outro aspecto importante observado é a familiaridade de alguns alunos com o contexto da mecânica clássica, a partir do segundo ano do curso. Por exemplo, quando é perguntado sobre a possibilidade de medir o tempo na ausência de relógios e de luz, o estudante 5, do segundo ano, lança mão do contexto da mecânica clássica para pensar, elaborar soluções:

Estudante 5, segundo ano: (...) Ó, por exemplo, se tá tudo fechado, supondo, supondo, eu posso fazer um grito e calcular quanto tempo ele demora para chegar minha orelha. Mas aí eu perceberia o tempo, e conseguiria calcular o tempo que variou. Vou ter uma mínima noção de tempo assim, sabe? Agora, supondo que eu não tivesse, que eu não conseguisse falar, por exemplo, não conseguisse emitir ondas mecânicas... (...) Supondo que a gente soubesse que, não, supondo que a velocidade em torno de nós, do sol, fosse constante, a gente podia fazer um negócio muito bizarro, que é, tentar acompanhar a traje... por exemplo, ele nasce aqui e morre aqui, aí a gente calcula essa velocidade angular, e aí coloca alguma coisa com luz, que aí vai fazer, quando tiver aqui embaixo, mas que nosso relógio solar vai projetar alguma coisa, fazendo com que o movimento seja isso, mas sei lá, acho meio bizarro assim, fazer isso. Não bizarro, mas difícil.

Neste trecho de resposta, diante de uma situação nova, um contexto novo expresso no enunciado da pergunta, o estudante busca a Mecânica Clássica como instrumento para resolver o problema.

Com relação aos alunos de terceiro ano, estes já cursaram as disciplinas vinculadas à Mecânica e à Termodinâmica, e estavam cursando ou se encaminhando para fazer a disciplina de “Relatividade Restrita” e “Termoestatística”, nas quais, num determinado momento do curso, o sentido do tempo mostra-se diferente do sentido do “tempo matemático”.

Verificamos que, em geral, nas amostras de primeiro e segundo ano, encontram-se falas que relacionam “tempo matemático”, “tempo da sinergia” e “tempo como transformação”, identificados nos contextos de uso apropriados. Já a partir do terceiro e quarto ano, pudemos observar outras relações além destas, e algumas delas envolvendo também a categoria “tempo da Física”.

Destacaremos a seguir, um trecho da resposta do estudante 4, quando a este foi perguntado, durante a questão sobre a concepção de tempo dos homens e de uma espécie de mariposa: Você acha que o tempo está ligado ao ser? Ou não, o tempo é uma coisa, e o ser é outra?

Estudante 4, terceiro ano: Menina, mas... é que embora parece que o tempo seja diferente de mim, o tempo está em mim! Porque assim, parece que o tempo é uma coisa distante, mas todo o tempo, querendo ou não, o tempo está... se a gente fala: os anos estão passando, eu tô envelhecendo, tô... nas minhas memórias eu tenho os tempos passados, então ele não pode tá fora de mim! Assim, ele tá na minha memória, digamos, se eu tenho ele comigo, o que eu vivi ao longo do tempo, as mudanças que eu sofri ao longo do tempo, não pode o tempo tá fora de mim!

Esta fala do entrevistado, classificada na escala microgenética, mostra uma familiaridade maior com o conceito de tempo nos seus sentidos relacionados à transformação, à consciência, ao movimento, à vida. Percebemos aqui a relação entre categorias: “tempo da sinergia” (associado ao organismo, ao envelhecimento, à consciência), ao “tempo como transformação” (associado às mudanças sofridas pelo organismo) e o “tempo matemático”: linear, medido em anos, por exemplo. O estudante, refere-se ao objeto tempo como algo não apartado do sujeito, mas como parte dele. Consideramos, portanto, que nesta fala, os sentidos do tempo relacionados ao organismo, às transformações e à sua medida mostram-se explicitamente imbricados.

A seguir, apresentamos um trecho da fala do estudante 7, também do terceiro ano, que relaciona o “tempo da Física” com o “tempo como transformação” e o “tempo matemático”. Neste caso, a resposta também foi classificada na dimensão ontológica, quando o estudante fala sobre a natureza do tempo constituída de transformações, remetendo-se à vibração de uma corda de Planck:

Estudante 7, terceiro ano: (...) o tempo é uma concepção que existe porque precisa de coisas mudando seu estado, e coisas diferentes do que eram antes, para que haja uma variação de tempo, se não ia ser tudo exatamente igual, então acho que até o nível mais, até no menor nível atômico assim, você tem a menor definição temporal definida pela menor interação entre uma coisa. Por exemplo, qual que é a menor unidade de tempo de uma vibração de

uma corda de Planck? Deve ser menor unidade de tempo conhecida, porque deve ser a menor variação em raiz de partículas fundamentais que a gente conhece. Então acho que o tempo é só feito das mudanças.

O entrevistado 7 é classificado na categoria “Tempo matemático” quando o conhecimento do tempo é feito por meio de uma unidade de tempo, mostrando-se relacionada às transformações “tempo como transformação” e que, através da utilização de um elemento externo ao enunciado da questão (corda de Planck), o contexto da Física também é incluído “tempo da Física”. De acordo com o próprio estudante, o conceito de *corda de Planck* mencionado foi conhecido por ele através da leitura de livros de divulgação científica e de conversas em ambientes informais, externas às disciplinas do curso.

Mais adiante em sua entrevista, o estudante 7 fala sobre a presença do tempo nas diversas teorias da Física, relacionando ao sentido do “tempo como transformação”:

Entrevistadora: E durante sua vida de estudante, quais outros conceitos ou conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

Estudante 7: É...que eu estudei e está ligado ao tempo?! Tudo! Gravitação, medidas, eu posso ficar aqui...[risos]

Ah, todas as matérias, a única coisa que consigo pensar é o conceito de transformação, fundamentos de mecânica, por exemplo, a gente tem o tempo em função de alguma coisa se movendo, né?! Em ótica, teoricamente, a gente também vai ter o tempo, tipo da luz assim, a gente costuma usar estudar mais coisas momentâneas, em ótica, na planificação de um laser, mas enfim...ótica é uma transformação de um caminho da luz nas refrações e tudo também se dá porque a luz vai tentar percorrer aquele mesmo caminho no mesmo tempo, então ela vai fazer um caminho mais diferente e acabar refletindo, tudo também é transformações mas, é...

Entrevistadora: Qual é a relação do movimento com o tempo?

Estudante 7: É...diferente de posição, algo está em um lugar e depois está em outro e aí, tem que ter algum enter nessa transformação, e esse enter é a medida do tempo”.

O estudante tem claro a importância do conceito de tempo na física percolando suas teorias. Após citar diferentes contextos em que este conceito se faz presente, cria uma metáfora para o tempo como o “enter da transformação”, ou o “enter” como medida do tempo, fazendo referência à uma tecla, um comando do computador. Trata-se de uma ideia desenvolvida pelo aluno, em sua reflexão, quando utiliza seus conhecimentos em Física para discutir o problema da ontologia do tempo. Para nós, estas duas últimas falas apresentam indícios da terceira ordem de aprendizagem, uma vez que o estudante transita entre contextos utilizando adequadamente os diferentes sentidos do tempo: o sentido do tempo matemático (numérico, sequencial) mostra-se imbricado às transformações, que podem ser representadas

por um elemento externo (corda de Planck) pertencente ao contexto da Física Moderna. Assim, consideramos que o participante transitou entre os sentidos do “tempo da Física”, “tempo como transformação” e “Tempo matemático”.

Além disso, o estudante 7, apesar de não ter cursado a disciplina “Relatividade Restrita”, teve grande parte de seus registros classificados na categoria “tempo da Física” vinculado à esta teoria. Apresentaremos um destes trechos de sua fala:

Entrevistadora: Considere a seguinte situação, um astronauta a bordo de uma astronave e enviado a uma estação espacial muito distante da Terra, a uma velocidade extremamente alta, o tempo seria modificado? Como a sua sociedade e cultura poderiam saber disso?

Estudante 7, terceiro ano: Acho que essa pergunta está faltando coisas né?!

Entrevistadora: Sim, ela está bem aberta...

Estudante 7, terceiro ano: Tipo, o tempo seria modificado para quem?

Entrevistadora: Para quem você quiser.

Estudante 7, terceiro ano: Então, a gente tem três pontos a analisar nessa questão, o referencial inicial da Terra, o referencial inicial do astronauta dentro da nave e o referencial inicial da estação espacial da onde ele está indo, porque o referencial inicial da terra já estava quando ele saiu da nave, o tempo vai estar se comportando de certa maneira, depois que ele começou a acelerar com a nave numa velocidade muito alta, ele vai sofrer, o astronauta e a nave, vão sofrer deformações características nas suas dimensões e na maneira como o tempo passa para eles e para o astronauta na nave, o tempo vai sofrer uma dilatação e vai ter passado menos tempo para o astronauta do que o tempo passado na Terra, então o tempo vai estar diferente, então realmente o relógio do astronauta vai passar menos tempo do que o relógio de quem está na terra, agora na estação espacial é...pode ser que o relógio ainda passaria mais rápido do que na Terra, por que quem está na Terra está mais próximo do campo gravitacional da Terra e irá sofrer modificação temporal também, bem grande.

O tempo não vai ser exatamente igual na estação espacial do que na Terra, é mas também não vai ser exatamente igual ao astronauta que está em movimento, sim, tem uma diferença no tempo para quem está se movendo mais perto da velocidade da luz.

Entrevistadora: Você está falando em três tempos então

Estudante 7, terceiro ano: É, bom, basicamente, na Terra, se você medir exatamente todos os dados para todo mundo, ninguém vai estar sofrendo uma mesma dilatação temporal, porque, minimamente, vai estar todo mundo se movendo em velocidades diferentes.

Entrevistadora: Você falou em dilatação, você acha que essa dilatação acontece mesmo ou é só teoria?

Estudante 7, terceiro ano: Eu acho que é uma concepção complicada, porque eu acho que na dilatação temporal acontece, mas por exemplo, as propriedades físicas dos componentes

do relógio do astronauta, as peças deles vão estar mais distantes entre si, as engrenagens dele vão levar mais tempo para rodar, eu acho que é isso né?! É, para luz poder se mover em velocidade constante dentro da nave do astronauta e ele conseguir também ver as coisas fora também, mais ou menos da mesma maneira, é...as propriedades físicas que não são a velocidade da luz, ou seja, a distância que ele está andando, a distância da nave e o tempo que vai levar esse movimento vão acabar sendo dilatações equivalentes para que se iguale os quilômetros iniciais, então vai ter, assim, uma dificuldade, porque, as interações entre as moléculas do relógio e as interações moleculares do corpo do astronauta vão estar um pouquinho mais distante entre si, então o astronauta vai demorar um pouquinho mais para chegar de uma partida para outra, não é que as coisas vão demorar mais para acontecer, é que vão acontecer em um tempo mais longo dentro da nave.

Desde o início, quando é feita a pergunta, o estudante percebe a ausência de informações no enunciado e, então, formula sua resposta sobre três pontos de vista. Mais adiante, realçamos a parte em que o entrevistado fala com profundidade sobre a questão da dilatação do tempo (parte realçada) usando suas próprias palavras, suas reflexões.

Como mencionamos, este estudante do terceiro ano do curso não havia feito a disciplina de Relatividade Restrita. Por isso, perguntamos a ele que tipo de atividade havia realizado associada ao contexto relativístico, para que pudesse responder as questões com tal familiaridade. Perguntamos se o aluno já tinha cursado a disciplina de Relatividade mesmo que de modo incompleto, ou feito alguma matéria optativa sobre a teoria, etc. O participante explicou que não havia feito nenhuma disciplina relacionada ao tema, e nos contou que gosta do assunto e, por isso, leu o livro “O universo elegante” de Brian Greene, e também que costuma conversar com seus amigos sobre o tema, momento que o ajudava a refletir.

Ainda sobre o contexto da Relatividade restrita, apresentaremos também algumas falas de entrevistados que já cursaram efetivamente esta disciplina. Seleccionamos alguns trechos, em especial, que trazem um aspecto comum entre os entrevistados, sobre a validade do sentido relativístico do tempo fora da teoria.

A seguir, ao estudante 8, do terceiro ano, num dos momentos em que o contexto da Relatividade restrita estava presente, foi perguntado:

Entrevistadora: você acha que a dilatação do tempo só acontece na teoria? Acontece, ou não, é só teórico?

Estudante 8, terceiro ano: [pausa] É, eu diria que o que acontece na teoria, eu concordo sim, e me arrisco a dizer, que acontece na prática, de verdade também. Então, é o exemplo, por exemplo, do GPS que teve que evitar uma velocidade que não é tão grande assim, mas está, sei lá, sessenta mil quilômetros por hora, enfim...mas, dado algum, passado algum tempo aqui, ele não ia conseguir tirar a força precisa, lembra do desfalque, que vai

crecendo exponencialmente, por uma hora, por um dia, que ele erre um pouquinho o relógio do GPS lá, do satélite lá, está diferente do da Terra por muito pouco, alguns centésimos, mas, em uma semana, já vai ser alguns minutos ou horas, enfim (...)

Esta fala nos mostra que, a dilatação do tempo é vista como algo muito distante do aluno, de modo que ele se “arrisca a dizer” que ela ocorra na vida prática, dada a existência do GPS.

Outro estudante de terceiro ano, quando perguntado sobre a possibilidade de alterar o tempo, também fez uso do sentido do tempo associado ao contexto da Relatividade Restrita:

Estudante 4, terceiro ano: Vou ser bem sincero, é que, pensar que o tempo dilata, que o espaço contrai, é muito difícil. Eu não sei nem explicar direito como olhar o tempo dessa maneira. Como que existe um tempo negativo? Não sei... mas será que esse tempo tá ao meu alcance? Na verdade esse tempo da relatividade, ele existe, mas não é perceptível por nós. Nós, reles seres comuns, cê não para pra pensar que isso existe. Mas eu não sei se... posso influenciar? (pausa) não sei se eu posso influenciar nesse tempo. É que eu tô pensando no caso da bomba que explodia, e se ia salvar a pessoa, qual a velocidade que tinha que ir para chegar... uma coisa louca!

Esta resposta nos mostra que, o sentido do tempo relativístico parece ser estranho ao aluno. Destacamos as partes em que o entrevistado fala sobre a dificuldade de compreender este sentido, e da “loucura” presente das situações em que é utilizado. O participante fala: “nós, reles seres comuns”, apontando para a distância entre as situações experienciadas na vida cotidiana e a situações “loucas” e inusitadas presentes nos enunciados dos problemas da cinemática relativística.

Num outro momento da entrevista, sobre a pergunta que envolve um astronauta viajando para uma estação espacial muito distante da Terra, a uma velocidade extremamente alta: *O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?*

Estudante 4: Ó, a gente sabe que o tempo pra ele muda, mas depende do referencial né?

Entrevistadora: Então o tempo seria modificado, pra ele?

Estudante 4: Pra ele, pra ele sim. Pra gente também, porque depende do referencial que olha. Mas aí falando fisicamente, né? Tô tentando lembrar quando é que o espaço contrai e quando dilata, porque acho muito difícil de visualizar. Mas, depende do referencial, tanto pra um quanto pra outro vai mudar.

Entrevistadora: E como que a gente saberia disso? Como você sabe disso?

Estudante 4, terceiro ano: Eu sei por causa da física. Por causa do estudo de relatividade da física. (...) Até então achava que o tempo era uma coisa linda, não tinha nada disso, do tempo ser relativo.

Neste trecho, percebemos certo desconforto do estudante com relação ao sentido do tempo relativístico. Ele procura se lembrar em que condições há dilatação ou contração do espaço e, por fim, comenta que este sentido transformou sua concepção de tempo, porém, de forma a dificultar sua compreensão.

Apresentaremos mais um exemplo deste entrevistado, na pergunta: *O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?*

Estudante 4, terceiro ano: (pausa) como assim?

Entrevistadora: É, vocêalaria que o tempo tem um formato?

Estudante 4, terceiro ano: Acho que o tempo tem um ciclo... tem um ciclo, 360 graus, pode ver, começa aqui ó, aí vai indo, indo (mostrando os ponteiros do relógio)... (risos) o tempo, uma curva, um espaço? Assim, eu acho que você pode ser criativo e fazer um diagrama lá, fazer um coração, e determinar que, por exemplo, com as horas do dia, não sei... sei lá, alguma coisa... não sei! Como assim curva? Não sei!

Neste caso, para responder à questão, o estudante buscou o contexto da Mecânica para respondê-la e, com certo humor, afinal, o sentido de tempo matemático mostra-se incompatível com um contexto no qual o tempo possa ter formato, ou curvar-se.

Com relação aos participantes do último ano, nos trechos das entrevistas a seguir são expostas dúvidas com relação à dilatação temporal ser exclusivamente teórica ou ocorrer também na prática:

Entrevistadora: O tempo pode ser alterado? Como?

Estudante 1, último ano: Não, não não, não... acho que não... olha, até hoje eu nunca vi!

Entrevistadora: assim, alterar! Em que sentido você pensou?

*Estudante 1, último ano: Controlar. Controlar, em ir mais rápido, ir mais lento, é... a única coisa que me faz pensar nisso é a parte da relatividade, que... aquela coisa, velocidades muito altas, cê acaba tendo a... uma distorção do espaço-tempo, **mas eu não sei se esta distorção, ela, ela é só uma impressão ou ela é real, se ela realmente acontece. Acho que é uma impressão por conta disso...** tem a, tem o...o.. paradoxo dos gêmeos, aquela coisa, vai para outro lugar, volta desse outro lugar, é um paradoxo! Tanto é que o... se o professor colocar isso na prova não tem resposta, ah, é: ficou mais velho, não ficou mais velho, mais jovem, não tem, é um paradoxo. Na teoria tem! **Na teoria você pode fazer o que você quiser!***

Realçamos as partes acima que trazem a ideia da distância entre um conhecimento referente à Relatividade Restrita e o mundo real, fora das teorias e dos livros. Isto, para nós, se compara ao distanciamento entre o sentido do tempo relativístico e o mundo já observado

para os entrevistados 4 e 8 do terceiro ano (que também já realizaram a disciplina de Relatividade Restrita).

Mais adiante, este estudante 1 refere-se a um objeto também pertencente ao contexto da Teoria da Relatividade Restrita:

Entrevistadora: Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Estudante 1, último ano: Ai eu já vi isso uma vez... não essa pergunta, mas eu já vi esse, esse... meio que uma consideração que lidava com isso sabe, passado, futuro, presente, com uma linha do tempo, e isso você considerando velocidade altíssimas, e... mas eu, eu... eu não me lembro, lembro de ser algo... presente no centro, um cone, é... abrindo assim, como um cone assim, tipo, futuro, e o passado era um cone chegando... era uma seta chegando, um cone fechado, fechando pro presente, e o futuro era um cone só que abrindo, com umas setas assim, indicando pra cima... agora, relações e... eu nem lembro se tinha mais setas, pra onde apontava... eu não me recordo. Mas... também tinha a ver com relatividade, foi em... não lembro que livro que foi isso.

Nesta questão, o estudante 1 foi remetido ao contexto da relatividade restrita, lembrando-se do conceito de *cone de luz*. No entanto, ele afirma não saber explicar este conceito, demonstrando dificuldade para enuncia-lo e utilizá-lo. Consideramos que tal resultado é um indicador de que as atividades propostas durante o curso de relatividade da graduação, envolvendo o cone de luz, não foram eficazes para que este conhecimento seja utilizado. Nossa hipótese é a de que, a questão do cone de luz, quando trabalhada em sala de aula, é feita de uma forma muito rápida, sem que haja atividades específicas objetivando sua compreensão. Este foi o único participante a mencionar o *cone de luz*.

A seguir, apresentamos uma fala do participante 2, do último ano, também relacionada ao contexto da disciplina Relatividade Restrita:

Entrevistadora: O tempo pode ser alterado? Como?

Estudante 2, último ano: Alterar o tempo... bom aí, deixa eu pensar, alterar o tempo... e que aí a gente cai naquela questão do que é o tempo né? Se a gente pode alterar o tempo... bom... talvez, se a gente vivesse de alguma outra maneira, talvez o tempo fosse diferente... se a gente consegue alterar o tempo... a menos que, como a gente aprendeu em relatividade, se você acaba viajando em altas velocidades, próximas da luz, você consegue alterar o tempo, pra você pode ser um... mas, alterar o tempo como um todo, eu não consigo responder.

Entrevistadora: Ah, mas assim, então tem algumas formas vai, pela relatividade você falou uma!

Estudante 2, último ano: Sim, mas aí esse tempo seria pra mim!

*Não seria o tempo para todo mundo. O tempo pra mim, eu conseguiria, o tempo iria ser um, mas para outra pessoa que está num outro lugar, que não está viajando, está paradinha, talvez fosse diferente... o tempo em relação às duas pessoas, **agora se for mudar o tempo, se essa mudança valesse para todo o universo, aí eu não sei se a gente conseguiria fazer isso***

Entrevistadora: Você acha que existe o tempo da pessoa que viaja, cada um com o seu tempo, mas que existe o tempo do universo?

Estudante 2, último ano: Sim, sim.

Entrevistadora: Que seria o tempo como uma referência?

Estudante 2, último ano: Seria o tempo como uma referência! Seria o tempo como uma referência.

Nesta resposta, o estudante 2, conforme as frases realçadas acima, considera a existência de um tempo externo ao homem, “o tempo como um todo”, que pode ser tomado como referência, mesmo no contexto da relatividade restrita. Para nós, essa fala corrobora para sugerir que, a predominância de atividades de resolução de exercícios, cujos resultados são numéricos, podem não ser tão eficientes para a compreensão do conceito, seu sentido e contexto de validade, uma vez que o sentido do tempo absoluto, correspondente ao sentido da Mecânica Clássica se fez presente no contexto relativístico.

Já o participante 13, do último ano do curso informou que fez um trabalho sobre o tempo, para apresentar em um seminário na disciplina optativa “Evolução dos Conceitos de Física”. Num outro momento, quando perguntado sobre a relação entre o espaço e o tempo, o estudante comenta que esta é uma relação profunda, e que gostaria de compreender melhor:

Estudante 13, último ano: principalmente pela relatividade, eu acho que o tempo tá muito conectado com outras coisas, ele não é uma coisa isolada... então, a gente fala que é uma grande ideia de espaço e tempo, que é uma ideia que eu acho que é muito profunda que eu não entendo, que é assim, fiz relatividade, sei algumas coisinhas, mas é muito mais profunda... sei que tem essa relação entre espaço e tempo, mas é uma coisa muito mais profunda e que assim, eu não, não... consigo entender ainda, tenho que estudar melhor.

Entrevistadora: Você falou que deve ser uma relação bem profunda, que a gente não explora...

Estudante 13, último ano: É, exatamente, eu acho que é muito pouco explorado e até a gente fica sempre com a impressão de que essa ideia foi o Einstein que teve, pela primeira vez, e na verdade não foi! Tipo, foi o professor dele, o Minkowski, Hermann Minkowski, foi ele que usou, ele usou o trabalho do Einstein para modificar e chegar nessa primeira ideia, tipo de espaço-tempo (...)

Destacamos a frase em que o estudante comenta a sobre a falta de elementos históricos no ensino aprendizagem do sentido do tempo relativístico. Segundo o participante, tal falta faz com que Einstein desponte como único responsável pela elaboração da teoria da relatividade restrita.

O aluno também faz ressalva sobre cursar mais disciplinas da Física para entender melhor as teorias:

Entrevistadora: E você já fez relatividade geral?

Estudante 13, último ano: Não, não fiz.

Entrevistadora: não tem na licenciatura, né!

Estudante 13, último ano: Não, ainda não tem.

Entrevistadora: Só se você fizer optativa!

Estudante 13, último ano: Então, aí... nem... pra fazer e não aprender também, aí não adianta né? Eu cheguei nessa conclusão! Eu tinha muita... tinha vontade de fazer as matérias do bacharelado, mas, aí eu vejo que elas não são muito diferentes das físicas que tem na licenciatura, então...é, eu ainda quero estudar, mas por vontade mesmo, à parte, sabe? Tipo, ir nas fontes e... sem ficar preocupado com lista de exercícios, nem nada disso!

Esta última consideração destacada vai ao encontro de nossa tese acerca da necessidade dos alunos de licenciatura, futuros professores de Física, se relacionem com o conceito de tempo de uma outra forma, que não seja a resolução de exercícios. Também chamamos a atenção para o fato de que, esta foi a única vez que algum elemento da história pertencente ao contexto da relatividade restrita foi registrado. Em todos os outros casos, os elementos históricos encontrados correspondem ao campo da Mecânica Clássica.

Ainda na categoria “tempo da Física” da microgênese, o estudante 13 estabelece uma relação entre o sentido do tempo relativístico e o sentido correspondente à categoria que designamos “tempo sentimental”:

Entrevistadora: Mas você acha que existe um tempo no Universo, um tempo como um todo?!

Estudante 13, último ano: É, então, essa é a minha dúvida, porque...

Entrevistadora: Você acha que existe um tempo externo?

*Estudante 13, último ano: Então, essa é minha dúvida, eu tenho mais a tendência de achar que não, que é **muito essa questão de cada um, é, cada um ter um intervalo de tempo próprio, que assim a única aproximação que eu consigo fazer de tempo físico com o tempo***

psicológico é que quando você mede o intervalo de tempo, quando você mede algum evento, você mede num sistema de referência que você tá, que na relatividade a gente fala intervalo de tempo próprio, e aí eu acho que a única coisa que faz sentido é com o tempo psicológico, é isso, ou que talvez esse intervalo de tempo próprio representasse o tempo psicológico que você tem nesse referencial assim, tipo [pausa] mas para mim, a conceituação de tempo, ela, tipo, o tempo para mim é um conceito ainda, eu não consigo, não consigo afirmar com toda certeza que há algo intrínseco na natureza, porque aí é justamente o que você perguntou, se existiria um tempo único, eu acho que essa ideia de pensar em um tempo único é, é, seria a de voltar para a ideia de Newton de um tempo absoluto, eu acho que não tem isso.

Nesta fala, o estudante 13 utiliza o sentido do tempo relativístico e absoluto nos contextos apropriados, procurando estabelecer uma relação com outro sentido do tempo: o tempo psicológico, que para nós corresponde à categoria “tempo sentimental”. Consideramos que esta fala contém indícios da terceira ordem de aprendizagem, uma vez que o participante é capaz de transitar entre contextos, utilizando seus sentidos de forma apropriada.

Ainda sobre a categoria “tempo da Física”, abordaremos agora o contexto da Termodinâmica, mais especificamente o sentido do tempo associado à “seta do tempo” e à entropia.

Com relação aos estudantes de primeiro ano, estes demonstraram não conhecer a relação entre entropia e tempo. Este resultado é justificado pelo fato de que tais alunos ainda não cursaram as disciplinas “Física do calor” e “Termoestatística”. Já sobre a amostra do segundo ano, dos quatro integrantes, dois deles já haviam concluído a disciplina “Física do calor” e, destes dois, apenas 1 comentou conhecer este sentido do tempo termodinâmico:

Estudante 5, segundo ano: (...) tem a questão da entropia também, que fala sobre a seta do tempo, que... um sistema tende a ser mais desordenado, então, por exemplo, eu solto esse copo aqui ele tende a ser mais desordenado. E eu não consigo fazer um sistema, assim, grande, porque, fazer que a entropia volte.

Lembramos que foi perguntado diretamente aos participantes se eles haviam estudado, discutido o conceito de tempo na disciplina “Física do calor”, se conheciam a seta do tempo, a relação do tempo com a Termodinâmica. O estudante 18 afirmou já ter completado já o curso, porém, não se lembra de ter aprendido esse conteúdo. Nossa hipótese é a de que, como as discussões sobre o sentido do tempo termodinâmico é muitas vezes realizada rapidamente, pode ser que o estudante tenha faltado, ou se esquecido, e também pode não ter sido cobrado em provas.

Com relação à amostra 3, relativa aos estudantes de terceiro ano, não encontramos associações entre o tempo e a entropia, mesmo quando perguntado diretamente aos alunos. (Fazemos a ressalva de que, ao estudante 7, esta pergunta não foi feita, de modo que, para ele, apenas podemos afirmar que, na ausência de dêixis indicadoras do contexto da Termodinâmica, o estudante não mencionou o sentido do tempo relacionado à entropia).

A seguir, apresentamos uma fala de um participante do terceiro ano, que explicita a ausência do sentido do tempo relacionado à seta do tempo.

Entrevistadora: Quais conhecimentos, conceitos físicos estão relacionados ao tempo?

Estudante 8, terceiro ano: É... olha, tá, vamos ver se eu saberia dizer... as matérias que aparecem mais o tempo... na minha opinião... óh, as que não aparecem, eu vou te justificar... termodinâmica, dificilmente aparece o tempo assim, a termo está interessada no equilíbrio térmico, não em quanto tempo demorou para o gelo transformar em água, mas eu quero saber o quanto de energia foi transferida, termodinâmica não inclui tempo. É... oscilações de ondas, dificilmente, as vezes, você calcula a velocidade da onda no alto, mas pouco, o exercício, na real, a gente quer saber quanto a onda vai deformar, o quanto de força, ou...ou a oscilação de um período mais.

Entrevistadora: Pois é, e tem o tempo.

Estudante 8, terceiro ano: É, mas...

Entrevistadora: Nenhuma matéria explorou a questão do tempo?

Estudante 8, terceiro ano: A que explorou foi relatividade.

Entrevistadora: Que fala mais do tempo?

Estudante 8, terceiro ano: Fala mais, um pouco de física moderna. Mas, assim, oscilações de onda, tinha tempo lá. Tinha, mas, é... (...) Filosofia da física, é uma optativa, eu fiz e... explorou o tempo... é... filosofia da física, principalmente, é. Agora, mecânica, é, às vezes, você acha o tempo de encontro do acidente dos carros.

Assim, até o momento, com relação às amostras 1, 2 e 3, encontramos apenas uma vez o sentido do tempo associado à entropia. Já para a amostra de quarto ano, dos cinco estudantes, encontramos este sentido do tempo para dois alunos participantes:

Entrevistadora: E com a Termodinâmica, você acha que o tempo está relacionado com ela?

Estudantes 16, último ano: Eu acho que a termodinâmica, ele aparece de forma mais implacável, que é onde você percebe que existe um sentido único, onde você percebe que uma ação aqui você não consegue voltar atrás, você alterou o sistema de uma forma definitiva, por mais que seja um negócio pequeno, de uma forma meio que incontrollável, se o homem tem a temperatura dele, eu mudei o estado inicial dele, ele nunca mais vai ter a

mais forma que ele tinha antes, eu posso voltar, ter a mesma quantidade de energia que tinha antes, posso voltar a ter a mesma temperatura, mas as minhas, as minhas partes vão estar distribuídas de outra forma, energia vai tá distribuída de uma forma diferente lá dentro, não vai ser mais aquilo que foi há tempos atrás, eu posso até voltar a ter a mesma quantidade total, mas como isso está distribuído lá dentro não!

Entrevistadora: E essa ideia, de que, por exemplo, esse celular, ele pode se espatifar, mas não se desespatifar!

Estudante 16, último ano: Isso, ele não consegue voltar e se remontar. Eu sei que uma vez que o negócio aconteceu, a informação foi, você não tem como voltar, alguma coisa se perde nesse momento, que você não tem o vínculo para trazer de volta, fazer o caminho de volta, você consegue ver os rastros do que aconteceu e entender o que está acontecendo, mas você não consegue voltar de forma que “ah, vou consertar isso voltando.” Não, você teria que fazer esse conserto de outra forma, para que esses eventos, então no futuro vão estar consertados, mas não porque você voltou para forma não quebrada.

Isso aí a gente vê em termodinâmica né?!

É, essa questão da coisa que depois que aconteceu, você pode até tentar voltar, mas você tem um gasto disso também.

O estudante 13, a seguir, fala do tempo associado ao contexto da Termodinâmica, sem que hajam dêixis indicadoras desta teoria. Lembramos que, este entrevistado é aquele que preparou um seminário sobre o conceito de tempo na disciplina optativa “Evolução dos Conceitos da Física”:

Estudante 13, último ano: É... muito difícil, me vem várias ideias, tanto é que assim eu já fiz... teve uma disciplina aqui que a gente apresentou um seminário sobre tempo, a gente fez uma...é...algumas classificações que são comuns, de diferentes tempos, físico, psicológico, esse tipo de coisa. Bom, nesse trabalho, eu já amadureci alguns questionamentos e tipo, é mesmo na física, não existe um tempo único, cada, cada teoria física vê o tempo de um jeito, então na mecânica clássica, tempo absoluto, na relatividade, é relativo e na termodinâmica, o tempo tem um sentido preferencial, segundo Boltzmann, então...e na mecânica quântica, fica tudo mais esquisito assim, tipo não, eles nem entram nessa questão do que seria o tempo, eu, eu não sei, eu... para mim, o tempo é... é... é algo muito abstrato

II. Escala microgenética, dimensão ontológica

Sobre a dimensão ontológica, vamos dar exemplos de falas pertencentes à amostra 1, correspondente aos alunos de primeiro ano, que obtiveram destaque nesta escala, obtendo maior valor na categoria “tempo absoluto”. Seguem algumas de suas falas:

Entrevistadora: Você acha que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

Estudante 9, primeiro ano: [pausa] Hmmm, não, acho que não, mas eu não sei te explicar porquê, porque isso é muito abstrato. Acredito que a linha do tempo seja uma linha e não uma curva ou uma deformidade. A gente chama de linha do tempo porque vem daqui para cá e...

Entrevistadora: Vai para o futuro?

*Estudante 9, primeiro ano: Sim, exatamente, **sem sofrer nenhum tipo de alteração**.*

Este estudante do primeiro ano, afirma não saber explicar o motivo do tempo ser linear. Para nós, a concepção de um tempo não passível de sofrer “nenhum tipo de alteração”, realçada acima, é compatível com a noção de tempo absoluto da Mecânica Clássica. Já o participante 12, também do primeiro ano, fala sobre a presença do tempo “em todo lugar”, e passando da mesma forma:

Entrevistadora: Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado?

Estudante 12, primeiro ano: Então, eu acho que não, não seria modificado, mas ele... ele só passaria rápido, porque quando você está em uma velocidade alta, o tempo em si não muda, mas sua percepção do tempo muda porque você faz uma coisa que não é para você fazer tão rápido, muito rápido, por exemplo, você viajando no espaço como exemplo disso não é para você chegar lá tão rápido, as pessoas estão acostumadas no máximo com a velocidade de um avião que é mil quilômetros por hora, vamos dizer assim, e isso a gente chama de fuso horário, o tempo praticamente não muda para você, você está acostumado a acordar a uma hora e para onde você está indo, essa hora não é a mesma, então esse tempo para você ele muda, mas o tempo em si, ele não sofre nenhuma mudança, você que está mudando dentro dele, então quando você faz essa viagem nessa velocidade muito longa, você vai para um outro lugar que o tempo é outro muito rápido, então o tempo para você, ele muda, mas o tempo em si, ele continua o mesmo.

Entrevistadora: mas, e se não for na Terra, sair do planeta, aí você não tem mais fuso horário...

Estudante 12, primeiro ano: Então, aí ele continuaria igual, porque para onde você vai ninguém sabe que horas são, que dia é, então o tempo ali, ele é totalmente desconhecido, ele existe ali, mas ninguém sabe, então quando você chegar ali, vai ser o seu tempo, o que você falar, a medida que você falar do tempo, vai ser aquela, então por exemplo, as diferenças entre segundos, dias, tudo mais, ninguém vai saber, o tempo ali é só uma coisa que ninguém sabe o que é, então quando você chegar lá, vai ser aquilo, vai se tornar aquilo, então a mudança dele vai ser do nada para quando você chegar.

Neste trecho exposto acima, “alterar o tempo” para este participante o faz acessar o sentido do tempo matemático, relacionado aos fusos horários, e que são diferentes por conta da questão das diferentes localidades no planeta.

Contudo, num determinado momento, o estudante 12 refere-se ao buraco negro, (parte da resposta classificada no subgrupo “elemento para pensar”, pertencente à categoria “tempo da Física”), que corresponde a um conhecimento adquirido fora das disciplinas da Licenciatura:

Estudante 12, primeiro ano: (o tempo) é uma coisa que tá em todo lugar, eu não sei se é certo dizer isso, mas o tempo todo, e acho que nada poderia esticar ele, tipo fazer ele em si passar mais devagar ou não sei... dizem que no buraco negro, o tempo não passa, como se não tivesse tempo lá e eu não sei se isso é possível porque eu não sei muito sobre buracos negros (...)

Neste caso, o participante aborda o contexto dos buracos negros e reconhece ser este diferente daquele costumeiramente utilizado na Mecânica Clássica, na qual o sentido do tempo absoluto, numérico, homogêneo, linear, mostra não ser apropriado. Esta fala é bastante interessante pois mostra o buraco negro como um elemento capaz de expor a validade do sentido do tempo da mecânica.

Com relação a um participante do terceiro ano do curso, o estudante 8, a presença da categoria “tempo absoluto” foi encontrada em destaque em seus resultados. A seguir, um exemplo da fala deste entrevistado:

*Estudante 8, terceiro ano: Eu acho que o tempo é uma co... sei lá... é algo assim... tá, é algo que é um absoluto, na minha opinião, de maneira, assim, relativa, assim, como Einstein descreveu, que o tempo pra mim não é o mesmo tempo para um outro observador, não necessariamente. Mas **ele é absoluto em essência**, eu acho que... ele... assim como o espaço, assim como o espaço é absoluto, e deve ser considerado absoluto para explicar alguns fenômenos, o tempo eu acho que, também.*

Entrevistadora: Então, tudo bem, Einstein falou: cada um tem o seu tempo, mas você acha que, na essência, o tempo é...

*Estudante 8, terceiro ano: **É... não, é minha opinião, nunca estudei nada** mas, embora ele, eu possa medir o tempo de maneira diferente do que outra pessoa, a gente mede alguma coisa que ela existe em si, assim, sabe, não sei se, é como se eu pegasse isso aqui e eu medisse com uma régua e achasse assim, 15 cm, e você mede e acha 10 cm, não importa, nossas medições são separadas, mas a gente mediu algo em si, alguma coisa, e não uma criação da nossa cabeça, o tempo como se fosse criação do homem, do ser humano. Eu acho que... (o tempo) é algo que existe antes do homem estar presente, assim, não sei se você...*

Entrevistadora: Ah tá, independente do homem.

Estudante 8, terceiro ano: Independente do homem! Veio antes de nós e vai continuar depois que a gente se extinguir no futuro... é uma alguma coisa que, é como se fosse o éter. Não sei, uma coisa bem ampla! Não sei como você vai passar a limpo depois isso, mas, enfim, é a minha opinião.

Realçamos a parte que o estudante fala “que nunca estudou nada”, pois ela traz um indício de que, apesar dele estar no terceiro ano de Física, discussões sobre o conceito de tempo não costumam aparecer nas atividades realizadas nas diferentes disciplinas da área de Física. Também destacamos a opinião do aluno, que, mesmo conhecendo outros sentidos para o tempo, afirma que o tempo em si, é absoluto.

III. Escala microgenética, dimensão axiológica

Sobre o valor e fim do tempo, a valorização do tempo na categoria “Tempo matemático” ocorre quando o participante fala sobre a importância de aprender sobre o tempo para fins de organização das atividades. Tal finalidade relaciona-se com os propósitos dos calendários (ver Capítulo 3, item 3.5), sendo classificado na categoria “tempo calendário”, subgrupo da categoria mais geral “Tempo matemático”. Apresentamos a fala do estudante 9, do primeiro ano:

Entrevistadora: O tempo vale alguma coisa para você?

Estudante 9, primeiro ano: Para mim, sim. Eu tenho que me organizar bem, as minhas 24 horas que tenho do dia, para poder exercer minhas atividades, desde do momento que eu acordo de manhã para ir trabalhar até a hora que eu saio da faculdade para ir para casa para poder dormir. Tem que organizar bem, senão desanda tudo, não consigo estudar as matérias que tenho que estudar, fazer trabalho, é... desempenhar bem a minha função no emprego, então o tempo é muito importante.

Sobre a categoria “tempo sentimental”, todos os entrevistados conhecem esse sentido do tempo. Como exemplo, apresentamos a fala do estudante 1, do último ano:

Estudante 1, último ano: É as vezes você está naquele lugar que você fala: nossa, cara, que porre, meu Deus, e aí cê fica lá, passa o tempo passa o tempo, aí você olha no relógio passou 5 minutos... aí ce fala: ah não, não brinca cara... acho que essa é uma impressão meio louca, uma impressão meio maluca, acho que tem mais a ver com a parte de... essas impressões tem a ver com a... a parte de relações humanas, que aí entra, pô, ééé... como é que tá sua mente? Só a mente tá muito tensa, sua mente tá muito... é... sei lá, num tá num... não está agradável o local pra você, aí o tempo não passa... mas, quando o negócio tá bom, quando a sua mente está fluindo, tá em... sei lá, meio estranho mas parece que, às vezes a gente tá em sintonia com o lugar e com as pessoas, nossa, cê... se passar 1 hora, 2 horas, 3 horas e, você não vê. Nem se preocupa.

E, sobre a categoria “reflexão sobre o tempo”, são classificadas respostas que contemplam três subcategorias: “tempo e finalidade”, quando o participante fala sobre a

importância de aprender sobre o tempo, “tempo da subjetividade”, quando o tempo é valorizado em atividades que são relevantes para o sujeito, e também na categoria “tempo em si”, quando o estudante faz questionamentos sobre o que seja o tempo, muitas vezes mostrando a diferença entre medir o tempo e compreendê-lo em sua essência, como exemplificamos na fala do estudante 1, do último ano:

Estudante 1, último ano: Olha, eu acho que o tempo não é feito de nada, eu acho que, o tempo não... porque feito de alguma coisa, eu penso que seja algo que você consiga... algo que você consiga detectar talvez... não necessariamente algo que tenha massa... hmm fóton não tem massa, mas você consegue detectá-lo, e... o tempo, eu, eu não vejo algo que consiga detectar o tempo, mas aí também, eu... mas, na minha cabeça fica, pô, o relógio detecta o tempo? Não sei, eu acho que, o relógio conta o tempo... eu não sei se o relógio contar o tempo, necessariamente significa que ele detecta, esse tempo, afinal se você está contando talvez você esteja detectando algo. Mas afinal, não acho que o tempo não é feito de nada...

O estudante diferencia “medir” de “detectar”. Consideramos que “detectar” possui um significado na fala do aluno de compreender o conceito em sua natureza.

Com relação a subcategoria “tempo da subjetividade”, apresentamos a fala do estudante 7, do terceiro ano do curso:

Estudante 7, terceiro ano: (...) tempo é o bem mais precioso que a gente tem, na verdade, porque é um dos poucos bens que a gente pode ter, acho que tem dois bens mais preciosos que são o tempo e a vida em si. (...) você vende seu tempo, basicamente, trabalhando, então por isso também que trabalhar é uma coisa difícil na minha concepção, um pouco, porque você basicamente vende o seu tempo que é o único bem que você tem assim, e... Putz! Você vende o seu tempo no momento considerando que você vai ter um tempo no futuro para aproveitar seus ganhos, nesse seu tempo que você vendeu, e é um tempo incerto, você não sabe...você vai estar andando na rua, vai bater o carro e pronto, todos seus planos, todo seu tempo que você desperdiçou com seus ganhos, você vai ter que colocar no seu carro - que só serve para você ir perder o seu tempo, então, eu acho que o tempo devia ser, assim, concebido de uma maneira mais emocional, porque as poucas pessoas que eu conheço que concebem o tempo de uma maneira mais emocional, são as pessoas que também dão mais valor...

O entrevistado 7 faz críticas ao sentido do tempo atrelado ao trabalho, sustento, e considera que o tempo deve ser valorizado perante a subjetividade de cada um, ou seja, deve ser utilizado para algo importante para o sujeito.

Com relação à subcategoria “tempo e finalidade”, vamos apresentar falas de estudantes das quatro amostras, a fim de que possamos mostrar as transformações na valorização do tempo ao longo dos anos da Licenciatura.

Assim, o estudante 9, do primeiro ano, sobre a finalidade de aprender sobre o tempo:

Entrevistadora: O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida do ser humano? Tem utilidade aprender o tempo nas várias matérias?

Estudante 9, primeiro ano: É útil, a física é muito útil, porque a gente estuda os fenômenos da natureza, então o tempo, a gente precisa é, pelo menos no meu dia a dia, eu sei que não vou viver para sempre, eu sei que demoro uma hora e meia para chegar do meu trabalho até aqui, é... essas questões de dilatação do tempo, a gente pode utilizar futuramente para é... esqueci a pala... aprimoramento da tecnologia, como a gente vê nos últimos tempos, então, a gente trabalha muito com tempo e também questões de tecnologia, segurança, saber projetar um carro, qual velocidade máxima que ele vai poder andar em uma rua, é, e etc. É bem útil.

Verifica-se neste trecho a superposição das escalas microgenética e sociogenética, ambas na dimensão axiológica. Notamos que o participante expressa um valor ao tempo numa perspectiva mais pragmática, de utilização no cotidiano (para o cálculo de durações em deslocamentos) e também vinculado à produção de tecnologia.

Já o estudante 12 também do primeiro ano e, para a mesma pergunta, mostra um valor sobre a aprendizagem do tempo mais utilitarista:

Estudante 12, primeiro ano: Então, na minha vida, exclusivamente, e na dos professores de física, sim, porque é uma das coisas que a gente vai ter que ensinar, mas eu acho que para a maioria das pessoas, isso não faz tanta diferença assim, porque, por exemplo, para um professor de biologia, ele tem que explicar, por exemplo, todo o corpo humano, mas ele não tem que explicar porque, por exemplo, as pessoas só vivem 80 anos, ele fala dos fatores biológicos que fazem isso acontecer, tipo as pessoas envelhecem e elas morrem, mas ele não tem que explicar o tempo em si, ele tem que explicar o que acontece durante esse tempo, então eu acho que o tempo só serve na vida de uma pessoa, saber exatamente o que ele é, se você tiver que explicar isso para alguém, que por exemplo, eu sei muita coisa sobre civilizações antigas, mas na minha vida não faz muita diferença porque essas civilizações já não existem mais faz tempo, a única coisa que isso seria útil era se alguém, algum dia, me perguntar, aí eu iria explicar para ela, mas se não for para explicar para pessoa e já foi faz muito tempo, você não precisa, entendeu?! É a mesma coisa com o tempo.

Entrevistadora: Mas aí seria inútil?

Estudante 12, primeiro ano: Então, não seria inútil, mas seria uma coisa que assim não traria muitos benefícios se você não precisa, por exemplo, uma pessoa bilionária, ela já tem dinheiro para viver o resto da vida dela gastando o que ela quiser, faria sentido ela ter o dobro disso?! Não faria sentido porque aquilo não traria nada a mais, a mesma coisa você saber o que é uma coisa, se aquilo não faria muita diferença, tipo você não vai usar a definição do tempo na sua vida nunca, mas você sabe, é um a mais, mas que não faz diferença na sua vida, já que você não precisa dela para viver.

Verificamos que os alunos do primeiro ano procuraram justificar a importância de aprender sobre o tempo por meio de diversas razões, algumas delas mais pragmáticas, como

o fato de que necessitam aprender sobre o tempo, pois no futuro, serão professores e devem explicar esse conteúdo para os jovens das próximas gerações. Também mencionaram a produção de tecnologia e o cálculo de intervalos de tempo em situações envolvendo a Mecânica. A ampliação do conhecimento e cultura também foi considerada por parte desta amostra, numa menor quantidade de vezes.

Já no segundo ano do curso, não encontramos mais falas sobre o valor do aprendizado do tempo para seus trabalhos futuros. Verificamos uma preocupação maior acerca da ampliação do conhecimento e da cultura destes estudantes. Parte deles também comentou sobre a utilidade do tempo para medir durações em diversos fenômenos físicos.

Entrevistadora: O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida? Para que serve saber tais interpretações do tempo?

Estudante 5, segundo ano: Olha na graduação acho que é importante sim, porque, você vai aprender a ver, a ver, entender o tempo de uma forma melhor, cê vai ver que o tempo, a concepção atual de tempo já é um negócio meio batido, confusão total é pra maioria das pessoas que não estudam física, sabe?

Entrevistadora: Seria qual, para maioria das pessoas?

Estudante 5, segundo ano: Ah, que o tempo é linear, tipo...só passa assim, sabe? Mas que ele não tá atrelado a nada.

Nesta fala, nota-se a escala microgenética e a escala sociogenética, quando o estudante 5 faz uma comparação, mostrando que o conceito de tempo estudado nos contextos das disciplinas da Física, possuem relações com outros elementos e conceitos, diferentemente do tempo associado ao senso comum, próprio das pessoas da sociedade no geral, que não necessariamente estudam a Física.

Num outro momento da entrevista, quando perguntado ao estudante 5 sobre a importância do tempo para ele próprio:

Estudante 5, segundo ano: Então, eu não consigo comparar o tempo e dizer: o tempo vale o mesmo que minha mala, entendeu? Pra mim o tempo é algo importante, porque, segundo essa concepção que eu falei de tempo, se o tempo para, tudo para, ele é vital pra, pro nosso universo sabe? Sem tempo, não teria a expansão do universo, você não ia ter humano, não ia ter bactéria sabe? Provavelmente se o tempo não existisse a gente ainda ia tá no Big Bang ainda, ou até antes, a gente não sabe como é antes, mas, sabe, se o tempo não passa as coisas não...não andam... sei lá.

No terceiro ano, os alunos entrevistados responderam sobre a importância de se aprender sobre o tempo devido à produção de tecnologia (como o GPS, por exemplo) e,

também consideraram a finalidade da ampliação do conhecimento e da aquisição de uma postura crítica diante do mundo. Também comentaram sobre o fato de que o tempo é um conceito fundamental e seu estudo é essencial para a aprendizagem das teorias físicas:

Entrevistadora: Você acha que o tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, por exemplo: você falou na relatividade, na mecânica, nas oscilações de ondas, você acha que é útil para sua vida?

Estudante 8, terceiro ano: Na minha vida de físico ou na minha vida em sociedade?

Entrevistadora: Nas duas...

Estudante 8, terceiro ano: Olha, aplicadamente, eu acho que eu não uso, assim, mas assim, internamente, se você tem um...sei lá...é como se perguntasse assim: “porque estudar física é importante?”, só que a pergunta, no caso, é: “porque estudar o tempo na física é importante?”. Basicamente, a pergunta é quase igual e na verdade, a pergunta é tão difícil quanto a pergunta “qual é o sentido da vida?”, sei lá... mas, eu diria, só para você ter um material para responder, é... que é importante estudar física, estudar o tempo na física, enfim, porque dá a gente um senso crítico, como? Vou tentar explicar o que eu estou tentando pensar. O cara que não teve física ou não estou a relação do tempo com as oscilações ou com, sei lá, com as coisas da matéria, enfim... ele não tem um senso [pausa] de indagação, de crítica, por exemplo, o físico, na minha opinião, ele olha assim, ele olha o arco íris e pode se perguntar a chance dele, melhor, a chance dele se perguntar: “nossa, porque que o arco íris é redondo e não é reto?”, sabe?! Ele quer, ele...a chance dele querer duvidar das coisas é maior do que daquele que não, nunca teve física, sabe?! Não quer dizer que ele, necessariamente, vai responder porque o arco íris é circular, não quer dizer que ele saiba a resposta, mas ele vai ver, sabe, porque que a roda do carro gira para trás e o carro vai para frente? Uma pessoa que nunca tivesse visto isso, nunca teria se auto perguntado isso, não teria essa sensação de crítico, eu não sei se...

Entrevistadora: Ficou claro sim, mas e além disso, um outro aspecto dessa pergunta, assim, é...o tempo que você aprende nas equações, aqui na física, você usa ele?

Estudante 8, terceiro ano: Não, é uma ferramenta, é o que está lá, porque a gente tem que usar sim.

Entrevistadora: mas, na vida, não você, mas no cotidiano da sociedade, ele é usado? E é importante?

Estudante 8, terceiro ano: Ah, às vezes né, porque você quer saber em quanto tempo o carro vai, o carro precisa para chegar em tantas cidades, indo a tanta velocidade, aí você faz, vê a conta e você já sabe, “olha, eu chego em cinco horas.”, o importante para o cara é o quanto ele vai demorar para fazer uma viagem ou quanto tempo vai durar o combustível no foguete, ou... O da relatividade, eu acho que, é mais para nós, sentido curioso, do que sentido aplicável. Não, assim, tudo bem, tem um GPS lá que ele usa, fator de Lorentz para funcionar, para se auto corrigir, mas assim... para nós, aqui, indiferente sabe...se a pessoa, não sei... para mim, é mais uma coisa lá, que tem que achar no problema para dar continuidade e fazer a letra b do exercício. Tem que achar o tempo para que na b, tem que

achar a velocidade, ou achar uma constante qualquer, enfim...incluindo a relatividade, quântica.

Já os alunos do último ano responderam sobre importância de aprender sobre o tempo considerando a importância dos avanços científicos e tecnológicos proporcionados pela ciência, mas com grande ênfase a relevância deste conceito para a Física e seu envolvimento com diversos conceitos físicos, fazendo com que seu estudo torna o sujeito capaz de ampliar seu conhecimento, sua consciência, tornando-se mais crítico.

Estudante 16, último ano: Como aplicação prática, eu não vejo tanta não, mas eu acho bacana essa questão de conseguir a abstração, porque para mim o que mais diferencia os seres humanos de outros seres que habitam no mesmo planeta, é que a gente tem essa capacidade de abstrair, de olhar para alguma coisa e conseguir pensar nela, fazer o modelo, compreender o que está acontecendo e não apenas visualizar e dizer que foi bonito, foi feio, foi relevante ou não! Se eu conseguir fazer uma análise, compreender, ter essa questão de crítica, então pensando que esse é o grande diferencial do ser humano, aprender como uma abstração, entender qual é a definição do tempo dentro de uma ciência, eu acho, eu acho bacana, se tem uma utilidade prática, “ai eu consigo fazer um método melhor para fazer alguma coisa”, eu não acredito, não vejo muito, mas eu acho que vale a pena o tempo por causa dessa ampliação de... de consciência, da capacidade de análise... da minha capacidade de análise dentro do mundo que eu vivo.

O participante 13, do último ano, também fala sobre a importância do conceito, não de uma forma utilitária, e pragmática, mas para o enriquecimento do ser, ampliação de conhecimento, cultura:

Entrevistadora: O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida do ser humano? Para que serve saber tais interpretações do tempo?

Estudante 13, último ano: Eu acho que traz uma qualidade, assim, a primeira coisa, eu acho que tudo isso daí e, até... a maneira que eu entendo a física, é que isso pode trazer, é... a gente pode pensar num sentido mais concreto, que é assim: você e a sociedade está aí, muitos avanços que foram feitos em tecnologia principalmente, foram feitos a partir de conhecimentos científicos, então, geralmente, quando eu vejo alguém justificando estudar ciências é por conta das mudanças várias, remetendo muito à tecnologia (...) para mim, o que faz mais sentido é, para mim, é estudar ciências justamente para você mudar o seu pensar, para você conseguir olhar as coisas de forma diferente mesmo, então você conseguir de ver as diferentes interpretações de tempo, mesmo na física, isso não vai garantir nenhum emprego diferente para você, não vai garantir nada muito, é... muito normal assim que a gente costuma associar com o conhecimento, associar com o conhecimento é tipo assim, você conseguir coisas, você, é, eu acho que é mais uma mudança no seu pensar mesmo, é isso daí seria mais uma, tipo achar isso bizarro, uma coisa estranha e que é interessante entrar em contato com isso, afinal foram pessoas que pensaram isso, você é uma pessoa, acho que faz, aí faz parte da cultura e aí quando você se apropria, você se sente mais humano.

Desta forma, verificamos que, no primeiro e segundo ano do curso, são várias as finalidades destinadas à aprendizagem do tempo: é importante aprender sobre o tempo por motivos pragmáticos, utilitários, e também para a aquisição de cultura e produção de tecnologia. Já a partir das turmas de segundo ano, as respostas que enfatizam a relevância da aprendizagem sobre o tempo como meio para a ampliação conhecimento e cultura começaram a ser mais encontradas, tendo um número maior de registros para as amostras de terceiro e último ano, em detrimento das finalidades mais pragmáticas ou mesmo relacionadas à tecnologia.

Temos uma hipótese para justificar este resultado. À medida que os estudantes complexificam as dimensões epistemológicas e ontológicas do conceito de tempo na universidade, a dimensão axiológica também se transforma: valores e fins da aprendizagem deste conceito ganham mais espaço junto às transformações causadas no próprio sujeito, tornando relativamente secundária a relevância desta aprendizagem para motivos externos, vinculados a demais objetivos e necessidades (como a produção de artefatos tecnológicos, ou a resolução de questões nas provas, ou mesmo o exercício da futura profissão).

A seguir, apresentamos os resultados obtidos na escala sociogenética, nas dimensões epistemológica, ontológica e axiológica do perfil conceitual complexo, para todas as amostras:

Gráfico 9: Média dos resultados do trecho referente à sociogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura

IV. Escala sociogenética, dimensão epistemológica

Com relação ao como o tempo é conhecido pelas pessoas da sociedade, forneceremos exemplos de respostas na categoria “Tempo matemático” e “tempo da sinergia”. São exemplos de respostas escolhidas aleatoriamente, com o intuito de ilustrar falas classificadas na intersecção entre a escala sociogenética e a dimensão epistemológica.

Estudante 10, primeiro ano:(...) as pessoas têm muita referência de relógio, assimila coisas como o sol, os dias e as noites...é, não tem uma noção muito de tempo ser feito de alguma coisa, mas as coisas de passagem.

Outro exemplo da concepção do tempo para a sociedade, de um participante do segundo ano do curso:

Estudante 18, segundo ano: é só uma forma que a gente tem de medir, as coisas que a gente tem de fazer durante o dia. (...) só uma grandeza que a gente usa para se organizar melhor.

Mais um exemplo de fala, de um entrevistado do terceiro ano, na pergunta sobre como a sociedade e cultura fazem para medir o tempo, sem relógios:

Estudante 4, terceiro ano: (..)Eles falam: dia e noite, ah, tá escuro é noite, tipo a orientação pra eles seria essa: tá escuro, é noite, descanso. O solzinho tá se recolhendo? Hora de ir pra casa. Hora de se recolher, aí todo mundo faz comidinha, todo mundo se reúne, olha, a Lua tá linda, vamos apreciar o luar. Mas basicamente eles se orientavam assim mesmo. Se orientavam né, porque agora eles tem relógio, então agora acabou! É igual o tempo, a minha mãe olha pro céu e fala: hoje vai chover! Não sei como! Eu olho pro céu e falo: mãe, não vai chover, e chove, em menos de dez minutos (risos). Eu tentaria me orientar pelo Sol. Pelo Sol e pela Lua, pelo galo cantando. Mas não tem galo aqui em São Paulo. Vou comprar um galo (risos).

Neste trecho anterior, verifica-se a superposição da escala microgenética e sociogenética, quando o estudante fala sobre como as pessoas de sua sociedade fazem para medir o tempo na ausência de relógio, e de como sua mãe, e ele próprio o fariam.

V. Escala sociogenética, dimensão ontológica

Sobre a escala da sociogênese, na dimensão ontológica, ilustraremos um exemplo de fala nas categorias que tiveram mais registros de respostas: “Tempo matemático” e “tempo absoluto”.

Entrevistadora: As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

*Estudante 7, terceiro ano: Feito do que?! Acho que as pessoas acham que o tempo é feito, tipo, de um grande relógio, assim, que tá em algum lugar, guardado e que dá o tempo certo vai, aquilo tá medindo o tempo, e **que o tempo passa independente de qualquer coisa. Tempo é uma coisa longe, assim, não palpável. Fora do alcance deles.** E que é uma coisa decidida a mais, assim, que você tem que viver em função disso. As pessoas vivem em função dos tempos delas, sem saber que, ao viver em função dos tempos, elas estão perdendo o tempo delas. Não sei se eu fui claro.*

Este estudante considera o tempo concebido como medida por sua sociedade e cultura. Também acrescenta à essa visão um caráter absoluto, independente para o tempo, que flui sem cessar, independentemente das pessoas. Ao final, o participante faz uma crítica a respeito da coerção realizada pelo tempo do relógio sobre as pessoas – ideia que o estudante explica melhor em outras respostas.

A seguir, apresentamos outro exemplo classificado nesta intersecção, de um estudante de segundo ano, havendo sobreposição das escalas microgenética e sociogenética:

Entrevistadora: As pessoas da sua sociedade e cultura, o que elas acham: o tempo é feito do que?

Estudante 17, segundo ano: acho que, dia e noite. Acho que é isso, tipo... quantos dias, quantas noites passaram... acho que... é, não sei. Não dá pra... não consigo dar uma definição, mas imagino que... meu avô, por exemplo, porque, eu moro com meus avós, tenho muita proximidade com gente idosa, então eles pensariam que, o que é o tempo? Eles passariam o dia, depois pensariam: eu dormi, depois acordei, sabe? Eles se baseariam meio que nisso.

Classificamos este trecho nas dimensões epistemológica e ontológica, pois, segundo o participante, a compreensão de tempo das pessoas de sua sociedade deve ser similar a de seus avós, que conhecem o tempo a partir das atividades que desempenham no cotidiano, configurando assim uma natureza para este objeto – tempo constituído das atividades realizadas pelo sujeito.

VI. Escala sociogenética, dimensão axiológica

Nesta escala (sociogenética) vamos destacar as categorias que obtiveram maiores quantidades de registros. A seguir, fornecemos um exemplo de fala referente ao valor do tempo atrelado ao dinheiro e, em outro momento, é feita uma ponderação sobre o tempo e as atividades que valoriza, classificado na categoria “Tempo da subjetividade” (ou na categoria mais geral “Reflexão sobre o tempo”):

Estudante 9, primeiro ano: A gente ouve muito falar que tempo é dinheiro mas... (...) as pessoas não estão preocupadas em saber o que é o tempo, assim a fundo. Elas, simplesmente, vivem sem se questionar sobre isso, na minha opinião.

Estudante 9, primeiro ano: eu acredito que com o desenvolvimento da tecnologia, as pessoas tem maior entendimento do que seja o tempo, a partir de uma determinada época e, a partir desse desenvolvimento, elas tem em mente que elas não vão viver para sempre e algumas tentam é, assim, é... dar o seu máximo enquanto ela está viva e aproveitar o que ela tem para fazer, viajar, estudar, conhecer outros lugares e... etc.

A seguir, apresentamos uma resposta do estudante 17, do segundo ano, em que há sobreposição das escalas sociogenética e microgenética:

Estudante 17, segundo ano: Na sociedade em que a gente vive, a gente vive num mundo capitalista, então, a maioria das pessoas, que valorizam o tempo... tempo é dinheiro né? Então, por exemplo, tem exemplo da minha família vai: da minha tia! Minha tia é cardiologista. E ela... acho que o tempo dela tem que ser gasto, o tempo inteiro, tipo, da hora que ela acorda até a hora de dormir, ou a hora que ela não dorme, no hospital! Por quê? Porque ela quer receber um salário bom no final do mês! Então ela não abre mão de trabalhar para ficar com a filha dela em casa, por exemplo, nem para dormir em casa. (...)

Neste trecho acima, a categoria do “Tempo matemático”, também foi encontrada, no que diz respeito à subcategoria “tempo calendário”, já que o participante cita a rotina de sua parente cardiologista.

Também vamos destacar uma fala do entrevistado 4 a categoria do “tempo como valor de troca” na escala sociogenética, e na dimensão axiológica:

Estudante 4, terceiro ano: A gente tá inserido num sistema capitalista. Eu acho que, querendo ou não, todo cidadão acaba tendo que... tá muito ligado ao tempo cronológico, tem que trabalhar, pra ganhar dinheiro, pra poder, pra comer, pra vestir, pra comprar, e que você tem que estudar, se não você não vai ser contratado pela empresa, pra ter o dinheiro, pra poder me manter, então, nesse sentido do tempo cronológico, eu acho que, querendo ou não todas as pessoas que estão inseridas no sistema acabam, tendo essa preocupação com o tempo mesmo. Eu tenho que produzir, se não, eu vou ser demitido, eu tenho que produzir se não eu perco concorrência. Eu tenho, eu tenho eu tenho eu tenho que fazer, sei lá, quanto menos tempo, eu gasto pra produzir alguma coisa, mais eu economizo, mais eu vendo, mais lucro eu tenho. Eu acho, eu acho que, querendo ou não, toda a sociedade tá inserida mesmo que não queira. Mesmo... o pessoal que tá lá na zona rural, querendo ou não, ele tá, porque ele tem que criar uma maneira de achar uma renda, sabe? Ele tem, então querendo ou não na nossa sociedade capitalista todos, todos estão... dependentes do tempo. Tenho que trabalhar, tenho que ter o tempo de voltar pra casa, não sei... eu já me perdi na pergunta.

Passaremos agora a apresentar alguns exemplos de falas obtidas os resultados na escala ontogenética, para todas nossas quatro amostras:

Gráfico 10: Média dos resultados do trecho referente à ontogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura

VII. Escala ontogenética, dimensão epistemológica

Com relação a como o tempo era/é conhecido em outras sociedades e culturas (ontogênese), as falas dos estudantes foram classificadas principalmente nas categorias “tempo da sinergia” e “Tempo matemático”:

Entrevistadora: Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Estudante 3, último ano: Acho que a gente teria que voltar um pouquinho, pensar um pouco nas sociedades antigas. Realmente, acho que observando e pensando na natureza, principalmente aqueles conhecimentos mais iniciais da astronomia, observar o sol, observar a lua, observar a vegetação (...)

Estudante 5, segundo ano: Então, podíamos fazer como os antigos faziam né, eles mediam a hora, eles colocavam o relógio agora aqui, e conforme o sol nascia e se colocava, ia aumentando, sombreando aqui, né? Eles faziam assim, eu acho um bom exemplo.

Estudante 18, segundo ano: A medição do tempo varia de sociedade para sociedade. A gente usa, basicamente, o ciclo solar, mas não sei, acho que, antigamente, era bem mais impreciso

né, obviamente, e era, com base nos astros né? Hoje a gente tem o relógio atômico, bem mais preciso.

Nas falas acima, realçamos os trechos em que o contexto da ontogênese foi identificado. Segundo o estudante 3, as sociedades antigas utilizavam como instrumento para conhecer o tempo, o movimento dos astros, o desenvolvimento dos seres (vegetação). O estudante 5 menciona a projeção das sombras nos relógios solares, para efetuar a medida do tempo, bem como o estudante 18, que também cita os relógios atômicos.

VIII. Escala ontogenética, dimensão ontológica

Na intersecção entre a ontogênese e a dimensão ontológica, obtivemos um número menor de respostas registradas nas falas dos estudantes. Justificamos este resultado pelo fato de que, falar sobre a natureza de um conceito, relacionada às sociedades existentes em outros locais e épocas, requer certa reflexão e conhecimento sobre a gênese do conceito em questão. E, nesta pesquisa, verificamos que, o estudo envolvendo elementos de história da ciência concentram-se principalmente na disciplina de Gravitação, que aborda a história do tempo em seu período mais remoto, e de forma relacionada à sua medição.

A seguir, o estudante 10, do primeiro ano, fala sobre o tempo relacionado a marcação dos eventos, ou seja, de forma correspondente à categoria “tempo calendário”, subgrupo da categoria mais geral “Tempo matemático” e também na categoria “tempo da sinergia”, quando se refere ao ciclo claro-escuro presente no planeta:

Entrevistadora: ao longo da história como as pessoas compreendiam que era o tempo em termos de sua natureza?

Estudante 10, primeiro ano: (...) Era uma medição de eventos também, como a passagem do dia, o céu fica claro e escuro repetidamente e as pessoas tomam isso com uma cadência de eventos que elas indicam como tempo, antes disso não sei o que dizer, o tempo... mas era feito de repetições e eventos (...)

Com relação à categoria “tempo cíclico”, apenas o estudante 13, do último ano, teve sua fala classificada nela.

Entrevistadora: E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Estudante 13, último ano: É, então, coisas que eu sei que, por exemplo, os maias, eles tinham a ideia de que o tempo é cíclico que é uma ideia diferente então, eles tinham uma concepção de que em algum momento a história se repetiria porque o tempo tem um caráter cíclico, pelo menos é o entendimento que eu faço disso e da interpretação maia sobre o tempo.

Entrevistadora: Cíclico, mas, assim, por que?

Estudante 13, último ano: Então, eu sei que eles tinham muito conhecimento em astronomia, mas geralmente, bom, assim, o que eu interpreto, é que nos antigos, eles tinham a ideia de tempo por conta dos astros, observando primeiro os ciclos da natureza, então o ciclo do dia e da noite, então primeiro foi uma constatação de que uma percepção de tempo, observando que alguns eventos ficam repetindo na natureza, então percebendo que as pessoas morriam, havia um certo fim da vida, então haveria um certo fim do tempo para cada pessoa, agora eu acho que assim os maias, é que aí eu não sei, eu nunca li alguma coisa original deles né?! Porque são todas interpretações, então são uma interpretação da própria interpretação deles, conheciam esses eventos que se repetem, eles tinham uma ideia de anos e de repetições, só que tinha, tinha uma outra coisa, uma coisa mais mística que é...com o passar de certos, certos eventos, ia ser como que um ciclo comportado, então essa ideia de tempo, o cíclico, remeteria você, é... por civilizações, que os eventos passaram, tipo nesse sentido, mas eu não consigo ir muito fundo, mas para mim, a ideia era mais ou menos isso, diferente de uma concepção que é mais arraigada na gente, assim, no sentido, de ir sempre para o futuro, no caso deles, eu acho que o tempo ia sempre passando, só que em algum momento ele ia voltar, as coisas se repetiriam e a gente, a concepção que eu tenho, pelo menos do Boltzmann, é olhar para o futuro.

Entrevistadora: sem volta né? Sem retorno

Estudante 13, último ano: Isso, sem retorno

No trecho acima, o estudante foi classificado na ontogênese e também na microgênese, quando se refere à concepção de tempo utilizada hoje em dia por nós. Nesse caso, o estudante faz uso da ideia do sentido do tempo termodinâmico, para explicar a diferença entre os sentidos do tempo cíclico e do tempo irreversível. Os diferentes sentidos são utilizados nos contextos apropriados, de modo que, o entrevistado consegue transitar entre eles, apontando diferenças. Consideramos que esta fala traz indícios da terceira ordem de aprendizagem, no que se refere ao conhecimento da seta do tempo termodinâmico.

A seguir, apresentamos mais um exemplo de fala classificada na categoria “tempo da sinergia” e também na categoria “tempo da Física”, quando o estudante 8, do terceiro ano, refere-se a elementos históricos (cientistas e filósofos) para responder sobre a natureza da concepção de tempo ao longo da história:

Entrevistadora: E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos da sua natureza?

Estudante 8, terceiro ano: Eu acho que no começo, o tempo era assim... bem no começo, assim, sei lá para os antigos egípcios, sei lá, a Grécia antiga e tal, era... antes de Aristóteles era, era... era algo que nem era muito filosofado a respeito, não era muito indagada, não tinha muita questão. Mas, depois, veio com a ideia, tipo, as pessoas vinham com a ideia de que, não se sabia porque, mas sabiam que tipo, em tal período ficava mais frio, ou vinha o

inverno, ou a enchente do rio Nilo, e isso deu uma associada... assim, eventos associaram o tempo, então, sempre que o rio Nilo enche, acontece num período tal, num período de tempo tal ou... o frio que vem, alguma coisa assim, e aí, depois com o tempo, filósofos, enfim, acharam que o tempo seria algo mais... começaram a se perguntar mesmo e... e tentar entender... ai, sei lá, é meio complicado isso. Mas minha opinião é essa, bom, enfim, aí com o tempo, depois veio, sei lá, Descartes, uma galera mais assim... é... essa parte da mecânica relativista, sabe?! Principalmente Descartes, que ele achava que as coisas, que só existiam grandezas relativas entre elas, o tempo pra ele era relativo enfim, então... essa era a natureza do tempo naquela época, sei lá, 1600, a época que ele viveu... e depois disso veio Newton, e falou que o tempo era absoluto e tal, defendeu, e aí depois veio Einstein.

Nesta última fala, verificamos que o estudante vincula à medição do tempo ao movimento dos astros, às atividades da agricultura, etc. Cita personagens da história da ciência, todavia, em sua fala, não há explicitamente, relações entre as atividades humanas e o conceito de tempo, com seus sentidos mais recentes, como é o caso do tempo na Relatividade Restrita, correspondente ao físico mencionado, Einstein. Apontamos aqui a existência de lacunas: os estudantes aprendem na disciplina da Gravitação sobre a história da medição do tempo, dos diversos instrumentos construídos para efetuar sua medida. Com isso, o sentido do tempo como unidade de medida e parâmetro matemático é facilmente estendido aos contextos das teorias da Física Clássica, envolvendo personagens da história como Newton, Descartes, como abordado pelo estudante 8. Porém, ao longo de toda esta investigação, observamos a falta de elementos de história da Física capazes de contemplar os sentidos do tempo construídos em épocas mais recentes. Nossa única exceção é o estudante 13, que passou pela experiência de realizar um seminário sobre o tempo numa disciplina optativa da Licenciatura.

IX. Escala ontogenética, dimensão axiológica:

Com relação à categoria “Tempo matemático”, o estudante 9 de primeiro ano, falou sobre o valor do tempo associado aos fusos horários:

Entrevistadora: E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Estudante 9, primeiro ano: É difícil falar sobre isso, é bem filosófica essa pergunta né?! Eu acho que não, eu ouvi o professor falando, nas primeiras aulas, qual era a importância do tempo, mas para relações internacionais, assim, e... não por uma questão mais natureza, etc., qual era a natureza do tempo. Eu vi uma explicação sobre a importância do tempo em uma determinada cidade porque, de um país para outro, tinha muita diferença no horário e eles precisavam ter uma relação em que se você vai para um país e chega em um outro demorou tanto tempo e você precisa chegar lá e ser tal hora. É, eu ouvi uma coisa mais ou menos assim, agora sobre a natureza do tempo, não.

Outro exemplo de valor e fim do tempo na categoria de “Tempo matemático” pode ser ilustrada na fala do participante 1, do último ano:

Entrevistadora: E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Estudante 1, último ano: Civilizações... hmmm (pausa) olha, não sei, em relação às civilizações eu não sei, eu suponho, suponho apenas, que o tempo era... era mais valorizado antes. Mas como, porque... quer dizer o porque, acho que é porque não tinha tanta tecnologia, você não tinha tanto acesso a “ô, que horas são?” Era meio que no olhômetro, meio na sensação, e... as pessoas não viviam tanto assim. E... Há 500 anos atrás, qual era a chance de uma pessoa chegar a 70 anos? ... Era baixíssima. Pô, meu, meu bisavô morreu com 45 anos. Minha bisavô morreu com 40. E, em compensação, minha vó tá com 89. E aí? A noção de tempo que a gente tem hoje é estranha. Antigamente, não... era diferente, as pessoas viviam menos. Talvez também as pessoas aproveitavam mais o seu tempo, aproveitavam mais, infância, adolescência, o início ali da idade adulta. Talvez elas tivessem que aproveitar mais porque elas não tinham, o mundo não era tão rápido. Não conseguiam ir, ir num lugar, ver 1 pessoa, volta, vê não sei o que, tipo, não consegue. É aquela coisa, o ano passado, em 1 mês eu rodei 10 mil quilômetros pra Europa, mais, Portugal, França, França, Holanda, Holanda, Espanha, Espanha, Portugal e 30 dias depois eu tava de volta pro Brasil. Em 30 dias eu rodei, o que, 30 mil quilômetros, talvez, há 500 anos atrás, há 1000 anos atrás, pra uma pessoa rodar, 1000 quilômetros, quanto tempo ela não demorava? A noção de tempo com certeza era diferente ... A valorização do tempo com certeza era diferente, agora, como, não tenho a menor ideia. Por que? Acho que pela velocidade das coisas, pela velocidade do... até parece que eu ia sair de Pirituba, percorrer 20 quilômetros até aqui, em 20 minutos... de carro né? Vem a pé! Umas 2 horas, acho que, tem a ver com, que velocidade o mundo tem.

Neste trecho acima, verificamos a sobreposição das escalas ontogenética e microgenética, já que o participante fala sobre épocas em que as pessoas viajavam de navio, e compara aos dias de hoje, citando uma experiência sua pela Europa. Verifica-se também na fala do estudante a questão da duração do tempo relacionada aos deslocamentos realizados em diferentes transportes, e também sobre a expectativa de vida das pessoas, comparando as gerações passadas com a atual. Sua fala foi classificada nas categorias “tempo da sinergia” e “Tempo matemático”, com relação à dimensão axiológica.

A fala seguinte, do estudante 7 do terceiro ano, traz mais um exemplo de classificação na dimensão axiológica do tempo:

Estudante 7, terceiro ano: (...) acho que o tempo antigamente era, ele era bem valorizado, mas também valorizado tipo, tipo de uma forma interpessoal, penso em pensadores renascentistas ou tipo, é europeus estudiosos do século XIX eram mais velhos e mais sábios, porque eles dedicavam o tempo deles para essa vida, estudando mais, lendo mais, as pessoas tinham bibliotecas em casa, para ficar lendo livros, então dedicam o tempo para o enriquecimento do seu ser, assim, um bom aproveitamento do tempo porque nunca é ruim

*enriquecer intelectualmente, também quem sabe fisicamente, tudo, mas assim em questão de valor do tempo, é... (...) eu acho que na nossa, atualmente, há uma desvalorização total do tempo, (...) pensa quanto tempo por dia os adolescentes perdem olhando nos seus celulares, tempo por dia, deve ser umas cinco horas por dia, conta umas cinco horas por dia todos os dias, depois subtrai isso da parte de trás da sua vida, é um negócio muito não lucrativo, elas (as pessoas) **não percebem o quanto tempo que elas estão perdendo, o quanto de vida que saiu delas.***

Verificamos neste trecho a presença da escala ontogenética (quando o participante menciona os pensadores renascentistas) e sociogenética (quando se refere aos adolescentes de nossa sociedade). Realçamos acima o momento em que há relação entre as categorias: “tempo da subjetividade” e “tempo do organismo”, (ambas categorias subgrupos das mais gerais, respectivamente: “Reflexão sobre o tempo” e “tempo da sinergia”) quando o entrevistado faz uma crítica com relação ao tempo.

Apresentamos também um exemplo de fala classificada na categoria “tempo sentimental”, que também abarca o tempo associado às divindades, à religião.

Entrevistadora: Você se lembra se nas civilizações humanas ao longo da história: como o tempo era valorizado por elas?

Estudante 16, último ano: Hmmm, do pouco que eu vi na questão de história, o tempo acaba tendo alguma criação, porque vários, pelo menos algumas civilizações mais politeístas, acabam criando uma entidade para o tempo, chegou a ser criado um deus, uma divindade para falar sobre isso então deve ter algum valor agregado, o quanto não sei, só sei que existiram os gregos, pelo menos, romanos, alguns da região mais nórdica, celtas, tinha uma coisa mais relacionada com o tempo, o quanto era importante, precisava do tempo, o que é o tempo não sei, mas precisava de um deus ou se era alguma coisa que realmente era valorizada ou com um deus.

Neste trecho, observamos que o estudante traz elementos externos ao curso para responder à questão, mostrando que estudante é capaz de transitar sobre outros contextos para se referir ao valor e fim do tempo.

Prosseguiremos com a apresentação do Gráfico 9, que representa a intersecção entre a escala filogenética e as dimensões do perfil conceitual complexo, para as amostras 1 a 4.

Gráfico 11: Média dos resultados do trecho referente à filogênese da MOP para as quatro amostras de estudantes do curso de licenciatura

X. Escala filogenética, dimensão epistemológica

Na escala filogenética, encontramos mais respostas classificadas na dimensão epistemológica, nas categorias “Tempo matemático” e “tempo da sinergia”. A amostra 3, de alunos do terceiro ano, obteve maiores resultados nesta intersecção. Apresentaremos alguns exemplos destas falas:

Estudante 1, último ano: não sei se você já fez isso, eu me divertia muito, eu pegava uma lesma, colocava ela aqui (papel a4) e eu passava muito tempo olhando para ela, eu olhava no relógio, e eu queria ver o quanto tempo ela demorava para ir daqui até lá. É eu ficava, tipo, mó tempão, eu ficava olhando

Entrevistadora: mas ela queria ir até lá?

Ah, a lesma não fica parada, é muito raro ela ficar parada, ainda mais se você borrija um pouco de sal atrás dela, aí ela começa a andar pra frente. E eu ficava olhando isso, eu falava: caramba meu, eu dou um passo e tô ali, essa lesma, vc não,vc não dá

Então, mas aí assim, para a lesma, o tempo dela... para nós demora pra caramba pra ela chegar ali, mas para ela não

Mas para ela não, pra ela demora o tanto quanto demora pra mim ou pra você. Eu acho que seria muito difícil, existir uma lesma, com toda aquela velocidade que elas tem, com a capacidade cognitiva que nós temos... porque aí você não consegue fazer nada. Já imaginou você com essa capacidade cognitiva e, cê não consegue, falar, cê não consegue ir até a

porta, cê não consegue abrir o livro... é estranho, ou você demora 2 horas para abrir um livro, fazer esse movimento? Abrir um página, é... é assustador. É estranho, muito estranho.

Entrevistadora: um problema físico

Estudante 1, último ano: Nossa totalmente, demoraria um pouquinho mais de tempo para a humanidade se desenvolver, caso tivesse esse problema.

Levando em conta o critério que estabelecemos para a filogênese, esta escala do desenvolvimento busca levar em conta relações entre as características do ser, como o fato do homem ter visão binocular, ser bípede, etc. e a maneira como concebe o conceito de tempo. Nesta perspectiva, este trecho apresentado mostra a relação que o Estudante 1 estabelece com o organismo “lesma” e a ideia de tempo.

Entrevistadora: Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique.

Estudante 7, terceiro ano: (...) Ah sim, então, como a gente entende o tempo, de maneira alguma, a única coisa que poderia mudar é quem sabe é...os algarismos envolvidos para representar o tempo, porque a gente tem dez algarismos, porque a gente tem dez dedos na mão e usa a base de dez, se a gente tivesse oito dedos na mão como os simpsons, a gente teria a base oito, todas as horas, dias, meses e oito teriam a base oito, tirando isso, a gente poderia não ter criado os relógios solares, não ter feito as mesmas divisões e usar um relógio que envolvesse um dia de 32 horas que iam durar um pouco menos sabe?! Poderia ser uma diferença nas cargas de quantidade de tempo também, a gente poderia dividir, se a gente tem corpos diferentes, se a gente rasteja, a gente não poderia fazer as mesmas medições, a gente ia ter, tipo o tempo ia ter os mesmos valores sempre, mas provavelmente poderia ser uma unidade diferente, algarismos diferentes mas acho que a concepção do tempo passando não mudaria de forma alguma.

O estudante 7, neste trecho da entrevista, considera para esta situação imaginada, que o tempo para outros organismos continuaria sendo o mesmo, no sentido de ser mensurável, linear, numérico. Esta fala foi classificada nas categorias “Tempo matemático”, por ser mensurável, “tempo da sinergia”, pela sua dependência junto ao organismo e “tempo absoluto”, por ser considerado imutável, um dos critérios de classificação desta categoria.

O estudante 8, do terceiro ano, fala sobre a percepção do tempo por organismos diferentes:

Estudante 8, terceiro ano: Certo, certo... ah então, acho que ele perceberia o tempo da mesma maneira, porque ele vai estar sujeito, as mesmas... as mesmas sensações e realidades né, depende, agora, de como ele vai interpretar, por exemplo, tá frio, depois vem o quente, depois vem as folhas caem, eu digo isso, porque acontece para todo mundo, independente

se eu sou branco, negro, ateu, religioso, ou não, é o que acontece, sabe?! Mas, agora, algumas pessoas vão falar: “ah, nem era tão frio assim, então para mim, o tempo nem chegou no inverno!” Sabe isso?! Então vai depender, individualmente do ser, mas de um modo geral, eu ainda acho que, mudando a fisiologia, um pouco assim de pensar, o grosso, o pensamento da passagem do tempo, a sua essência é a mesma ...

Este trecho de resposta foi classificado nas categorias “tempo da sinergia”, devido ao conhecimento do tempo por meio do movimento dos astros, das variações climáticas e dos próprios organismos. Da mesma maneira que ocorreu para o estudante 7, esta fala também foi classificada na dimensão ontológica, na categoria “tempo absoluto”, devido a esta concepção levar em conta que a “essência do tempo é a mesma”, conforme realçamos acima, atribuindo uma característica de imutabilidade ao tempo.

Na pergunta sobre a capacidade da espécie humana perceber o tempo no escuro, o estudante 3, do último ano, apresenta algumas dúvidas:

Entrevistadora: Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

Estudante 3, último ano: (pausa) Ah, ela não consegue enxergar nada né? Eu acho que ela conseguiria, eu acho que demoraria um tempo, mas ela conseguiria, porque... a gente consegue... adaptar os outros sentidos. Acho que a gente não precisa se limitar a ver, para perceber essa passagem de tempo. É... se a gente conseguisse perceber essa passagem de tempo de outros sentidos, o que tá mudando, nesse ambiente, acho que dá pra... dá pra perceber...

Entrevistadora: Ahã. É, você pode até se imaginar num quarto escuro, imagina: tá tudo escuro, e aí você fica lá. Você vai perceber o tempo, que existe tempo? O que você acha?

Estudante 3, último ano: (pausa) Porque aí você não vai tá vendo nenhuma modificação. É, você não consegue ver né. Não consegue. Mas eu acho que é isso mesmo, a partir do momento que você aprender a... a lidar com as outras sensações... como interagir com o ambiente, com os outros sentidos, você consegue perceber a passagem do tempo. A não ser que, mais uma vez, o ambiente não vai se modificar

Entrevistadora: Então, mas tá tudo escuro! Você tá no escuro, eu te deixo lá, sei lá, uma hora, você não sabe, é...você perceberia que você tá lá um tempo? Como você faz pra perceber que você tá lá há um tempo?

Estudante 3, último ano: É pensando... pensando mais nessa situação, aí eu já acho mais difícil perceber, eu já acho que não perceberia. Aí nesse caso já acho que não perceberia. Não perceberia.

Neste último exemplo de fala, o estudante considera que o ser humano conhece o tempo, percebe sua presença por meio de modificações ocorridas no ambiente, (trecho classificado na categoria “tempo como transformação”). Contudo, não foi insistido para que

o estudante percebesse a possibilidade de medir o tempo de outros modos (como foi feito com outros participantes). Desta forma, pode-se notar que não se fez presente a concepção de tempo relacionada ao organismo para este participante, considerando a ausência de dêixis indicadoras destas relações.

XI. Escala filogenética, dimensão ontológica

Com relação à natureza do conceito de tempo para a espécie humana, apresentaremos os seguintes exemplos de falas:

Entrevistadora: Durante a sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Na faculdade, na escola, quais conceitos se aprende que tem a ver com o tempo.

Estudante 8, terceiro ano: Tá... [pausa] é, espaço, eu acho, agora... conceito... aquele negócio do tempo ser uma entidade, alguma coisa forte, fora do nosso alcance, não tem uma palavra assim, mas... é... não sei direito... tempo como se fosse um pano como se tudo acontece, onde as coisas acontecem num tempo, assim você fala assim: “eu te encontro, eu vou te encontrar em tal local a tal hora.” A gente precisa dizer, a gente precisa dessas duas informações, do espaço e de um tempo, ou sei lá, o réptil, ele vai...ou, tipo, a mariposa, ela sai do casulo na primavera, em algum tempo, ela faz isso, então a biologia também está ligada ou a química, a reação acontece em tanto tempo, então o tempo é o plano de fundo de tudo que acontece, seja a matéria que você vê na escola, educação física, na história... história, basicamente, geografia, tudo que acontece lá, tudo está ligado à um tempo, porque é uma coisa que é... que a gente vive, não tem como...

O estudante 8, do terceiro ano, teve sua fala classificada na categoria “tempo absoluto”, relacionado à escala filogenética, devido ao fato de utilizar em sua resposta outros organismos, como réptil ou uma mariposa, para justificar que, mesmo para outros seres, o tempo também deve ser interpretado como um pano de fundo, o cenário onde tudo acontece, ideia que se alinha à noção de tempo independente e absoluto.

XII. Escala filogenética, dimensão axiológica

A seguir, apresentamos exemplos de respostas nas categorias “tempo como valor de troca” e “reflexão sobre o tempo”, tanto num contexto das diversas sociedades como também em referência à espécie humana:

Entrevistadora: Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Estudante 16, último ano: Como espécie?! Ele valoriza muito mais a perspectiva quando percebe que o tempo dele está acabando do que realmente uma valorização nata dele, desde que ele tenha, que eu vou fazer isso, porque muitas vezes acaba nem percebendo a passagem do anos, a passagem do tempo que ele tem disponível, então ele acaba sendo relapso com o tempo que ele tem, para o fim da vida, ele começa a ser o mais produtivo possível, porque

ele começa ter uma dor na consciência, pensando que não fez nada e que agora precisa fazer alguma coisa, não, você fez escolhas, você fez alguma coisa, depende do que agora você tá querendo produzir do que não foi produtivo, eu vejo muito assim, a pessoa sempre tem um acordo com o tempo, ela sabe o que está fazendo, só que essas questões, os valores, o quanto isso tem que ser ou não produtivo vai variando conforme a vida, o amadurecimento vai chegando.

Entrevistadora: Aí, o produtivo que você fala no sentido de fazer alguma coisa que agrada o cara né?!

Estudante 16, último ano: É, o produtivo para mim é sempre seu agrado para o indivíduo, não o que é importante em valor monetário, não!

Neste trecho, a fala do participante foi classificada na categoria “reflexão sobre o tempo”, na subcategoria “tempo da subjetividade”.

Por fim, apresentamos outro exemplo de uma fala do estudante 8, do terceiro ano, sobre o valor do tempo para a espécie humana:

Entrevistadora: Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Estudante 8, terceiro ano: Basicamente, dinheiro, na minha opinião. Para o ser humano, em espécie, hoje é... estritamente ligado ao dinheiro, ao recurso financeiro, assim, literalmente, quanto mais...é, realmente, é verdade

Este trecho foi classificado na categoria “tempo como valor de troca”, uma vez que o estudante considera que, para o ser humano, tempo tem sentido de dinheiro, considerando a sociedade capitalista construída pelo homem.

5.4 Sobre os resultados

Neste trabalho, o instrumento de pesquisa que construímos - a Matriz de Organização da Polissemia do Conceito (MOP) para a análise das entrevistas, se mostrou providencial para a exposição de aspectos acerca das concepções de tempo de professores em formação.

Por meio deste instrumento, verificamos transformações nas concepções dos licenciados ao longo dos anos do curso, principalmente em relação aos instrumentos pelos quais o tempo é conhecido. Pudemos investigar aspectos relacionados aos valores e fins atribuídos ao tempo, suas naturezas, historicidade e, encontramos também, a sobreposição de níveis vinculados a determinados sentidos do conceito de tempo em contextos diversos - da família, da escola, da Física, da sociedade.

Por exemplo, com relação aos valores e fins atribuídos ao tempo (dimensão axiológica), para a amostra 1, no que se refere às justificativas da aprendizagem sobre o

conceito de tempo na Licenciatura, foram diversificadas as falas dos entrevistados. Em maior proporção, encontramos razões utilitaristas - para o cálculo de intervalos de tempo em deslocamentos e para a profissão futura de professor. Também registramos razões ligadas à produção de tecnologia e, numa menor quantidade de vezes, à ideia de ampliação de conhecimento e cultura dos entrevistados.

Para as amostras 2 e 3, de segundo e terceiro ano do curso, encontramos mais falas sobre a ampliação de cultura e conhecimento, em detrimento de motivos mais pragmáticos, como os citados anteriormente. E, para a amostra 4, do último ano da Licenciatura, foram altos os registros de respostas considerando os benefícios adquiridos por meio do estudo do conceito de tempo, capaz de torná-los sujeitos mais críticos, tendo suas consciências ampliadas.

Desta forma, verificamos que, se início do curso, os estudantes entendem a aprendizagem do conceito de tempo na Licenciatura mais endereçada à fins imediatos e pragmáticos, as amostras dos anos posteriores atribuíram valores mais imbricados às suas formações, como investimentos para ampliação de suas próprias visões de mundo.

Além da dimensão axiológica, também observamos transformações nas dimensões epistemológicas e ontológicas do conceito de tempo, ao compararmos os resultados obtidos pelas quatro amostras.

De acordo com os resultados apresentados pelo gráfico representativo da MOP (Capítulo 5, página 210), a maior parte das respostas obtidas foi registrada na escala microgenética, em especial, na dimensão epistemológica. Este resultado pode ser entendido pelo fato desta intersecção constituir-se no contexto mais próximo e imediato do participante, no qual o tempo também se faz presente, sendo utilizado, em especial, no curso de Licenciatura. Vale lembrar que, por meio do estabelecimento de critérios para a seleção das amostras, a Licenciatura representou ser, aproximadamente, a atividade dominante de nossos entrevistados.

Em nossas análises, obtivemos grande número de registros nas categorias a posteriori “tempo matemático” e “tempo da Física”. Estes resultados foram apresentados nos Gráficos 1, 6 e 7 (Capítulo 5, p.210, p.216, p.217). Com relação ao “tempo matemático”, esta categoria contempla falas que relacionaram o conceito de tempo a números, às medidas dos relógios, calendários e ao ordenamento sequenciado das atividades humanas. Observamos que o número de registros nesta categoria foi maior para as amostras 3 e 4 em comparação às amostras 1 e 2.

Sobre os sentidos do tempo associados à Física, para a amostra 1, de primeiro ano, notamos que a maior parte deles estavam relacionados à Mecânica Clássica, cujos exemplos de atividades em que o tempo está presente referem-se aos objetos do mundo macroscópico, como pessoas, veículos, etc. No segundo ano do curso, contextos como da Termodinâmica e da Relatividade passaram a ser também abordados pelos alunos. Sobre este último (a Relatividade), embora esta disciplina ainda não tenha sido cursada pela amostra 2, a proximidade de sua realização e a vivência na universidade parecem promover certa motivação para que o tema seja buscado fora da Licenciatura.

Já para as amostras 3 e 4, os estudantes destes anos passam a estudar a Física relacionada a outros níveis de interação, quando estão cursando (ou já concluíram) as disciplinas de Eletricidade e Magnetismo, Eletromagnetismo, Física do Calor e Relatividade. Consideramos que, cada disciplina apresentada aos alunos, oferece abstrações para o conceito de tempo, de modo que, à medida que se introduz relações com outros elementos, envolvendo outras interações e escalas de tamanho, o conceito de tempo se movimenta, tornando-se mais complexo.

Um resultado que ilustra esta complexificação do conceito se refere ao fato de que as amostras 3 e 4, apresentaram mais relações entre as categorias a posteriori (que correspondem às zonas do perfil conceitual complexo de nossas amostras) do que as amostras 1 e 2, dos anos iniciais. Por exemplo, a categoria “tempo como transformação” esteve mais relacionada ao “tempo da Física”, quando os participantes de terceiro e quarto anos consideraram o tempo ser constituído por elas, estando presentes em nossos organismos, em sistemas térmicos, nos caminhos percorridos pela luz, etc. (Neste caso, obtivemos mais registros para a dimensão ontológica para estas amostras).

Nesta perspectiva da relação entre zonas, pudemos verificar indícios da terceira ordem de aprendizado para dois estudantes: um de terceiro e um do último ano.

O estudante 13, do último ano, apresentou indícios da terceira ordem de aprendizagem, quando abordou os sentidos do tempo absoluto, relativístico e o sentido do tempo, que chamou de psicológico, considerando-os nos contextos apropriados e estabelecendo relações entre os três.

O estudante 7, do terceiro ano, relacionou o “tempo da Física” com o “tempo como transformação”, em contextos apropriados, quando abordou a questão das menores interações possíveis, trazendo o elemento externo da corda de Planck (já que este conteúdo não faz parte das disciplinas estudadas formalmente pelo participante até então) para sua

resposta e, posteriormente criando um termo para explicar seu pensamento: o tempo como sendo o causador (“enter”) das transformações.

Sobre a questão do elemento externo presente nas falas dos alunos, trata-se de um objeto não sugerido, mirado via dêixis nos enunciados das perguntas e também externo às disciplinas realizadas pelos estudantes. Por exemplo, o estudante 12, do primeiro ano, sem ter cursado a disciplina de Gravitação, falou sobre a medição do tempo utilizando a projeção de sombras em plantas, com base em sua vivência de escoteiro, o que o permitiu complexificar formas de conhecer o tempo, de mensurá-lo.

Outro caso similar ocorreu com o estudante 7, do terceiro ano quando, ao se referir ao tempo ser constituído de transformações (exemplo citado anteriormente), trouxe o elemento da corda de Planck, sem ter realizado a disciplina de “Física Moderna”. O estudante afirmou ter realizado atividades de leituras sobre o tema, externas às disciplinas da Licenciatura, onde pode refletir sobre o conceito de tempo relacionado às transformações em diferentes escalas. Este aluno também abordou questões referentes ao contexto relativístico, como a dilatação do tempo, demonstrando grande familiaridade com o assunto, sem ter realizado a disciplina. O estudante também afirmou ter realizado leituras sobre o tema, além de costumar discuti-las com amigos.

Estamos considerando também as atividades proporcionadas pelas disciplinas optativas como exteriores ao curso, uma vez que, por não possuir obrigatoriedade, não são constituintes da formação de todos os licenciados.

Assim, o estudante 13, teve a oportunidade de preparar um seminário sobre o conceito de tempo relativo às teorias da Física, na disciplina optativa “Evolução dos conceitos de Física”. Por conta desta atividade, o entrevistado pôde conhecer e refletir sobre os diferentes domínios de validade do sentido do tempo nas áreas da Física, o que foi notado em suas respostas. Além disso, o estudante também afirmou que pretende compreender melhor a relação entre espaço e tempo e, por isso, buscará estudar o assunto fora das disciplinas da graduação, para que não tenha a preocupação de resolver listas de exercícios (ver Capítulo 5).

Identificamos assim, nestes resultados, indícios da terceira ordem de aprendizagem apenas para estudantes que realizaram atividades externas às disciplinas obrigatórias da Licenciatura.

Vale lembrar que estamos considerando como *tempo matemático* a simples concepção de tempo como uma sequência numérica. Sobre as particularidades da ciência Mecânica relacionadas ao conceito de tempo, como a questão da reversibilidade temporal e

as relações entre este conceito e o princípio da conservação de energia, os entrevistados afirmaram não se lembrar de tê-las discutido em alguma disciplina da Licenciatura.

Com relação às concepções de tempo das demais sociedades - o que pode envolver conhecimentos relativos a elementos da história da ciência, obtivemos, para todas as amostras, mais registros na dimensão epistemológica, principalmente nas categorias “tempo da sinergia” e tempo “mecânico”.

Este resultado pode ser entendido devido a realização da disciplina de Gravitação pelos alunos, uma vez que, os conhecimentos relacionados a esta matéria foram os mais citados: relógios solares, gnômons, a questão da importância da medição do tempo para a agricultura, etc. Somos então levados a considerar que esta é a disciplina que aglutina boa parte dos momentos da Licenciatura em que elementos da história do conceito de tempo estão presentes como objetos de estudo. Além disso, ressaltamos que tais elementos históricos não contemplam eventos mais recentes, relacionados à história da Termodinâmica, da Relatividade e da Física Moderna.

A análise realizada sobre as abordagens dos livros didáticos também corrobora com esta consideração sobre os elementos históricos relativos ao curso. Afinal, os diversos manuais exploram muito pouco a gênese do conceito de tempo. Sobre Relatividade, por exemplo, é comum encontrar nos livros discussões sobre o Experimento de Michelson e Morley e, sobre o tempo e espaço absolutos newtonianos. Tais temas são bastante importantes para a aprendizagem da teoria relativística, no entanto, entendemos que não são suficientes para o discernimento entre os contextos físicos e os domínios de validade dos diferentes sentidos do tempo.

Ainda sobre o contexto da Relatividade, conforme mostra o Gráfico 7 (Capítulo 5, p.217), foi notório a sua procura pelos entrevistados para discussão de algumas questões da entrevista. Principalmente aqueles estudantes que ainda não haviam cursado a disciplina de Relatividade, pudemos perceber seus entusiasmos, e que se sentiam livres para pensar, estabelecer relações entre o sentido relativístico do tempo e o mundo, mesmo que de modo informal ou até abusivo, como a fala apresentada na página 221 do estudante 5, do segundo ano).

Sobre este aspecto, com base em nossos resultados, dos 17 participantes da pesquisa, 7 entrevistados haviam concluído a disciplina de Relatividade, que são estudantes de terceiro e quarto ano do curso. Destes estudantes, a maioria deles (5) apresentaram certo desconforto com relação ao sentido do tempo relativístico. Estas falas estão expostas no Capítulo 5, sendo que, uma delas é epígrafe deste Capítulo.

Sobre este desconforto, identificamos suas expressões de três maneiras: com relação a dúvidas sobre o conhecimento aprendido no curso de Relatividade ser ou não somente teórico, de modo a não pertencer à vida prática das pessoas em sociedade, sobre questionamento da validade do sentido do tempo absoluto, mesmo no contexto relativístico e, sobre a distância e estranhamento das situações apresentadas nos enunciados dos exercícios de Relatividade quando comparados à vida cotidiana.

Vamos considerar este último tipo de desconforto, referente as situações específicas trazidas nos enunciados dos exercícios de Relatividade, pelo fato destes serem passíveis de contemplar os dois primeiros. Procuramos alguns exemplos de enunciados de exercícios no principal material utilizado nos últimos anos pelos licenciados na disciplina de Relatividade (material L9, ver Capítulo 4):

João viajando num trem de madeira com velocidade $v = 3/5c$, passa por uma estação onde se encontra Maria. Na plataforma, ela colocou dois lançadores de dardos, separados pela distância $L_M = 10m$, e ligou cada um deles, por meio de fios de mesmo comprimento a um único interruptor que, permite lançar os dois dardos simultaneamente. No instante em que o trem passa pela estação, Maria aciona o disparador e os dardos cravam-se no trem. Posteriormente o trem volta à estação e João desce do trem. Na plataforma, João e Maria, comparam a distância entre os dardos com aquela entre os disparadores, e constatarem, objetivamente, que elas são diferentes. (L9, p.31).

Este é um exercício exemplo da apostila, cujo objetivo é obter a distância entre os dardos no referencial do trem e discutir a explicação dos acontecimentos nos dois referenciais.

O enunciado seguinte, se refere à uma situação envolvendo a explosão de bombas (situação mencionada em entrevista pelo estudante 4, do terceiro ano):

Existem duas bombas idênticas, com pavios de igual tamanho, que levam um tempo τ para explodir quando estão em repouso. Ou seja, τ representa o tempo próprio de explosão de cada bomba. Maria mora em São Paulo, acende os pavios das duas ao mesmo tempo. No instante em que as bombas são acesas, João passa de carro, toma a bomba número 2 e a leva, com uma velocidade v , para uma cidade à direita de São Paulo. Para estudar como as duas bombas são observadas por João e Maria, listamos abaixo os principais eventos, bem como suas descrições nos dois referenciais. Adotamos a origem espaço-temporal dos dois referenciais, o acendimento das duas bombas, que coincide com a partida de João e supomos que o movimento relativo dê-se ao longo dos eixos y dos dois referenciais (L9, p. 19).

Ambos os exercícios estão resolvidos na apostila, junto de uma discussão sobre seus resultados. Tratam-se de exercícios que trazem situações bem específicas, inusitadas, de modo que é notório a artificialidade cuidadosamente construída para as situações problemas, cuja finalidade parece ser, explicitamente didática. Porém, estas questões estão bem elaboradas e cumprem com sua função de exercitar o uso das transformações de Lorentz durante a aprendizagem sobre simultaneidade, no contexto Relatividade.

Compreendemos a importância da atividade de resolução de exercícios durante as disciplinas. No entanto, consideramos que, falta à Licenciatura uma atividade na qual o sentido do tempo relativístico seja apresentado junto de sua gênese histórica, isto é, junto do problema de sincronização de relógios e telégrafos, comum à época em que este sentido do tempo foi forjado.

Para nós, o conhecimento do contexto de origem dos sentidos do tempo, bem como das atividades pertencentes ao cenário em que este foi construído, contribui para alimentar um repertório de situações e atividades reais envolvendo o tempo, a ponto do estudante ser capaz de identificar, naqueles exercícios da apostila da Relatividade, um sentido para o tempo não puramente teórico, artificialmente criado e presente em materiais didáticos, destinado à realização de uma determinada disciplina, num momento particular de formação da faculdade de Física, mas como um resultado da atividade da humanidade, construída e vivenciada por homens do século XIX e XX, que forneceram efetivas contribuições para o movimento do conceito de tempo, proporcionando novo contorno para este conceito junto a nova visão de mundo.

Com relação ao contexto da Termodinâmica, mais especificamente o sentido do tempo associado à “seta do tempo” e à entropia, verificamos que, de toda a amostra, dez participantes já haviam concluído a disciplina “Física do Calor”. Destes dez, uma pequena parte deles (três) afirmaram conhecer a seta do tempo, a associação entre tempo e entropia. As perguntas com dêixis direcionadas ao contexto da Termodinâmica foram feitas posteriormente, de modo que, nem todos os entrevistados passaram por elas. Por isso, o que podemos concluir é que, a maior parte da amostra dos participantes (que já concluíram uma ou duas das disciplinas envolvendo Termodinâmica na Licenciatura), não abordam espontaneamente o sentido do tempo relacionado à entropia, à seta do tempo em suas respostas. Também pudemos verificar que, segundo um dos docentes ministrantes das disciplinas “Física do calor” e “Termoestatística”, a discussão do sentido do tempo termodinâmico não costuma ser o foco de trabalho destas matérias. Já nos livros didáticos,

encontramos discussões sobre probabilidade e entropia, especialmente nas partes finais dos capítulos e também desprovidos de elementos históricos.

Desta forma, percebemos que a concepção de tempo mais utilizada e exercitada na Licenciatura, e que também está presente nas falas dos estudantes refere-se ao tempo matemático. As disciplinas do curso, ao trabalharem com o tempo em atividades de resolução de exercício, privilegiam o sentido do tempo numérico, matemático e, a falta de elementos históricos e de discussões sobre o domínio de validade de seus sentidos acaba por promover um distanciamento, ou envelopamento dos sentidos do tempo introduzidos nas disciplinas. Entendemos que os diferentes sentidos do tempo apresentados aos alunos podem adquirir uma aparência de instrumentos acessórios, artificiais, puramente teóricos, mantendo um privilégio para a concepção de tempo como apenas numérica, paramétrica, matemática e abstrata.

Por isso, esta tese sobre o conceito de tempo, no curso de Licenciatura em Física, tender a utilizar um tempo único, cristalizado no seu sentido de constituir um número que varia, a ser equacionado nos diversos ferramentas matemáticas das teorias físicas, para nós, enseja a inclusão de atividades cujos objetivos sejam estudar os conceitos fundamentais da Física, como tempo, espaço, energia, massa e campo, junto à elementos históricos da construção de seus diferentes sentidos dentro da Física.

Capítulo 6

Considerações finais

... até então achava que o tempo era uma coisa linda, não tinha nada disso, do tempo ser relativo.

Estudante do terceiro ano do curso,
durante a entrevista.

Tempo é o que os relógios honestos medem. Relógios honestos são aqueles que atribuem, univocamente, um número real a cada par de eventos suficientemente próximos.

Prof. Dr. George Matsas, em comunicação no evento “Café com Quantum”, produzido pelo Cefisma em 13 de março de 2017.

6.1 Sobre vertigens no ensino de ciências

Com relação ao nosso estudo sobre os elementos históricos relacionados aos sentidos do tempo, neste momento, vamos fazer uma breve reflexão de alguns dos fatos abordados na tentativa de compreender melhor como nossas análises realizadas no Capítulo 3 se relacionam com esta pesquisa em ensino de ciências, acerca das concepções de tempo de professores em pré-serviço de Física.

Voltando a alguns elementos históricos relacionados à Física a partir do século XIX, naquele contexto, pode-se perceber que, à medida que estradas de ferro, telégrafos, automóveis, rádios, etc. foram interligando regiões, formaram-se redes de integração territoriais. Através dessas redes, foram reduzidas as barreiras físicas que dificultavam o transporte e a circulação de matérias-primas, bens produzidos, pessoas, ideias e capital. Nesta perspectiva, fala-se em uma “redução” de distâncias, de tempo de produção, de circulação, de consumo de mercadorias, e de custos.

No entanto, concordamos com o geógrafo Milton Santos (2000, 2012) que a alta velocidade (seja dos transportes ou das comunicações) e a interligação destas redes criou uma espécie de “vertigem” para a população, à medida que trouxe a aparência de um mundo global de possibilidades para todos, sendo que, o que é imposto realmente aos sujeitos são

“fabulações”: o “encurtamento” das distâncias só se concretiza para aqueles que podem viajar e, a economia de tempo não é, minimamente, igualitária para as diferentes classes. Tal fábula aponta para um mundo ao alcance das mãos das pessoas, onde um mercado dito global busca cada vez mais a uniformidade, apresentando-se capaz de homogeneizar o planeta. Porém, o que ocorre é um aprofundamento das diferenças locais e entre classes, e um estímulo à cultura do consumo.

O autor considera que as bases materiais históricas destas fabulações estão na realidade da técnica atual:

A técnica apresenta-se ao homem comum como um mistério e uma banalidade. Como tudo parece dela depender, ela se apresenta como uma necessidade universal, uma presença indiscutível, dotada de uma força quase divina à qual os homens acabam se rendendo sem buscar entendê-la. É um fato comum no cotidiano de todos, por conseguinte, uma banalidade, mas seus fundamentos e seu alcance escapam à percepção imediata, daí seu mistério. Tais características alimentam seu imaginário, alicerçado nas suas relações com a ciência, na sua exigência de racionalidade, no absolutismo com que, a serviço do mercado, conforma comportamentos, tudo isso fazendo crer na sua inevitabilidade (SANTOS, 2000, p.45).

Assim, o geógrafo explica que o sistema político formado pelos governos e pelas grandes empresas utiliza os sistemas técnicos contemporâneos e seu imaginário para produzir a atual globalização que, com suas formas de relações econômicas implacáveis, não aceitam discussões, exigindo obediência imediata, sobre pena de exclusão dos sujeitos da cena. Trata-se de uma forma de totalitarismo insidiosa, já que se baseia em noções centrais à própria ideia de democracia, como a liberdade de opinião e de imprensa (SANTOS, 2000). Afinal, a grande imprensa também está diretamente ligada às grandes corporações, de modo que a diversidade de opiniões dificilmente alcança a população.

Desta forma, assim como a atividade da ciência não está alheia às vontades e decisões de tais conglomerados hegemônicos, pensamos que a educação e o ensino de ciências também não estão.

Por exemplo, em relação ao conceito de tempo, o sentido do tempo matemático é o mais acessado em nossa sociedade e em diversas outras, afinal, estamos imersos num sistema capitalista, no qual esta concepção é demasiadamente útil para a realização de diversas cadeias de atividades. Fazemos uso deste sentido em atividades dentro da academia, nas universidades e também fora delas, em nossas atividades cotidianas.

Contudo, nestas cadeias de atividades do mundo contemporâneo, desfrutamos de artefatos derivados da atividade científica, em especial, da física moderna. Destacaremos um

deles, de maior importância para esta abordagem: o GPS (Global Positioning System). O GPS é um instrumento que determina com precisão a localização de um corpo em qualquer parte da superfície da Terra, bastante comuns em celulares, automóveis, aviões, navios, etc. Este objeto, criado no século XX, resolveu de vez o problema da determinação da longitude, alterando a forma de cartografar o mundo, de navegar e de conduzir guerras. Sua calibragem é feita com base na Teoria da Relatividade Restrita.

Podemos pensar no GPS como uma destas banalidades descritas por Milton Santos, para as quais os homens se renderam sem que haja necessidade de alguma compreensão sobre tal dispositivo. Ora, nós nos relacionamos com este objeto apenas em sua forma final, não sendo necessário conhecer sua história, nem seu funcionamento. Somente nos beneficiamos de seu uso prático.

É esta perspectiva que nos leva a pensar no âmbito da educação, na Licenciatura em Física e no conceito de tempo.

Diferentemente do sentido do tempo matemático, os sentidos específicos relacionados à Termodinâmica e Relatividade, não costumam emergir nas cadeias de atividades do cotidiano. Em geral, eles aparecem em atividades circunscritas às disciplinas do curso de Licenciatura.

Consideramos que a resolução de exercícios de física é uma das atividades essenciais do processo de ensino-aprendizagem de teorias, porém, não é a única forma de se aprender e nem a suficiente para dar conta da complexidade de conceitos físicos. Por exemplo, entendemos que o processo de ensino-aprendizagem se beneficia quando envolve leituras, diálogos, discussões entre os sujeitos participantes do processo, junto a participação de elementos da história da ciência.

Por isso, para nós, proporcionar um ensino-aprendizagem voltado excessivamente aos produtos finais ou somente para a técnica da resolução de exercícios pode fazer o sujeito se munir de jargões estanques, cristalizados em definições. Estes, dispensam questionamento, aparentando serem naturais, banais.

Por fim, percebemos com este estudo, que a tendência mundial de uniformização de medidas, comportamentos, gostos, etc. levaram ao processo de “globalização” (alguns historiadores tomam as grandes navegações como o ponto de partida para o processo globalizante). Tal tendência de uniformização e padronização corresponde a uma cultura de massa, que fez e faz os sujeitos se relacionarem com artefatos culturais (sejam eles dispositivos tecnológicos, ou elaborações conceituais) de maneira obediente, formatada,

igual, desprovida de história. E a cultura de massa parece não ter história, não ter raízes. A cultura de massa parece estar “desprovida de raízes”.

Entendemos que a educação não pode ser tratada como cultura de massa. O ensino de Física possui “muitas raízes” e precisamos recuperá-las no ensino-aprendizagem de ciências para que se promova a reflexão sobre as teorias físicas no espaço e tempo presentes e para dotar de sentidos os conteúdos aprendidos formalmente nos cursos que, afinal, objetivam formar os professores das próximas gerações.

6.2 O laboratório e o método da ascensão do abstrato ao concreto

Utilizaremos, neste momento, uma metáfora a fim de ilustrarmos nossas ideias.

A universidade é um lugar que contém, entre muitos ambientes, laboratórios. Um laboratório, em especial, destina-se a atividades cujos objetivos, muitas vezes envolvem observação, teste, comparação, estabelecimento de relações, diferenciações, etc. para que sejam proporcionados melhores entendimentos sobre determinados objetos. Para tanto, nestas atividades, são realizadas ações com auxílio de instrumentos como pinças, micrômetros, telescópios, microscópios, balanças, etc. Estes, são todos elementos que se interpõe entre estudantes e seus objetos de estudo, impondo, necessariamente, certo distanciamento entre ambos, em favor da aprendizagem.

Neste sentido, ainda que o laboratório da universidade seja um lugar concreto pertencente ao mundo, de certo ponto de vista, parece estar fora dele, por abrigar atividades que buscam capturar dados sobre os objetos do mundo, a fim de possibilitar questionamento, novas relações, sentidos, significados.

Assim, é tomada certa distância do objeto de estudo, até porque, a demasiada proximidade a ele não permite sua visualização. A distância também pode ajudar o sujeito a olhar o objeto, conseguindo observar um todo, ou uma estrutura, ou a forma como se organizam e se relacionam seus elementos, favorecendo sua análise. Porém, neste laboratório, o sujeito não deve se distanciar demais do objeto, para não perder o foco de atenção sobre o mesmo.

Em termos de nossos referenciais teóricos, esta metáfora do laboratório pode ser interpretada pelo método da ascensão do abstrato ao concreto, no qual, busca-se ultrapassar a aparência em questão, o imediato, o observável, procurando por nexos e relações constituintes da realidade numa redução ao abstrato, e o retorno (ascensão) a ele (ao mundo) consiste na volta ao concreto real, ou concreto complexificado, qualitativamente diferente do primeiro concreto, no qual se fazem presentes toda sua complexidade e contradições.

Neste sentido, o sujeito que vai para o “laboratório” do curso de Licenciatura em Física, se distancia do mundo para poder entendê-lo. A distância do mundo (ainda que a universidade esteja dentro do mundo) é tomada em nome de sua compreensão.

Como já afirmamos, consideramos que a atividade de resolução de problemas, realizadas nas salas de aula da universidade, seja fundamental para a compreensão das teorias físicas sobre o mundo. Contudo, tais atividades podem também fazer com que os objetos que se estudam (entre eles, o conceito de tempo), se distanciar dos sujeitos, já que os inserem e os aprofundam em atividades principalmente técnicas. Tais atividades, se por um lado, são fundamentais para exercitar a relação entre conceitos dentro das teorias, por outro, podem fazer os sujeitos da aprendizagem “perderem os objetos de vista”, no sentido de que, os instrumentos utilizados nestas atividades técnicas podem se tornar seus únicos ou principais representantes, com seus sentidos vinculados somente aos instrumentos, no processo de redução. Por isso é necessário a volta ao concreto, para que os conhecimentos adquiridos neste “lugar distante do mundo”, façam sentido “dentro” do mundo, do lado de fora do “laboratório”.

Ora, se nas disciplinas de Física, a atividade de resolução de exercícios é dominante, o objetivo desta, em primeira instância, é o de obter resultados compatíveis àqueles esperados pela teoria. Vale lembrar que, nas atividades matemáticas, após a obtenção do resultado final, as reflexões que as acompanham, muitas vezes, não são verbalizadas ou exercitadas.

Assim, consideramos que, depois de longos períodos fechados em sala de aula, envolvidos em atividades de resolução de exercícios, é necessário a “saída” dos estudantes destes “laboratórios” para que seus aprendizados não se encerrem em exercícios das disciplinas da faculdade.

Uma alternativa para esta “saída” refere-se à existência de uma disciplina obrigatória, que tenha como objeto principal o estudo dos conceitos fundamentais da Física, de modo a contemplar elementos da história da ciência. Esta é uma alternativa em face aos problemas levantados nesta investigação, para que um repertório de atividades humanas, responsáveis pela construção dos diferentes sentidos do tempo, sejam conhecidos e compreendidos como pertencentes ao objeto tempo, e não apenas como sentidos utilizados em determinados semestres, em certas disciplinas, com determinados professores, suas listas e provas.

6.3 Uma proposta de perfil conceitual complexo de tempo para nossas amostras

Neste momento, apresentaremos um resumo das principais concepções encontradas sobre o conceito de tempo em nossas amostras.

A partir da análise das entrevistas, verificamos que são diversas as concepções de tempo dos professores em formação selecionados para nossas amostras. Em geral, os entrevistados consideram haver muitas interpretações para o conceito de tempo.

Por exemplo, encontramos respostas referentes ao chamado “relógio” biológico, esta variação regular e cíclica dos organismos associada à sobrevivência (fome, sono, sede, frio) e aos ciclos naturais exteriores, astronômicos. Também foi abordada existência de uma temporalidade na consciência. Estas concepções do tempo foram agrupadas na zona do *tempo da sinergia*, que abarca três zonas: *tempo e luz*, *tempo dos astros* e *tempo do organismo*. Estas diferenciações foram feitas pois, nem sempre nas entrevistas, as três zonas se mostravam imbricadas (como para o caso do estudante 3, quando considerou a impossibilidade de medir o tempo no escuro). No entanto, na maioria das vezes, pudemos verificar a associação entre elas.

Em vários momentos das entrevistas, a percepção do tempo ocorreu por meio de “marcações” relacionadas aos organismos, ou melhor, à natureza em geral, o que também foi associado à zona do *tempo matemático*, que é o tempo numérico, contado a partir da variação periódica de algum fenômeno.

Esta zona do tempo matemático foi bastante encontrada principalmente de duas maneiras: quando os entrevistados abordaram o tempo por meio/constituído de seus afazeres, estando relacionado ao planejamento de atividades diárias, sendo classificados na zona tempo calendário e, também com relação ao fato do tempo ser numérico e que, escolhas e caminhos tomados não são passíveis de serem refeitos. Neste caso, as falas foram classificadas na subzona do tempo matemático: tempo numérico irreversível.

Lembramos que, o que estamos chamando o *tempo matemático* difere do tempo da Mecânica Clássica (teoria reversível no tempo e que possui outros atributos para este conceito, como uniformidade, heterogeneidade, independência com relação à matéria, energia, etc. aspectos não mencionados nesta classificação).

Sobre o tempo associado à transformação, várias vezes as modificações no ambiente foram consideradas como um modo de conhecer o tempo. Pudemos perceber que, para alguns entrevistados tais considerações também contemplaram a zona do *tempo da sinergia*, já que as transformações podem ser notadas pela passagem de pensamentos, ou crescimento e envelhecimento dos seres ou pela observação dos fenômenos cíclicos da natureza (nacer

e pôr do sol, movimentos dos astros, estações do ano), e também pelas modificações criadas especialmente para funcionarem como relógios, pêndulos, ampulhetas, relógios atômicos, etc.

Assim, dada a abrangência desta zona, nas diversas escalas de tamanho da natureza, o tempo como transformação foi relacionado à zona do *tempo da Física*, principalmente devido ao movimento de corpos e partículas nos diversos sistemas físicos.

Os contextos mais abordados na zona do *tempo da Física*, referem-se a Mecânica Clássica, quando o tempo foi relacionado à conceitos como velocidade, aceleração, espaço, e às situações cotidianas como, duração existentes em determinados deslocamentos, etc. e ao contexto da Relatividade Restrita, incluindo as amostras que não haviam realizado à disciplina, expondo o interesse dos alunos pelo tema.

Sobre a zona do *tempo absoluto*, esta contemplou falas que consideraram o tempo como uma espécie de cenário, palco para os fenômenos físicos. Trata-se de um tempo que passa conferindo durações aos movimentos do mundo e da consciência, de forma independente do homem. Nestas falas, este conceito era entendido independente do referencial e da presença de campo ou matéria. Algumas vezes os participantes também comentaram que sempre o tempo sempre existiu, ou que é independente da existência humana.

Já o *tempo sentimental*, foi abordado devido às questões relativas ao desejo de que uma determinada atividade perdure ou não, quando estamos, respectivamente, entretidos, sentindo prazer, ou sentindo tédio e dor.

Este tempo que passa rápido ou despercebido não foi considerado pelos estudantes como um tempo marcado pelo relógio. Ao contrário, foi descrito como desconectado de um valor medido, de um passar mecânico de segundos, minutos. Consideramos, analisando as respostas, que se trata de um tempo associado a um sentimento de contentamento aflorado na atividade vivida e, portanto, de um tempo vinculado a afetos (daí a ideia deste nome para a zona).

No entanto, de certa forma, algumas vezes o *tempo sentimental* mostrou-se vinculado à zona do tempo matemático, já que foi comparado pelos entrevistados com uma quantidade de tempo mensurada por relógios.

Um dos participantes, o estudante 13, estabeleceu uma relação entre o conceito de tempo próprio, referente ao contexto da Relatividade Restrita e o *tempo sentimental*, além do *tempo da sinergia*. A questão da dilatação do tempo (conteúdo da disciplina de Relatividade Restrita) também foi relacionada ao *tempo da sinergia*, pelo estudante 7, do

terceiro ano. Por isso, tais zonas, apesar de distintas, puderam ser pensadas e relacionadas por estes dois estudantes que, conforme mencionamos anteriormente, foram identificados contendo falas com indícios da terceira ordem de aprendizagem.

Sobre a zona *Reflexão sobre o tempo*, esta abriga três zonas: a zona do *tempo da subjetividade*, do *tempo e finalidade* e do *tempo em si*.

Sobre a zona do *tempo em si*, alguns estudantes discerniram entre a medida do tempo e sua essência: consideraram a percepção do tempo por meio de substâncias, como nos relógios de areia, ou pelas transformações observadas no mundo, como manifestações e efeitos do tempo, mas não como constituindo o tempo em si. Assim, estes entrevistados descreveram a medida do tempo como uma das formas de sua manifestação, mas não uma ontologia em si.

Com relação à zona *tempo e finalidade*, esta referiu-se às motivações em aprender os sentidos físicos do tempo, ou seja, o valor do conhecimento aprendido formalmente sobre este conceito. Foram mencionados diversos motivos, dos mais pragmáticos e utilitaristas até os que consideravam as possibilidades de ampliação da consciência, capacidade crítica, etc.

O *tempo da subjetividade* foi registrado para as falas que fizeram referência à finalidade do tempo como aproveitamento, usufruto do presente a partir de coisas realmente importantes para os entrevistados, dada a consciência do limite da vida. Muitas vezes esta concepção mostrou-se associada à zona do *tempo como valor de troca*.

Assim, o tempo, vinculado ao trabalho assalariado, foi percebido em sua necessidade de produzir valores de troca (para a reprodução ampliada do capital). Por isso, no geral, os estudantes mostraram-se bastante críticos com relação a esta concepção, citando o comportamento de pessoas de seu convívio ou das sociedades capitalistas como um todo, que reservam a maior parte de seus tempos para consumir, ao invés de fazer algo que seja relevante para si próprios, considerando suas subjetividades. A zona do tempo como valor de troca, mostrou-se, portanto, relacionada à zona do *tempo da subjetividade* e à zona do *tempo matemático*.

6.4 Considerações finais

Vivemos numa sociedade em que cada vez mais nos distanciamos do meio ambiente. Nas cidades, rios correm por baixo de nós e, muitas vezes, sem que os percebamos.

Com relação ao conceito de tempo, este é um objeto presente no meio ambiente de diferentes maneiras, quer seja em seu aspecto epistemológico, ontológico ou axiológico. No

recorte de elementos históricos que estabelecemos para o Capítulo 3, também foi observado certo distanciamento entre meio ambiente e conceito de tempo.

Abordamos a questão da predominância da relação entre homem e meio ambiente nas sociedades agrárias, quando os ciclos regentes das atividades humanas eram, principalmente, vinculados aos fatores climáticos e de luminosidade do planeta, de forma a harmonizar-se com os homens (devido ao “relógio biológico”), havendo certa proximidade entre os diversos tempos presentes nestas comunidades.

Já nas sociedades dominadas pelo capital, os trabalhadores se tornam despossuídos das condições naturais de produção de sua existência, havendo, por isso, um distanciamento entre sujeito e meio ambiente. Este distanciamento foi também observado entre sujeito e conceito de tempo, na medida em que os “relógios” internos dos organismos e os “relógios” climáticos do planeta não estão mais, necessariamente, “sincronizados” ou harmonizados com os medidores de tempo mecânicos impostos pelo sistema produtivo.

Por outro lado, abordamos também o alto grau de síntese sofrido pelo conceito de tempo com o advento dos calendários e diversos tipos de relógios. Afinal, se o conceito de tempo se relacionava inicialmente ao movimento do Sol, mais adiante também foi associado ao escoamento da água, da areia, entre outros tipos de mecanismos. Os vários tipos de relógios podem ser interpretados como novas mediações entre sujeito e tempo, de modo a movimentar o conceito, o ampliando, tornando sua aparência-essência mais complexa.

Nesta perspectiva de complexificação do conceito de tempo, com a atividade científica, mediante os trabalhos de físicos como Huygens, Galileu e principalmente Newton, foram construídas mais mediações para o tempo, fazendo com que, na ciência, este passasse a ter um sentido diferente daquele comum às diversas sociedades, centrando-se não mais no homem e em suas atividades, nem mesmo nos relógios, mas no universo da matemática. Novamente, um distanciamento entre sujeito e tempo se fez presente, no sentido de que o tempo abstrato e matemático da ciência se desconectou dos artefatos humanos (os relógios) tornando-se independente, absoluto no universo.

Dando prosseguimento ao nosso recorte nos elementos da história, nas fases das revoluções industriais, observamos que este afastamento mencionado entre homem e meio-ambiente e, também, entre sujeito e tempo, pôde atingir um nível mais profundo. Com o imperialismo mundial, a decisão sobre o meio ambiente e também sobre tempo e o ritmo de vida das pessoas, que já não pertencia ao trabalhador, perdeu força relativa às elites próprias das sociedades, tornando-se mais subordinada a pequenos e poderosos grupos internacionais. Assim, devido a interesses das grandes corporações, foram, por exemplo, impostos a

padronização do tempo, sua unificação em territórios e a organização em fusos horários pelo planeta.

Todavia, à medida que o conceito de tempo passa a se tornar mais complexo, quanto mais mediações, determinações, mais sofisticado e inacessível este conceito pode ficar para a maioria das pessoas nas diversas sociedades.

Por exemplo, a definição de tempo colocada como epígrafe deste capítulo, do físico relativista G. Matsas, é uma elaboração bastante sofisticada e, para compreendê-la, é necessário adentrar em atividades e contextos específicos.

Por isso, como nesta definição, o conceito de tempo na ciência também pode sofrer certo tipo de distanciamento com relação aos sujeitos da universidade. Estando cada vez mais sofisticados, os conceitos físicos podem tomar formas somente acessíveis a cientistas imersos em atividades específicas. (No entanto, consideramos que tal definição, embora muito bonita, não seja suficiente para dar conta da complexidade do conceito de tempo. Afinal, imaginamos que não seja capaz de explicar o tempo sentimental - aquele que passa depressa quando estamos entretidos, ou o tempo relativo às memórias - que podem ser alegres, ou lúgubres, ou felizes e saudosas, entre diversos afetos, ou sobre a ontologia do tempo e sua essência, de maneira desvinculada de sua medida, ou também, podemos questionar se esta definição consegue resolver a aporia sobre o conhecimento do tempo na física de Aristóteles, etc. Um outro aspecto a considerar é que, o próprio professor, daqui alguns anos, após reflexões, provavelmente poderá enuncia-la de outra forma, ou poderá reformulá-la, ou a alterá-la de algum modo). Isto porque, para nós, conceito de tempo é uma entidade complexa e que está em movimento e, portanto, dificilmente se apronta e se exaure, mas, como construto histórico, se transforma e se metamorfoseia. Por isso, consideramos difícil pensar neste conceito descrito por uma única definição, ou uma lista de atributos, dotados de propriedades suficientes. Entendemos que o conceito de tempo existe imerso em vários contextos, habitando cadeias de atividades que sustentam seus significados, sentidos, naturezas, valores e fins, num dado espaço e momento histórico.

É nesse momento que pensamos sobre o importante papel da educação de socializar os conhecimentos, de proporcionar aos sujeitos as capacidades desenvolvidas pelo gênero humano. E assim, o ensino de tempo na formação de professores, deve procurar interlocução com as narrativas históricas e culturais de mundo, para que os diversos sentidos deste conceito, seja relacionado ao meio ambiente, aos organismos, à matemática e outros contextos específicos, possam não se tornar distante dos alunos, a ponto de só fazerem sentido nas notas de aulas de seus cadernos universitários.

Se na maioria das vezes os licenciados, apenas em meio a atividades de resolução de exercícios, se depararem constantemente com mesma zona do conceito de tempo - numérica, enxuta, desprovida de história e, portanto, não enriquecida de relações humanas, pode parecer que esta concepção descreve os últimos, e não possíveis sentidos sobre este conceito. E a naturalização desta concepção “definitiva” de tempo encontra terreno fértil, já que é, repetidas vezes, experimentada em comum nas diversas atividades das disciplinas voltadas à Física, na Licenciatura.

Vale destacar que, o entusiasmo dos estudantes a respeito de temas como Relatividade, notado nos anos iniciais do curso, parece minguar-se ao longo da graduação, especialmente após a conclusão desta aguardada disciplina, provavelmente diante da ausência de atividades cujos objetivos sejam a discussão de temas envolvendo as fronteiras das teorias físicas, seus limites e possibilidades (atividades que, a princípio, na universidade, parecem estar reservadas a especialistas).

Para nós, consideramos que a formação de professores deve ir na contramão da naturalização e cristalização de conceitos fundamentais da Física, no sentido de formar professores reflexivos, questionadores, abertos à alteridade e diversidade de ideias, além de serem capazes de discutir os limites da ciência e seus domínios de validade.

6.5 Limitações e vertentes

Esta pesquisa apresentou algumas limitações importantes, principalmente com relação às amostras e ao programa do curso de Licenciatura.

Sobre o programa do curso, como informamos na apresentação deste trabalho, foram realizados estudos, não de maneira exaustiva, sobre os sentidos do tempo relacionados à Mecânica Clássica, à Termodinâmica e à Relatividade Restrita, não sendo possível investigar o sentido do tempo referente ao contexto da Física Quântica.

Sobre às nossas amostras, a limitação se refere ao seu tamanho, uma vez que foram entrevistados 17 licenciados. Este número de participantes nos permitiu a realização de análises qualitativas dos dados. Assim, um importante complemento a esse estudo seria colher a visão de mais licenciados, a fim de possibilitar uma análise quantitativa sobre a população de professores em pré-serviço.

Sobre as análises dos cursos de Licenciatura, as informações contidas nos sites do Instituto de Física estavam sujeitas a alterações ou até, em algumas disciplinas, estavam incompletas. Logo, as entrevistas com os docentes foram bastante relevantes para a investigação sobre como o conceito de tempo é abordado nas disciplinas da Física.

Ao longo da investigação, sentimos necessidade de alterar e acrescentar perguntas da entrevista, como por exemplo, perguntar diretamente se o participante estabelece relações entre os conceitos de tempo e entropia, e se estudou a “seta do tempo” nas disciplinas de “Física do Calor” e “Termoestatística”, uma vez que, espontaneamente, esta relação não estava sendo contemplada nas respostas às perguntas formuladas até então.

A despeito destas ponderações, embora os resultados desta pesquisa não possam ser generalizados para a população geral do curso de Licenciatura, encontramos indícios de problemas bastante importantes sobre o ensino-aprendizagem do conceito de tempo, tanto nas etapas de análise do curso de Licenciatura, como nas transcrições das entrevistas com os licenciados. Tais problemas levantados abriram vertentes interessantes a serem seguidas com relação ao curso de Licenciatura.

Por exemplo, sobre os elementos históricos presentes no curso, nas disciplinas obrigatórias, quando estes são abordados (como na disciplina de Gravitação) apenas se fazem presentes os contextos envolvendo a Física Clássica, quando está em cena o sentido do tempo da Mecânica. É bastante raro encontrar, nos diversos manuais didáticos, contextos históricos da ciência envolvendo a gênese dos sentidos do tempo relativístico e termodinâmico.

Outro aspecto relevante se deve à discussão sobre os diferentes domínios de validade dos sentidos do tempo. Notamos certas confusões com relação ao uso do sentido do tempo nos contextos apropriados (como o sentido do tempo absoluto sendo válido no contexto relativístico). Também foi verificada a artificialidade com que as questões relativísticas aparecem nos materiais didáticos, desprovidas de elementos históricos, fazendo com que os estudantes compreendam os novos sentidos do tempo apresentados nas disciplinas como instrumentos acessórios, úteis para a resolução de exercícios, e não como construções pertencentes ao conceito, que efetivamente proporcionaram seu movimento, sua complexificação ao longo da história. Assim, consideramos que a inserção de atividades envolvendo estes temas junto de elementos históricos poderá suprir lacunas significativas na formação destes profissionais.

É preciso destacar também que, o conceito de tempo relacionado aos contextos de Física Moderna, Relatividade, bem como discussões sobre as fronteiras das teorias físicas, despertam muita motivação e entusiasmo dos estudantes nos anos iniciais do curso. Esta motivação parece diminuir à medida que os alunos realizam estas disciplinas, o que, para nós, sugere a inclusão destes temas em atividades cujos objetivos sejam seus estudos e

debates, para que as teorias da Física sejam pensadas e discutidas pelos professores em formação, após o conhecimento formal de seus conteúdos durante o curso.

Com relação ao aporte teórico da TASCH, associado ao estudo de elementos históricos relativos ao conceito de tempo, este mostrou-se bastante fértil para a compreensão da ampliação do conceito de tempo, com a complexificação das atividades humanas ao longo da história, de forma a salientar o problema da alienação relativa as mediações do tempo.

Esperamos que este estudo permita o aprofundamento das reflexões sobre o Curso de Licenciatura, a formação de professores e a complexificação dos conceitos como forma de ampliação da consciência dos sujeitos em atividade no e com o mundo.

Bibliografia

- ABAPI, Propriedade Industrial no Brasil. 50 Anos de história. Disponível em, <http://livrozilla.com/doc/1342164/livro-completo>. Acesso: agosto de 2016.
- ABRANTES, P. C. C. A metodologia de J. C. Maxwell e o desenvolvimento da teoria eletromagnética Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 5 (Número Especial): 58-75, jun. 1988
- ANTUNES, R. O sistema do capital e a alienação do trabalho. Disponível em:
- ANTUNES, R. Os sentidos do trabalho. São Paulo: Boitempo, 1999
- BECHARA M.I., DUARTE J.L. M., ROBILOTTA M.R., SALÉM S. *Relatividade. Notas de aula do curso de Física 4*. IFUSP/SP. 2000.
- BENCHMARK PAPERS OF ENERGY, *The second law of thermodynamics*, Hutchinson & Ross, 1976.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História*, 1965, vol. I, vol. IV, Livros Horizonte, Lisboa, 1975.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História*, 1965, vol. III, vol. IV, Livros Horizonte, Lisboa 1969.
- BIZERRA, A. F. *Atividade de aprendizagem em museus de ciências*. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2009.
- BLAINEY, G. *Uma Breve História do Mundo*. 2ª edição. Editora Fundamento Educacional, São Paulo, SP. 342p. 2008.
- BOORSTIN, D. J. *Os Descobridores. De como o homem procurou conhecer-se a si mesmo e ao mundo*. 2ª edição. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, RJ, 646 p.1989.
- BURROWES M. FARINA C., *Sobre o pêndulo isócrono de Christiaan Huygens*, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 175 - 179, 2005;
- CAMILLO, J. *Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em Ciências*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.
- CAMILLO, J. *Experiências em Contexto: a Experimentação numa Perspectiva sócio-cultural-histórica*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2011.
- CASASANTO D., FOTAKOPOULOU O., BORODITSKY L. *Space and time in the child's mind: evidence for a cross-dimensional asymmetry*. Cogn. Sci. 34, 387–405. 2010.
- CHERMAN A.; VIEIRA, F. *O tempo que o tempo tem. Por que o ano tem 12 meses e outras curiosidades sobre o calendário*. Zahar, ed. Rio de Janeiro, RJ. 2008.
- COLE, M. *Cultural psychology: A once and future discipline*. Belknap Press, 1988.
- COMISSÃO PERMANENTE DE LICENCIATURA. *Programa de Formação de professores da Universidade de São Paulo*. 2004, p. 1–31.

- CREASE, R. P. *A busca por um sistema universal de pesos e medidas*. Ed. Zahar. Rio de Janeiro, 2011.
- CROCHIK, L. *Educação em ciências como arte: aventuras docentes em busca de uma experiência estética do espaço e tempo físicos*. Tese de doutorado apresentada no programa no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2013.
- DALRI J. TAVARES, L. RODRIGUES A. MATTOS C. *A reorganização da atividade na mudança de contextos: um olhar para as classes hospitalares*. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES. 2009.
- DALRI, J. *A dimensão axiológica do perfil conceitual*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2010.
- Daniels (org). *Uma introdução à Vygotsky*. São Paulo: Edições Loyola, 2003.
- DAVIDOV, V. V. *Types of generalization in instruction: Logical and psychological problems in the structuring of school curricula*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. (Original work published 1972), 1990.
- DAVIDOV, V. V.; ZINCHENKO, V. P. *A Contribuição de Vygotsky para o desenvolvimento da psicologia*. In: DANIELS, H. (org.). *Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos*. São Paulo: Papirus, 1993.
- DUARTE, N., *Vigotski e o "Aprender a Aprender": crítica às apropriações Neoliberais e Pós-Modernas da Teoria Vigotskiana*. Autores Associados, Campinas, 2000.
- ELIAS, N., *Sobre o tempo*. Ed. Zahar, Rio de Janeiro, 2010.
- ENGELS, F. *A transformação do macaco em homem*. In: *O papel da cultura nas ciências sociais*. Porto Alegre: Editorial Villa Martha, 1980. p. 7–20.
- ENGESTRÖM, Y. *Communication, discourse and activity*. The Communication Review, v. 3, n. 2, p. 165–1. 1999.
- ENGESTRÖM, Y. *Expansive Learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization*. Journal of Education and Work. 14(1), 2001.
- ENGESTRÖM, Y. *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.
- ENGESTRÖM, I. *Como superar a encapsulação na aprendizagem escolar*. In: Harry, FIEDLER-FERRARA, N & MATTOS, C. *Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade*. In: Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2002.
- FLOOD, R. McARTNEY R. WHITAKER A. *James Clerk Maxwell, perspectives on his life and work*. Oxford University Press. United Kingdom. 2014.

- GALILEU, G. *Duas novas ciências*. Ed. Nova Stella. São Paulo. 1988
- GALISON, P. *Einstein's clocks, Poincaré's maps. Empires of time*. W. W. Norton & Company, Inc. EUA, 2003.
- GAMOW, G. *Biografia da Física*, Zahar editores, Rio de Janeiro, 1963.
- GERKEN, C. H. de S. *A Razão e o Outro em Lévy-Bruhl: Notas para um Diálogo com a Psicologia Histórico-Cultural de Vigotski*. Pesquisas e Práticas Psicossociais 7(1), São João del-Rei, janeiro/junho 2012
- GOBARA S. T. GARCIA J. R. B. *As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física* Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 519-525, 2007
- GOUREVITCH, A. Y. O tempo como problema de história cultural. Em Paul Ricoeur (org.): *As culturas e o tempo*. (trad. Gentil Tilton et al, Petrópolis/São Paulo, SP. Edusp, 1975.
- HALLIDAY D., RESNICK R., KRANE K., *Física 1*, LTC, 4ª Edição, 1996.
- HALLIDAY D., RESNICK R., KRANE K., *Física 3*, LTC, 5ª Edição, 2004.
- HELENE, M. E. M. A fome, de alimentos e de justiça social. Revista Adusp. disponível em: <http://www.adusp.org.br/files/revistas/03/r03a06.pdf>. Acesso em dezembro de 2016.
- HELENE, M. E. M. *Ciência e tecnologia: de mãos dadas com o poder*. Ed. Moderna. 1996.
- HENRY, J. *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 1997.
- HESSEN B. *As raízes sócio-econômicas dos Principia de Newton*. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbep/pdf/vol06a06.pdf>. Acesso em outubro de 2017. 1946.
- HOBBSAWM, E. J. *A era dos impérios, Paz e terra*, Rio de Janeiro, 2002.
- HOBBSAWM, E. J. *Da revolução industrial inglesa ao imperialismo*. Forense Universitária, Rio de Janeiro, 2014.
- http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/4924/4924_5.PDF, acesso 2016
- HUNT, E. K. *História do Pensamento Econômico*. Rio de Janeiro, RJ. Editora Campus. 541 p. 1981.
- ILYENKOV E. *A Dialética do Abstrato e do Concreto em O Capital de Karl Marx*. Disponível em <https://www.marxists.org/portugues/ilyenkov/1960/dialetica/01.htm> (Acesso em: 19 dez. 2014) 1960.
- ILYENKOV E. *Problems of Dialectical Materialism*. Disponível em <https://www.marxists.org> (Acesso em: 10 nov. 2014) 1977.
- JAPIASSU, h. *As Paixões da Ciência. Estudos de História das Ciências*. São Paulo, SP. Letras & Letras, 336 p. 1991.

- KARAN, R. S. CRUZ S. M. S. C. S. COIMBRA D. *Tempo relativístico no início do ensino médio* Rev. Bras. Ens. Fís. n. 28. n.3. p. 373-386. 2006.
- KEHL, M. R. *O tempo e o cão*. São Paulo, SP. Boitempo, 2009.
- KONDER, L. *O que é dialética*. São Paulo: Brasiliense, 2003.
- KOPNIN P. V. *A dialética como lógica e teoria do conhecimento*. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1978.
- KOSIK, K. *Dialética do Concreto*. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1985
- KOYRÉ, A. *Estudos de história do pensamento científico*. Trad. Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.
- KUBRIN, D. – *Newton e o Cosmo cíclico: A Divina Providência e a Filosofia Mecânica*. Em Westfall R. S & Cohen B (Orgs.) *Newton. Textos, Antecedentes, Comentários*. Ed. Uerj. Contraponto. Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- LE GOFF, J. *Para um Novo Conceito de Idade Média – Tempo, Trabalho e Cultura no Ocidente* Imprensa universitária. Editorial Stampa. Porto Alegre. 1979.
- LEFEBVRE, H. *Lógica formal, lógica dialética*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira. 1983
- LEFEBVRE, H. *Marxismo*. Tradução William Lagos. Porto Alegre: L&PM, 2010.
- LEHER, R. *Tempo, Autonomia, Sociedade Civil e Esfera Pública*. Em: *La Ciudadania Negada. Políticas de Exclusión en la Educación y el Trabajo* Clacso, Buenos Aires. 2000. Disponível em <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101010022921/8leher.pdf> , acesso em 2016.
- LEMMER, M. LEMMER T. N., SMIT, J. J. A. VREKEN N. J. *Student's perceptions of time*. Potchefstroom University for CHE, Potchefstroom, South Africa 1999. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/255609064_Students'_perceptions_of_time. Acesso em 2015.
- LEONTIEV, A. R. *Activity, Consciousness and personality*. Disponível em www.marxists.org (Acesso em: 20 dez. 2014) 1978.
- LEONTIEV, A.R. *O Desenvolvimento do Psiquismo*. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.
- LUCKESI, Cipriano C. *Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática*. Salvador: Malabares Comunicação e Eventos, 2003.
- LURIA, A. R. *A construção da mente*. São Paulo, Ícone, 1992.
- LURIA, A. R. *Desenvolvimento cognitivo: Desenvolvimento cognitivo seus fundamentos culturais e sociais*. São Paulo: Ícone, 1990.
- MARICONDA, P. & LACEY, H. *A águia e os estorninhos. Galileu e a autonomia da ciência*. Tempo Social; Rev. Sociol. USP, S. Paulo, 13(1): 49-65, 2001.

- MARICONDA, P. R. *Galileu e a ciência moderna*. Cadernos de Ciências Humanas - Especiaria. v. 9, n.16, jul./dez., p. 267-292. 2006.
- MARKUS R. P. MORTANI E. J. BARBOSA J., FERREIRA, Z. S. *Ritmos biológicos: entendendo as horas, os dias e as estações do ano* Einstein; 1:143.2003
- MARKUS R. P. CECON E. *O tempo biológico e a defesa do organismo: Uma conversa bidirecional entre a glândula pineal e o sistema*. Disponível em: <file:///C:/Users/Fernanda/Desktop/markus%20e%20cecon.pdf> . Acesso em maio de 2017.
- MARKUS, R. P., AFECHÉ, S. C., BARBOSA JR., E. M., LOTUFO, C. M. C., FERREIRA, Z. S., E CIPOLA-NETO, J. *Glândula pineal e melatonina*. Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações (pp. 191-222). São Paulo: Edusp. (2003).
- MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. *Cronobiologia: princípios e aplicações*. 3 ed. São Paulo, SP.: EDUSP, 2003.
- MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. *Cronobiologia: princípios e aplicações*. 3 ed. São Paulo, SP.: EDUSP, 2003.
- MARTÍNEZ NOVO, R. *Del tiempo insostenible y del sentido del tiempo en las comunidades kichwa canelos*. Desacatos, n. 40, septiembre-diciembre, p. 111-126, 2012.
- MARTINS, A. F. P. *O ensino do conceito de tempo: contribuições históricas e epistemológicas*. Dissertação de Mestrado em ensino de Ciências. IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1998.
- MARTINS, A. F. P. *Tempo Física: a construção de um conceito*. Edufrn, Natal, 2007.
- MARTINS, R.A. *A origem histórica da relatividade especial*. LF Editorial. São Paulo, 2015.
- MARX, K. *O Capital. Crítica da Economia Política*. Vol.1 Livro Primeiro. O Processo de Produção do Capital. Tomo 1. Prefácios e capítulos I ao XII. São Paulo: Nova Cultural Ltda, 301 p. 1985.
- materialism: a critical reading of Marxism in Vygotskian approaches to cultural studies in science education*. Cultural Studies Of Science Education, v. 9, p. 583-589, 2014.
- MATTOS C. R. DRUMMOND, A. V. N. *Sensação Térmica: Uma abordagem interdisciplinar*. Cad. Bras. Ens. Fís., v.21, n1: p. 9-26, abr. 2004
- MATTOS, C.R. *Conceptual profile as a model of a complex world*. In: E.F.Mortimer & C. N. El-Hani, Charbel (Eds.) *Conceptual Profile: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. Contemporary Trends and Issues in Science Education Series, Vol. 43 (1st Ed.), Berlin: Srpinger. 2014. (in press)

- MATTOS, C. R. Livro didático na atividade educacional: a parte ou o todo? Em: *Enfrentamento do Ensino de Física na Sociedade Contemporânea*. Ed. Livraria da Física, São Paulo, SP, Org. Garcia, N. M. D, Auth, M. A. Takahashi, E. K. 2016.
- McGUIRE, J. E. & RATTANSI P. M. *Newton e as “Flautas de Pã”*. Em Westfall R. S & Cohen B (Orgs.) *Newton. Textos, Antecedentes, Comentários*. Ed. Uerj. Contraponto. Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- MENNA-BARRETO, *Ontogênese do sistema de temporização – a construção e as reformas dos ritmos biológicos ao longo da vida humana*. Psicologia USP, 2007, 18(2), 133-153. 2007.
- MLODINOW, L. *A Janela de Euclides. A História da Geometria: das linhas paralelas ao hiperespaço*. Geração editorial, São Paulo, SP, 295 p. 2004
- MOREIRA, I. MASSARANI, L. *Cândido Batista de Oliveira e seu papel na implantação do Sistema Métrico Decimal no Brasil*. Rev. Soc. Bras. Hist. Ciência 18, 3-16, (1997) (ABAPI, 1998)
- MORTIMER, E. F. *Conceptual change or conceptual profile change?* Science & Education, vol. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.
- MORTIMER, E. F. *Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos?* Investigação em Ensino de Ciências 1(1). Disponível em <www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>. Acesso 13/04/2005, 1996.
- MORTIMER, E. F., & EL—HANI, C. N. (Eds). *Conceptual profile: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 2014
- MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- NAESS, A. *Galileu galilei, um revolucionário ao seu tempo*. Jorge Zahar, 2015.
- NEWMAN, F. HOLZMAN, L. *Lev Vygotsky: cientista revolucionário*. São Paulo: Loyola. 2002.
- NEWTON, I. *Principia: princípios matemáticos de filosofia natural - Vol.I* (Trad.Trieste Ricci et al.), São Paulo: Nova Stella / EDUSP, 1990, p. 6-7.
- NOVELLI, P. G. A., PIRES, M.F.C. *A dialética na sala de aula*. Botucatu: UNESP, 1996.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Física Básica*, Vol. 1, Edgard Blücher, Terceira edição 2000/
- NUSSENZVEIG, H. M. *Física Básica*, Vol. 4, Edgard Blücher, Primeira edição 2010
- NUSSENZVEIG, H. M. *Física Básica*, Vol.2, Edgard Blücher, Quarta edição 2011
- OLIVEIRA, L. A. *Imagens do tempo*. Em: *Tempos dos tempos*. Doctors, M. (Org). Zahar Ed. Rio de Janeiro, RJ. 2003

- OLIVEIRA, M. K. *Vigotski: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. Ed. Scipione, São Paulo, 1993.
- OSTERMANN F. RICCI T.F. *Relatividade restrita no ensino médio: Contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física*. Caderno Catarinense de Ensino de Física 19, p.176. 2002 .
- PAZELLO, F. P. *Conceito de generalização a partir de um olhar dialético-complexo sobre o modelo de perfil conceitual*. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2011.
- PAZELLO, F. P. MATTOS, C. R. *O Conceito de Generalização: Explorando os Limites do Modelo de Perfil Conceitual*. XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia, 2010.
- PEDRAZOLLI, M. TUFIK, S. PEREIRA, D. S. *Moléculas que marcam o tempo. Implicações para os fenótipos circadianos*. Revista Brasileira de Psiquiatria.31(1), 63-71, 2009.
- PEDUZZI, L. O. Q *Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da Mecânica?* Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n1: p.48-63, abr.1996
- PERNOUD, R. *As origens da burguesia*. Portugal: Publicações Europa-América, 1969.
- PIETTRE B. *Filosofia e ciência do tempo*. Ed. Edusc, São Paulo, 1997
- PIMENTA, D. M. *O relógio... sua história*. Ed. Dimep. Ltda. São Paulo, SP. 1976.
- PIRES, M. F. C. *O Materialismo histórico-dialético e a educação*. Interface. Comunicação, Saúde, Educação, v.1, n.1, 1997.
- PRIGOGINE, I. & KONDEPUDI, D. *Termodinâmica – Dos Motores Térmicos às Estruturas Dissipativas*, Instituto Piaget, 1999.
- PRIGOGINE, I. & STENGER, I. *A Nova Aliança*. Brasília: UNB. p.247, 1984.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma nova perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis: Vozes, 19ª edição. 2008.
- REIS, J. C. GUERRA, A. BRAGA, M. *Breve História da Ciência Moderna*. Vol.2.Jorge Zahar ed. Rio de janeiro, RJ, 2004.
- REIS, J. C. GUERRA, A. BRAGA, M. *Breve História da Ciência Moderna*. Vol.4.Jorge Zahar ed. Rio de janeiro, RJ, 2004.
- RODRIGUES, A. M. & MATTOS, C. R. *Reflexões sobre a noção de significado em contexto*. V Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Madri: 2006a.

- RODRIGUES, A. M. *Redimensionando a noção de aprendizagem nas relações entre perfil conceitual e contexto: uma abordagem sócio-cultural-histórica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2009.
- RODRIGUES, A. M., CAMILLO, J., MATTOS, C R. *Quasi-appropriation of dialectical*
- ROZERBERG, I. M. *O Sistema internacional de unidades – S.I.* Ed. Instituto Mauá de Tecnologia. São Paulo. 2006.
- SANNINO, A., DANIELS, H; GUTIÉRREZ, K. *Activity theory between historical engagement and future-making practice*. In: Sannino, A., Daniels, H. and Gutiérrez, K. D., eds. *Learning and Expanding with Activity Theory*. Cambridge, pp. 1-18, 2009.
- SANTOS, M. *A natureza do espaço. Técnica e tempo. Razão e Emoção*. Edusp. São Paulo, 2012.
- SANTOS, M. E. *A cidadania na "voz" dos manuais escolares: o que temos? : o que queremos?* Editora Livros Horizonte, 2001.
- SANTOS, M. *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 10. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- SEVCENKO, N. *O prelúdio republicado, astúcias da ordem e ilusões do progresso*. In: Nicolau Sevcenko (Org.) *História da vida privada no Brasil*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. v.3. p-11-2
- SINHA, C.; GÄRDENFORS, P. *Time, space, and events in language and cognition: a comparative view*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1326, p. 72-81, 2014.
- SINHA, C.; SINHA, V.S; ZINKEN, J; SAMPAIO, W. *When Time is not Space: The social and linguistic construction of time intervals and temporal event relations in an Amazonian culture*. *Language and Cognition*, v.3, n.1, p. 137-169. 2014.
- SMOLKA, A. L. B. *Sobre significação e sentido: uma contribuição à proposta de rede de significações*. Parte A. Em: *Rede de significações e o estudo do desenvolvimento humano*. Carvalho et al (Org.) Artmed, ed. Porto Alegre. 2004.
- SOBEL, D. *Longitude: The true story of a lone genius who solved the greatest scientific problem of his time*. HarperPerennial, 2005
- SODRÉ, F. C. R. *Física para uma alimentação saudável*. Dissertação de mestrado em Ciências apresentada no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SOUZA, P. H. *Epistemologia e cultura no ensino de Física: desvelando os conceitos de espaço e tempo*. Tese de doutorado apresentada no programa no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SOUZA, P. H. Tempo, ciência, história e educação: um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico. Dissertação de Mestrado em Ciências apresentada no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SOUZA, P. H. TESTONI, L. A. BROCKINGTON, G. *O conceito de tempo no ensino de Física: Perfis Epistemológicos e Culturais*. Alexandria, Revista de Educação em Ciências e Tecnologia. v.9. n2. p.3-33, 2016.

STETSENKO, A., & ARIEVITCH, I. M. The self in cultural-historical activity theory: Reclaiming the unity of social and individual dimensions of human development. *Theory & Psychology*, 14(4), 475–503. (2004).

SZAMOSI, G. *Tempo & espaço: as dimensões gêmeas*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 1988.

TIPLER P. A. *Física para cientistas e engenheiros*, Vol. 1, LTC, 4ª edição, 2000

TIPLER P. A. *Física para cientistas e engenheiros*, Vol.2, LTC, 4ª edição, 2000

TIPLER P. A. *Física para cientistas e engenheiros*, Vol.4, Guanabara Koogan, 3ª edição, 1995.

TRUEDELL, C. A. *Fundamentals of Maxwell's Kinetic Theory of a Simple Monatomic Gas (Pure and applied mathematics)*. New York: Academic Press, 1980.

VALADARES, E. C. *Newton. A órbita da Terra em um copo d'água*. Imortais da Ciência. Odysseus, 2ª edição, 2009.

VAN DER VEER, R., & VALSINER, J. *Vygotsky: uma síntese*. São Paulo: Loyola. 2001.

VIGGIANO, E. S. *Uma proposta de levantamento de perfis conceituais de ensinar e aprender*. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2009.

VIGOTSKI, L.S *Estudos sobre a História do Comportamento. Símios, Homem Primitivo e Criança* (1993), escrever o restante

VIGOTSKI, L.S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo, Editora Martins Fontes, 2001.

WESTFALL, R. S. Newton e o Cristianismo. Em Westfall R. S & Cohen B (Orgs.) *Newton. Textos, Antecedentes, Comentários*. Ed. Uerj. Contraponto. Rio de Janeiro, RJ, 2002.

WHITROW G. J. *O que é tempo? Uma visão clássica sobre a natureza do tempo*. Jorge Zahar Ed. Rio de Janeiro, 2005.

ZEICHNER, K. *Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente*. Educação & Sociedade, v. 29, p. 535–554, 2008.

Apêndice

Entrevistas transcritas

Estudante 1, último ano

1. Para você, o que é tempo?

O que é o tempo? Caramba...

É algo que a gente não consegue controlar... É algo que só vai pra frente, não volta... independente da gente conseguir ou não controlar, é claro...

aaah... e o tempo é um... é um... é uma grandeza aí essencial acredito em... em muita coisa da física, muita coisa da física tá ligada a tempo... principalmente velocidade, principalmente, pô a parte quântica então, nem se fala... tudo ver com velocidade, velocidades altíssimas... claro que tem a ver com uma parte de massa muito pequena também, mas... sei lá, o que é o tempo... eu já fiz uma questão dessa numa prova do... prova acho que Mecânica I.

Ah é, aqui na Física?

É!! senhor Kasunori²⁰! Pergunta 1: defina tempo! É... deu 4 folhas frente e verso...

rs,

é, eu não lembro o que eu coloquei, isso já tem alguns anos já, uns 3 anos!

Nossa, nossa, difícil! Eram as perguntas que a gente não gostava de fazer, a gente gostava das questões de conta... Kasunori sempre colocava uma... é... pra você... explicar e... parte teórica. Acho que é isso...

Só uma coisa, você falou assim: “ah, o tempo é uma coisa que a gente não pode controlar”, aí depois você falou assim: “ah, se a gente puder controlar...”

Nós não podemos controlar!

Ah, a gente não pode controlar

não podemos! E o tempo, ele sempre, ele só vai para frente, se você, é, é que matematicamente, é aquela coisa, você desenha aquele eixo, e ele só vai para o lado positivo, você não consegue fazer ele voltar, você pode até trabalhar e, a analisar, mas você não consegue fazer ele voltar....ainda... não sei.

E quando você, assim... está fazendo uma coisa em que está você se divertindo muito

Rs

Aí você olha no relógio e fala: nossa passou tudo isso...

Acho que tem a ver um pouco com a... tem a ver um pouco com o que você está fazendo, você acaba se desligando um pouco, você não se concentra no, no, se passou um minuto, se passou 10, é aquela coisa depende do quanto você está entretido, você tá entretido com alguma coisa, às vezes você bate o olho você fala caramba, meu, passou meia hora já, pensei que tinha passado 5 minutos...

Ahã

É as vezes você está naquele lugar que você fala: nossa, cara, que porre, meu Deus, e aí cê fica lá, passa o tempo passa o tempo, aí você olha no relógio passou 5 minutos... aí cê fala: ah não, não brinca cara... acho que essa é uma impressão meio louca, uma impressão meio maluca, acho que tem mais a ver com a parte de... essas impressões tem a ver com a... a parte de relações humanas, que aí entra, pô, ééé... como é que tá sua mente? Só a mente tá muito tensa, sua mente tá muito... é... sei lá, num tá num... não está agradável o local pra você, aí o tempo não passa... mas, quando o negócio tá bom, quando a sua mente está fluindo, tá em...

²⁰ Professor do Instituto de Física da USP

sei lá, meio estranho mas parece que, às vezes a gente tá em sintonia com o lugar e com as pessoas, nossa, cê... se passar 1 hora, 2 horas, 3 horas e, você não vê. Nem se preocupa.

(2) As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Da minha sociedade você diz, é, o meu meio, o meio em que eu estou inserido, tipo... amigos, trabalho e pessoas que eu convivo mais?

Pode ser!

Hmmm do que é feito o tempo... nossa, não sei, é...eu acho que eu, eu acho que eu arriscaria, aaah... pelo menos a minha mãe, ela é bem diferente de mim, e ela, ela... considera as coisas muito exatas, muito exatas não é... não exatas! Eu considero as coisas muito exatas e minha mãe gosta mais de filosofia, gosta mais de sociologia, gosta mais de poemas e, essa parte literária. E a minha mãe, ela julga o tempo como... é....

é o que você viveu, a minha mãe tem essa visão, tipo, o tempo é o que você viveu. E aí é, ela...ela... eu acredito que, ela nunca falou isso mas, por conhecer minha mãe, ela conhece o tempo assim, como os acontecimentos que foram tendo assim...

Interessante

É, e ela... tanto é que tem alguns acontecimentos que ela, ela não gosta, ela tenta apagar, ela tenta... não gosta de falar, e etc. Porque ela acha que prejudica, ela não se sente bem. Isso atinge muito ela. Minha mãe se preocupa muito com o passado. Ela se preocupa muito com o que ela fez, com que não fez, com não sei o que, daí eu falo: mãe, é daqui pra frente, daqui pra trás não, ó, olha pra frente, o que ficou, ficou, não tem como mudar, que é exatamente o, ó: o tempo só vai pra frente, você não vai conseguir voltar. Mas minha mãe, ela se preocupa com isso, ela meio que classifica como, o que você vai colocando, sei lá, ela deve pensar...

Nas experiências né

Nas experiências, vai montando seu quebra cabeça, se vai colocando, coloca isso aqui, coloca isso ali, mas, depois que encaixou não sai mais não. Eu sei que meu pai por exemplo, meu pai não pensa nada, meu pai é calmo, ele só sorri.

Que bom rs

Ele só contempla, meu pai é a pessoa mais calma que eu conheço, é um cara que não se preocupa com o que ele fez, não se preocupa com o que ele vai fazer, então... meu pai é um cara que, por exemplo, o tempo pra ele, (batendo as mãos para mostrar que não importa) não faz a menor diferença. Meu pai quer o agora!

“Ah é daqui não sei quando” (ele diria:) não, quando chegar lá a gente vê. Pra você ter noção meu pai não gosta de fazer financiamento, é, financiar, sei lá, é computador, televisão, um celular, por mais de 3 meses. O meu pai não gosta de se programar financeiramente por mais de 3 meses.

vocêalaria que o tempo é feito de alguma coisa? Uma substância, ou não é uma substância, é feito de outra coisa, ou... não é feito de nada, ou você não sabe, ou sei lá... o que você acha?

Olha, eu acho que o tempo não é feito de nada, eu acho que, o tempo não... porque feito de alguma coisa, eu penso que seja algo que você consiga... algo que você consiga detectar talvez... não necessariamente algo que tenha massa... hmm fóton não tem massa, mas você consegue detectá-lo, e... o tempo, eu, eu não vejo algo que consiga detectar o tempo, mas aí também, eu... mas, na minha cabeça fica, pô, o relógio detecta o tempo? Não sei, eu acho que, o relógio conta o tempo... eu não sei se o relógio contar o tempo, necessariamente significa que ele detecta, esse tempo, afinal se você está contando talvez você esteja detectando algo. Mas afinal, não acho que o tempo não é feito de nada, o... o tempo é o tempo, é... ele tá aí, e ... não sei, não sei, acho que é, quem nem no problema dos grávitrons né?

Se a gravidade é feita, se a gravidade tem partículas, se é feita de alguma coisa

Não sei, tem uns caras por aí que, são firmes nessa, mas até agora não conseguiram provar nada na linha. Mas no tempo, eu votaria que não, eu votaria que não é feito de nada não... sei lá

(3) E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Nossa eu não... eu nunca... (pausa) nunca li sobre, nunca... não me recordo de nada.

Não sei, acho que, a única coisa que me remete a tempo, um filme, eu assisti há muitos anos, deve ter uns 10 anos, era um cara que inventava uma máquina do tempo, ele queria voltar e salvar a esposa dele que tinha... tinha morrido de câncer, alguma coisa assim, não lembro exatamente o filme, mas ele construiu uma máquina do tempo e voltava, que ele queria mudar e etc. E o outro filme é... efeito borboleta, que ele também volta para mudar o que ele queria. Agora de, de, historicamente, sociedade, é... pessoas aí de, sei lá um século, uma década, duas décadas atrás, não sei, não tenho conhecimento, só filme.

(4). Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique. Se você quiser eu repito, é assim, a mariposa vive 24 horas, a gente vive mais, e, você acha que tem a ver, a nossa compreensão do que é o tempo?

Olha, a gente pode viver 120 anos, 100 anos, 90, 80... e a maioria de nós não compreende o que é o tempo (risos). A gente só vive. E... acho que o tempo... acho que mesmo que a mariposa tivesse uma capacidade intelectual altíssima, nessas 24 horas de vida, também não compreenderia o que é o tempo, talvez.

Ahã. Mas e a maneira de perceber o tempo?

Acho que a gente não tem uma maneira de perceber o tempo. Ninguém se preocupa com o tempo que está passando, é... acho que, enquanto a gente é criança, a gente não se preocupa com o tempo porque a gente não se preocupa com nada na verdade. Quando tá no colégio acho que talvez a gente se preocupa com o tempo porque a gente quer que a escola acabe logo. Então eu quero ir para casa logo jogar meu vídeo-game e, dormir, sei lá o que mais. E depois que a gente é adulto, meu, cê trabalha, cê estuda, cê sai com os amigos, não sei o que, e você, (batendo as mãos) você não vê o tempo. Várias vezes eu vou trabalhar e eu saio do trabalho, eu venho pra faculdade, eu saio da faculdade, eu vou beber com alguns amigos, e a hora que eu olho no relógio, já é 3 hora da manhã, pô, eu falo caramba meu, e nesse tempo todo, eu não me preocupei que horas eram, quanto tempo faltava para tal momento. Acho que se você ficar se preocupando com o tempo, deve ser mó porre... porque aí você fica no seu trabalho pensando assim: nossa será que eu já vou embora? Ou então você tá num, numa festa, num barzinho, aí você fica assim: nossa, ai meu Deus, nossa, falta só 1 hora pro bar fechar, nossa, agora falta meia hora pro bar fechar. Nossa, agora falta 10 minutos pro bar fechar! O que eu vou fazer, quero beber mais um suco, quero beber mais uma cerveja! Deve ser um porre

Risos

É difícil você compreender o tempo. Acho que, teria que parar para pensar no que significa compreender algo. Talvez seja... (pausa)

É, se fossemos diferentes, se rastejássemos ou, por exemplo... se nosso aparato biológico fosse diferente, será que...

Acho que não... (pausa) é difícil pensar em não ter todas estas coisas, é complicado, mas eu acho que não, porque nós temos, a nossa noção de tempo, ela sempre foi assim, porque eu sempre tive dois olhos, uma boca, duas pernas, desde pequeno fui aprendendo a falar, pensar, a gritar, correr, então nós, a nossa noção de tempo vem disso, vem de criação. Se eu fosse criado, é... se eu fosse um ser rastejante, por exemplo, a minha vida inteira, a minha noção

de tempo seria de acordo com minha vida e, pra mim não seria diferente, porque aquele é o meu.

Não eu sei, mas aí, você não ia perceber que é diferente, mas para uma pessoa que olha de fora, (risos)

ah, mas aí, aí com certeza, é, não sei se você já fez isso, eu me divertia muito, eu pegava uma lesma, colocava ela aqui (papel a4) e eu passava muito tempo olhando para ela, eu olhava no relógio,

e eu queria ver o quanto tempo ela demorava para ir daqui até lá.

É, nunca fiz isso

É eu ficava, tipo, mó tempão, eu ficava olhando

Mas ela queria ir até lá?

Ah, a lesma não fica parada, é muito raro ela ficar parada, ainda mais se você borrija um pouco de sal atrás dela, aí ela começa a andar pra frente. E eu ficava olhando isso, eu falava: caramba meu, eu dou um passo e tô ali, essa lesma, vc não,vc não dá

Então, mas aí assim, para a lesma, o tempo dela... para nós demora pra caramba pra ela chegar ali, mas para ela não

Mas para ela não, pra ela demora o tanto quanto demora pra mim ou pra você. Eu acho que seria muito difícil, existir uma lesma, com toda aquela velocidade que elas tem, com a capacidade cognitiva que nós temos... porque aí você não consegue fazer nada. Já imaginou você com essa capacidade cognitiva e, cê não consegue, falar, cê não consegue ir até a porta, cê não consegue abrir o livro... é estranho, ou você demora 2 horas para abrir um livro, fazer esse movimento? Abrir um página, é... é assustador. É estranho, muito estranho.

um problema físico

Nossa totalmente, demoraria um pouquinho mais de tempo para a humanidade se desenvolver, caso tivesse esse problema

A lesma deve estar na escala de evolução dela

Na escala de evolução, na escala de tempo e todo o resto. Agora, se você joga uma mente em outro nível, é, é, é você tentar comparar coisas, completamente diferentes

5. O tempo pode ser alterado? Como?

Não. Não.

Não não não, não... acho que não... olha, até hoje eu nunca vi

E assim, alterar, em que sentido você pensou?

Controlar

Controlar

Controlar, em ir mais rápido, ir mais lento, é... a única coisa que me faz pensar nisso é a parte da relatividade, que... aquela coisa, velocidades muito altas, cê acaba tendo a... uma distorção do espaço-tempo, mas eu não sei se esta distorção, ela, ela é só uma impressão ou ela é real, se ela realmente acontece. Acho que é uma impressão por conta disso... tem a, tem o...o.. paradoxo dos gêmeos, aquela coisa, vai para outro lugar, volta desse outro lugar, é um paradoxo! Tanto é que o... se o professor colocar isso na prova não tem resposta, ah, é: ficou mais velho, não ficou mais velho, mais jovem, não tem, é um paradoxo. Na teoria tem! Na teoria você pode fazer o que você quiser!

Ah tá, teoricamente é possível alterar, por conta da relatividade?

Ah, teoricamente, acho que sim. Mas aí você tem também o problema, ahhh, a limitação da velocidade da luz, você não pode, você não consegue ultrapassar aquilo. Na relatividade, se você colocar a velocidade da luz muito alta, aquele termo, na parte de baixo da equação ele fica negativo, e aí o seu tempo volta. Então é uma, é uma incoerência. Fisicamente, matematicamente falando cê tem um... um problema matemático. Daí a gente tenta pegar esse problema matemático e tenta jogar pro... pro que aconteceria na realidade, mas é meio difícil

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Sol. Dia e noite. Hmmm... pô, sem relógio?

Ahã

Sem relógio, eu não tenho um monte de coisa da tecnologia também!

É, sem celular, sem...

É, cê não tem nem a TV pra saber quando chegou a hora da novela e quando chegou a hora do bom dia e companhia né?

(Risos)

Eu acho que seria no Sol. Mas eu não sei o que eu faria se eu morasse num lugar... aqui, porque na Terra não tem um lugar aberto que não tem Sol... talvez, talvez, pólo norte ou pólo sul, mas, mesmo assim, cê tem, sei lá, 20 h de dia, depois 4 de noite, depois inverte, ou... algo assim. Mas você tem um ciclo: Sol, não Sol. Você tem um ciclo: claro, escuro. Eu acho que seria o único jeito de se orientar. Não vejo outro não...

eu acho que era assim que os caras se orientavam, sei lá, Grécia, Egito

Sol...

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, ele não ia ver o Sol, ele perceberia o tempo?

Nossa... cê diz um lugar, é...

Ele não tá vendo o Sol, tá tudo escuro

Nossa...

Imagina, imagina você num lugar totalmente escuro, ou qualquer pessoa... você vai perceber que o tempo tá passando?

Não.

Você não percebe o tempo?

Assim, você vai perceber o tempo, mas... se você tiver num lugar, todo escuro, e você tiver sem possibilidade de movimento, se você estiver dentro de uma caixa, por exemplo, toda escura... e tudo que você consegue fazer é... sei lá, mexer os braços.

que aflição (risos)

Tem um vídeo sobre isso, eles pegaram uma tortura do estado islâmico. É uma caixa, acho que é uma caixa deste tamanho aqui ó, dessa altura, dessa largura, eles colocam a pessoa lá dentro e fecham, com a caixa toda escura. E, colocam uns sons do lado de fora, pra perturbar: criança chorando, gritos... só que eles deixam as pessoas lá dentro por 3 horas, 4 horas. E uma jornalista da BBC, ela tava, é, entrevistando algumas pessoas assim, e ela, se propôs, e falou assim: eu quero saber como é. Ela aguentou, acho que 4 minutos. Ela começou a, começou a se desesperar. E depois ela falando: nossa, eu, pra mim tinha passado 15, e tinha passado 4... eu acho que se você estiver fechado, impossibilitado, impedido de movimento, isso piora muito mais, piora é, absurdo, absurdo, absurdo

Mas e se você não estiver na caixa? E tem muito espaço... você perceberia o tempo?

Eu perceberia, acho que tem a ver com a sua... com o ver com a sua percepção, com a sua, com a sua criação.seu crescimento, com a sua evolução. Acho que tem a Uma pessoa cega, pra ela não tem é... Sol e não Sol, a não ser pelo calor que o Sol, durante o dia, geralmente tá um pouquinho mais ameno. Mas uma pessoa cega, ela, ela não tem, ela não sabe quando é dia e quanto é noite. Mas ela tem uma percepção de tempo.

Mas como que ela percebe então?

Não tenho a menor ideia.

Como faz uma pessoa cega?

Talvez, pelas pessoas ao redor, talvez porque ela esteja condicionada a isso.

Você falou assim: se a pessoa estiver numa caixa, aí piora

Porque não tem ninguém, perto de você. E não necessariamente que estas outras pessoas tenham um relógio, elas não tem também. Mas ter outras pessoas, acho que isso, deixa esse efeito da caixa, de que, meu Deus parece que você está a 2 horas, e você tá 10 minutos... com as outras pessoas, com a parte social, isso, é... fica secundário

só pra finalizar (risos) se a gente apagar toda luz daqui, vedar toda a sala, e te deixar aqui. Você vai perceber o tempo ou vai ficar sem tempo?

Eu acho que eu até percebo, mas muito, muito mal

Mas como você percebe?

Não tenho a menor ideia. Questões fisiológicas talvez. Fome.

Ah é, então!

Vontade de ir ao banheiro. Ter uma noção, nossa, passaram... sei lá, passou 1 dia

Percebe sim, por uma questão humana

Uma questão humana?

Uma questão humana, uma questão fisiológica, de, de, impaciência, às vezes, ninguém consegue ficar parado, assim,

Ah então, você percebe o tempo!

Sim, acredito que sim, mas é... com precisão não, nenhuma, nenhuma, nenhuma. Aí, eu acho, que, eu acabei confundindo esta parte, da caixa, na caixa você percebe o tempo só que a sua imprecisão, vai, vai embora. E aí se você sai daquela caixa e você tá, num lugar aberto, você tá no Brasil, com tudo escuro, você num enxerga nada, você percebe o tempo, só que, você num tem a menor ideia de quantidade. Isso me lembra aquele livro, ensaio sobre a cegueira.

Ah é, eu não li o livro, vi o filme só

Lê o livro, é muito bom. Todo mundo fica cego. Já pensou a cidade assim? É basicamente isso, todo mundo, ninguém vê nada... e aí? Você me fez a pergunta e eu lembrei disso (risos)

8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?

É muito feio falar isso mas, como adulto, infelizmente a parte dos americanos... tempo é dinheiro. Por mais que você não queira, por mais que você fale: não eu não ligo pra luxo, eu não... tá mas o básico você precisa, o básico você tem que ter. É o mínimo. E... eu acho que isso é... você precisa separar, você não pode ter tempo só pra você comer. Você não consegue ter um tempo só pra você olhar pro alto. Você tem que ter um tempo pra ganhar dinheiro. “Ah, mas eu moro não sei onde, e não preciso de dinheiro”, beleza, você tem que ter tempo pra trabalhar, pra colher o que você vai comer. Ou pra plantar, ou, não sei. Acho que o tempo vale alguma coisa assim, agora, o que? Dinheiro, mas falar em dinheiro é estranho, então acho que tem a ver um pouco com alimentação, sobrevivência, de novo questões fisiológicas, se não, se não vira bagunça

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

Quem mais valoriza o tempo? (Pausa)

Você pode pensar numa classe social, ou numa profissão, ou numa determinada situação...

Eu acho que... não é nem questão de... acho que quem, acredito que quem valoriza muito o tempo, médicos precisam valorizar, se o médico demorar 30 segundos a mais pra... pra conseguir fazer uma incisão, ou pra conseguir voltar alguém que tá numa parada cardíaca, cabou, a pessoa morre. Não dá pra voltar no tempo. Ou, se essa pessoa que está nessa parada cardíaca, se ela tivesse consciência ela valorizaria muito o tempo. Aaah...ou talvez um... um pai ou filho que saiba que algum parente próximo vai morrer daqui 2 dias. Nossa, pode ter certeza que essa pessoa, meu, se ela tiver oportunidade de dar tudo que ela tem pra dobrar o tempo que ela tem, ela vai dar. Isso... é... é estranho. E querendo ou não, tudo isso tem a ver com morte. Tem a ver com, é... o tempo restante para. Uma pessoa que tem uma doença terminal, ela valoriza bastante o tempo, eu acho. Um médico que tá ali pra, salvar alguém,

ele valoriza muito o tempo, é... sei lá, uma mãe que perde um filho valoriza mais ainda o tempo, porque, inverteu a ordem das coisas né, o certo é o filho enterrar o pai, e a mãe, não o contrário. Isso é meio, meio estranho.

10. E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Civilizações...

É você saberia falar alguma coisa disso?

Hmmm (pausa)

Olha, não sei, em relação às civilizações eu não sei, eu suponho, suponho apenas, que o tempo era... era mais valorizado antes. Mas como, porque... quer dizer o porque, acho que é porque não tinha tanta tecnologia, você não tinha tanto acesso a “ô, que horas são?” Era meio que no olhometro, meio na sensação, e... as pessoas não viviam tanto assim. E... Há 500 anos atrás, qual era a chance de uma pessoa chegar a 70 anos?

É

Era baixíssima. Pô, meu, meu bisavô morreu com 45 anos. Minha bisavô morreu com 40. E, em compensação, minha vó tá com 89. E aí? A noção de tempo que a gente tem hoje é estranha. Antigamente, não... era diferente, as pessoas viviam menos. Talvez também as pessoas aproveitavam mais o seu tempo, aproveitavam mais, infância, adolescência, o início ali da idade adulta. Talvez elas tivessem que aproveitar mais porque elas não tinham, o mundo não era tão rápido.

Não conseguiam ir, ir num lugar, ver 1 pessoa, volta, vê não sei o que, tipo, não consegue. É aquela coisa, o ano passado, em 1 mês eu rodei 10 mil quilômetros pra Europa, mais, Portugal, França, França, Holanda, Holanda, Espanha, Espanha, Portugal e 30 dias depois eu tava de volta pro Brasil. Em 30 dias eu rodei, o que, 30 mil quilômetros, talvez, há 500 anos atrás, há 1000 anos atrás, pra uma pessoa rodar, 1000 quilômetros, quanto tempo ela não demorava? A noção de tempo com certeza era diferente

Ia de navio

A valorização do tempo com certeza era diferente, agora, como, não tenho a menor ideia. Por que? Acho que pela velocidade das coisas, pela velocidade do... até parece que eu ia sair de Pirituba, percorrer 20 quilômetros até aqui, em 20 minutos... de carro né? Vem a pé! Umas 2 horas, acho que, tem a ver com, que velocidade o mundo tem.

E aí assim, você comentou que ficou diferente né, e repente, nesse sentido poderia ser até mais valorizado o tempo

Eu acho que sim, tenho a sensação só. Impressão né.

11. Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

O ser humano valoriza?

É

Depende do ser humano (risos).

Como ele valoriza... acho que nas interações sociais, principalmente com quem você gosta. E aí que você vê o quanto você valoriza o tempo. Muita gente fala aí “ai nossa, fulano nem me liga, nem vem me ver”. No fundo, no fundo você tá falando que o fulano não dedicou nem um pouquinho do tempo dele pra mim.

No fundo é isso que você tá resmungando. “nossa, fulano nem tirou ali, 2 minutos das 24 horas do dia que ele tem pra falar comigo, ou fulano nem gastou, 10 minutos de carro da casa dele até a minha, pra passar 30 minutos, pra gente conversar sobre... sei lá meu, como faz biscoito de polvilho, não sei, qualquer coisa! Mas se é um amigo, uma pessoa próxima, namorado, namorada, não sei, você quer isso, eu acho que, a valorização do tempo tem bastante a ver com questões afetivas, acredito que tem bastante a ver com isso. Mas... e o dinheiro também né. Tem gente que vai mais para o dinheiro, tem gente que vai mais para o afetivo, tem gente que consegue dar uma equilibrada, ali... pelo menos é o que eu tento fazer, dá uma

equilibrada. Acho que você ir só para o afetivo, ô meu, o mundo tá aí ó, tá correndo (estalando os dedos), tá rápido, tem outro passando na sua frente, cê precisa, cê precisa de alguma coisa, todo mundo quer um... todo mundo quer um pedacinho, todo mundo quer pelo menos um carro pra você não precisar sair na chuva quanto tiver chovendo, todo mundo quer ter um carro pra você chegar e falar assim: meu, hoje eu tive vontade de ir num restaurante ali na Augusta, porque eu quero comer um lanche que tem lá e que eu adoro. Legal, cê tem carro, cê vai. Só que se você não dedicou um pouquinho do seu tempo para ganhar uma graninha e comprar seu carro, cê não vai. Ou, qualquer outra coisa. Se você não dedicar um tempinho pra ganhar uma graninha, então, esse celular aqui... não vai. Eu acho que é meio que uma... um... uma divisão, acredito que o certo é fazer um meio a meio, pra conseguir controlar. A gente sabe que tem gente que não controla não: dane-se o afetivo, quero trabalho, quero dinheiro, dinheiro, dinheiro, dinheiro, dinheiro.... só que depois que o seu tempo acabar, cê vai fazer o que com esse dinheiro? Vai levar né? Põe lá no bolso, me enterra junto... é aí, complicado

12. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.

Hmmmm... acho que, na minha vida de estudante, pô a... a distância. A distância que eu morava da USP antes. Eu morava na zona leste, demorava muito.

Ah, mas assim, qual o conceito que você aprendeu na escola, assim: o tempo é isso gente... o que mais está ligado ao tempo?

Energia talvez, distância e velocidade, tem a ver com isso também. Pra mim, o que influenciou bastante, é a distância que eu morava daqui (USP), eu tinha que sentar a bunda na cadeira pra fazer exercício, estudar... meu, quando eu pegava ônibus, demorava 2 horas pra vir, 2 horas para voltar pra casa, e aí?

4 horas do dia jogada no lixo, porque no ônibus lotado cê vai fazer o que, vai puxar o Guidorizzi ali...

Risos

Vai falar, moço, segura o Guidorizzi pra mim, por favor. Moço, tem o Stuart? Não dá! Então você perdeu 4 horas do seu dia. Nossa horrível, horrível, mas na faculdade, os conceitos que eu tirei daqui, de dentro de uma sala de aula?

É, e conceitos também que estavam ligados, assim, quando você vai estudar o tempo, você estuda o tempo e mais outras coisas juntas, não é?

Olha, eu acho que a única coisa que eu me lembro, é... é energia. É energia que, se eu tiver uma certa quantidade de energia num tempo muito grande, cê não tem nada... assim, cê pode até conseguir utilizar isso mas, não é efetivo. Agora cê você tiver uma grande quantidade de energia num espaço de tempo muito pequeno, isso te dá um... te dá algo mais útil. Trabalhar, ou funcionar, ou colocar o que quer que seja... pelo menos eu lembro disso quando eu fiz uma iniciação no IPEN, parte de lasers, que nada mais... aquela coisa, é um pulso. E o lembro que o... o cara que eu tava fazendo IC [iniciação científica] ele ficava aumentando, um aparelho lá que eles têm, ele produz pulsos de 1 fentosegundos. Então é, 10^{-15} , aproximadamente. Produzia mais ou menos nessa grandeza. Eu fico pensando, falei: cara, o aparelho tem uma precisão de 10^{-15} , cara isso, meu, 1 segundo passou e o negócio mediu... nossa, muito! E... isso aí eu parei pra pensar assim... tipo, e eu aqui pensando que 1 segundo é pouco. Não é, 1 segundo é muito, depende de onde você tá olhando.

13. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

(pausa) ó, eu acho que, pro astronauta, pro cara que tá dentro da nave, ele não vai sentir o tempo ser modificado, pra ele. O tempo dele. Se eu estou nessa sala, o meu mundo, o meu

ambiente é esta sala. No caso, a nave, ele não ia sentir. E eu acho que a sociedade fora também não ia sentir isso. Mas se tivesse algum jeito deles compararem suas percepções...

É, vamos supor que dá para comparar

Aí eu acho que sente, aí eu acho que sente.

Mas e como é que você sabe? Por qual... qual... qual é o... em que contexto isso se dá? Quem te contou isso?

foi o Robillota²¹, transformações de Lorentz (risos)

e a sua sociedade e cultura, como elas sabem disso?

É porque você... é porque, aquela coisa, você consegue saber o quanto o tempo está se comprimindo ou dilatando, é... por conta da velocidade da luz, porque, se você tem um referencial se movendo na velocidade da luz, ou próximo, velocidade muito alta, você tem lá o gama, ou sei lá o coeficiente, e você acha isso. Mas isso é pra um observador. Um observador olhando o meu tempo aqui parado, e o tempo da pessoa lá, então, dane-se quem tá dentro da nave, eu tô olhando o meu. Mas a pessoa de dentro da nave também podia fazer isso, porque pra ela, ela tá parada e eu que tô me movendo. E aí talvez depois quando a gente vai comparar as contas, não bate! E aí você vê que a percepção foi diferente. Mas assim, na parte prática, na parte... física, tátil, sei lá, sensorial... não sei, não sei... eu acho que essa... eu acho que tem uma diferença, mas eu não sei se isso é

Mas você acha assim que o tempo vai ser modificado, então, você falou que só se eles puderem comparar

Eu acho que a percepção, eu acho que a percepção do tempo vai ser modificada, acho eu. O tempo, o tempo vai continuar o mesmo, mas a sensação, a percepção, será modificada, na prática. Aí, na teoria, meu, na teoria aí já não sei, porque cê pode ter o que você quiser na teoria. Na teoria do cara lá, ele junta com a sua e fala, bom eu voltei no tempo. Porque, porque não, tá aqui na matemática, tá no meu papel, só que na prática isso não é possível, então, você tem um... um sério problema

Mas e assim, é... só uma coisa, você falou... é que você falou assim: isso é uma percepção, ou existe um tempo externo?

Eu aah... Eu acho que o relógio até, tá diferente, mas eu, eu arrisco dizer que, essa diferença que, que...

Tem algum relógio que serve uma referência no universo, para os dois compararem?

Acho que não... acho que só na cabeça da gente, isso pode existir mas... acho que não tem. Talvez... não, talvez nada. Não sei. Não sei.

14. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

Hmm... olha, (risos) eu acho que não, mas eu acho que eu tô errado, por causa da relatividade. A minha... a minha... o meu senso de ser humano, meu senso de pessoa diz que não, mas o meu senso de, estudante de física, e quem já se matou em livros, e quem já bateu muita cabeça em provas e matérias, diz que eu tô errado. O tempo, acho que ele pode ser curvado, ele pode ser... dobrado, sei lá o que mais, como, porque, onde... a relatividade deve ter algo a ver com isso

Você sabe só me especificar mais um pouco?

Não! (risos) Não tenho a menor ideia.

Não tem a menor ideia. Sabe que pode, mas...

Eu sei que tem a ver, tem a ver. Aquela coisa da... da curvatura, não é curvatura, ou curvatura, curvatura do espaço-tempo... tem a ver com Einstein, eu vi o básico da relatividade, o básico do básico do básico... titio Einstein só... passou por cima assim, sabe?

15. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

²¹ Professor do Instituto de Física da USP

Ai eu já vi isso uma vez... não essa pergunta, mas eu já vi esse, esse... meio que uma consideração que lidava com isso sabe, passado, futuro, presente, com uma linha do tempo, e isso você considerando velocidade altíssimas, e... mas eu, eu... eu não me lembro, lembro de ser algo... presente no centro, um cone, é... abrindo assim, como um cone assim, tipo, futuro, e o passado era um cone chegando... era uma seta chegando, um cone fechado, fechando pro presente, e o futuro era um cone só que abrindo, com umas setas assim, indicando pra cima... agora, relações e... eu nem lembro se tinha mais setas, pra onde apontava... eu não me recordo. Mas... também tinha a ver com relatividade, foi em... não lembro que livro que foi isso.

Então estas relações de passado, presente e futuro, a gente...

Pô, fisicamente é difícil isso. Não sei como a física lida com isso. Não tenho, não tenho ideia. Na teoria... parte humana é um pouco mais fácil.

ESTUDANTE 2, ÚLTIMO ANO

1. Para você, o que é tempo?

Nossa... risos... nossa, o que que é o tempo? Essa pergunta eu já me fiz uma vez, foi no meu primeiro ano, na disciplina de gravitação, que o professor falava do tempo e tal, e aí eu cheguei a conclusão de que... eu ainda não consegui definir o que que é o tempo, a gente consegue medir o tempo... a gente consegue medir, do tempo 1 até o tempo 2, né, qual foi a variação do tempo e tal, mas o que é o tempo, eu não consigo definir, eu acho difícil explicar o que é o tempo. Dentro da física, a gente pode até falar que o tempo é uma dimensão e tudo mais, mas... eu ainda não consigo me abstrair, assim, o que que é o tempo, o que seria essa dimensão de tempo, eu só consigo ter a noção de... de medir, mas... definir o tempo?

Assim, dentro da física então você pode dizer que ele é uma dimensão?

Isso

E fora da física?

Fora da física, bom, se for pensar na questão do... do senso comum... o tempo, é o tempo do relógio né, que a gente pode medir também. Eu acho que seria isso.

2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Sociedade e cultura?

É do seu convívio... e da sua sociedade inteira, é... que você acha?

Bom, com as pessoas que eu convivo, o tempo... é porque é assim, eu também, moro muito com pessoas de letras, tal... fora da física, quando a gente fala de tempo, tem aquela coisa da conjugação né, o tempo presente, posso falar do tempo passado, posso pensar no tempo futuro, né... isso com as pessoas que eu convivo. Agora com a sociedade, o tempo, o tempo pode significar muitas coisas, né, além de medir, tempo do relógio, tempo dentro da economia, pode ser muita coisa... né?

Mas pensar assim, acho que eu nunca cheguei a pensar.

É, então, assim, dentro da sociedade, você tá dizendo que tem outras, né, outras interpretações

Sim, outras interpretações para o tempo

3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Ao longo da história? Da história do ser humano, desde quando ele se desenvolveu até...

É isso, o que você conseguir, assim, o que te vier à cabeça

Bom, eu acho, não sei, chuto eu né, que o tempo também deve estar muito ligado, pelo menos lá no início, talvez o tempo estivesse relacionado com o clima, também né, e aí as pessoas, elas precisavam medir alguma coisa, pra que elas conseguissem produzir algo, por exemplo, a colheita né. Lá sabiam que, em determinada época né, dava algum fruto, ou alguma coisa do tipo, eu acho que a partir daí eles começaram a marcar alguma, prestar atenção a algumas coisas, pra que pudessem, talvez, chamar isso de tempo.

Isso acho que no início era assim, aí depois, é, é isso, aí depois foram os astros e tal, aí teve o calendário lunar, depois o solar e tudo mais. Então, acho que é isso.

4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique
O fato de nós sermos humanos?

Sim...

Bom, eu acho que pode e não pode estar relacionado. Porque pode, porque a... a gente, o nosso corpo se desenvolve de uma maneira diferente do que o da mariposa né... então as... talvez nossas células, ou como a gente vai se, vai crescendo, tudo mais com o tempo acho que... agora, também... pode ser que não porque eu acho que também tem aquela coisa da abstração, né. Pra gente, a gente tomou conhecimento do tempo que a gente leva pra desenvolver até, vamos dizer, o ciclo completo, vamos dizer assim, e talvez isso, pra mariposa, não sei, não sei se pra ela, ela tem esse conhecimento. Então eu acho que, tanto pode ser fisiológico como não. Eu não sei se os animais tem esse conhecimento de... né? Do que é o tempo pra eles. Se, um dia por exemplo, sei lá se equivalesse pra eles 10 anos, vamos supor, entende o que eu quero dizer?

5. O tempo pode ser alterado? Como?

Alterar o tempo... bom aí, deixa eu pensar, alterar o tempo... e que aí a gente cai naquela questão do que é o tempo né? Se a gente pode alterar o tempo... bom... talvez, se a gente vivesse de alguma outra maneira, talvez o tempo fosse diferente... se a gente consegue alterar o tempo... a menos que, como a gente aprendeu em relatividade, se você acaba viajando em altas velocidades, próximas da luz, você consegue alterar o tempo, pra você pode ser um... mas, alterar o tempo como um todo, eu não consigo responder

Ah, mas assim, então tem algumas formas vai, pela relatividade você falou uma...

Sim, mas aí esse tempo seria pra mim

Para você?

Não seria o tempo para todo mundo. O tempo pra mim, eu conseguiria, o tempo iria ser um, mas para outra pessoa que está num outro lugar, que não está viajando, está paradinha, talvez fosse diferente... o tempo em relação às duas pessoas, agora se for mudar o tempo, se essa mudança valesse para todo o universo, aí eu não sei se a gente conseguiria fazer isso

Você acha que existe o tempo da pessoa que viaja, cada um com o seu tempo, mas que existe o tempo do universo

Sim, sim

Que seria o tempo como uma referência?

seria o tempo como uma referência, seria o tempo como uma referência

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Sem o relógio... aí seria na, na observação dos astros, porque a gente, consegue ver um ciclo, alguma mudança assim, né? Eu acho que seria com a percepção dos astros, outras coisas assim... também tem, hoje eu não sei o quanto isso é popular mas, o gnômon né

Poderia usar isso, dependendo da localização né, pra poder medir o tempo do dia.

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

De primeira, eu responderia que não, a menos, a menos que ele consiga estabelecer algum sistema de contagem. Por exemplo, Galileu conseguia medir... não lembro o que foi que ele mediu mas... colocando a mão no pulso!

o batimento?

Isso, o batimento cardíaco.

Então dá pra perceber o tempo no escuro

Exatamente. Se essa, essa... né, pessoa, não sei, conseguisse desenvolver alguma coisa que pudesse delimitar, marcar uma coisa, no caso o tempo, talvez, pra ela, né, ela teria um... conseguiria contar o tempo. Até mesmo prestando atenção, talvez no seu crescimento

Ah sim, sim, também

Não sei, acho que eu chutaria isso

Mais alguma coisa tem vem à cabeça?

No momento não, acho que não, não

8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?

Se o tempo vale alguma coisa? Acho que vale muito...

Qual é o valor do tempo pra você?

Acho que vale em todos os aspectos, em todos os aspectos, acho que principalmente com a construção da relação humana, porque, isso eu falo por fora assim...

Como assim?

Porque, é com o tempo, que a gente vai aprendendo a lidar com várias coisas, veja, desde cozinhar, conversar, aprender... nessa questão humana, acho que o tempo, ele é essencial, e até mesmo para o desenvolvimento da sociedade, o tempo ele é importante, mesmo que seja pras contínuas que a gente acha que é só pro exercício, mas, ele é importante. Acho que nessa questão assim.

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

(pausa) Quem mais valoriza o tempo... bom... é uma pergunta bem ampla. Quem mais...(pausa)

Você pode pensar num... numa profissão, ou num grupo social, ou alguém que você conhece

Bom, se a gente analisar do ponto de vista da criança, vamos supor, ela não se importa tanto com o tempo, já o adulto sim, se importa mais, porque ele tem que ter tempo pra tudo, ele tem que ter tempo pra acordar, tem que ter tempo pra estudar, tem que ter tempo pra trabalhar... já a criança ela não tem que ter essa noção, assim, então eu diria que, na sociedade, o adulto valoriza muito mais o tempo. Agora, vamos supor em questão de escola, assim, eu acho que o tempo fica muito perceptível pra quem, vamos supor pros professores né, vamos supor pra quem dá aula de física, ele vai utilizar o tempo pra poder explicar algumas coisas, que é diferente, por exemplo, do professor de História, que ele usa o tempo cronológico pra poder explicar as coisas que, né... história geral, tanto do mundo quanto do nosso país, por exemplo. Eu não consigo pensar em valores diferentes de cada um, assim, se for pra responder quem valoriza mais, eu diria assim, pra mim é, o adulto que valoriza mais do que a criança, e o adulto em todos os aspectos né, principalmente o profissional

Aí você tá falando nos aspectos ligados às obrigações que ele tem.

As obrigações, exatamente.

De trabalho, de...

Ahã, exatamente

10. E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Eu acho que o tempo foi valorizado, foi valorizando conforme foi se desenvolvendo a tecnologia e a ciência, porque, hoje em dia, por exemplo, quando a gente fala de comunicação e informação tudo tá ligado ao tempo né, tudo é muito mais rápido, mais instantâneo, mas eu acho que o tempo, ele foi, sendo mais, né, ao longo da história, com o desenvolvimento da tecnologia, não que antigamente, muito antigamente não fosse, mas acho que ele ficou mais evidente com o passar do desenvolvimento da tecnologia.

11. Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Em termos de espécie humana?

É.

Bom, aí vai depender, porque, se a gente for, correlacionar o tempo com a espécie humana, pessoas, elas, eu vejo que elas dizem que ah.. se hoje você tem qualidade de vida, porque as pessoas elas acabam... é...falecendo, com idades... né?

hoje a gente vive mais?

Exatamente, mais que antigamente. Talvez, o tempo, nesse caso seja o quanto mais o homem conseguisse viver, acho que talvez essa seria...

Longevidade?

A longevidade, exatamente a longevidade. Acho que isto estaria relacionado com a... com a espécie humana

12. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.

Sempre vem a física na cabeça! Quando fala de tempo, a gente pensa em velocidade, primeira coisa que vem a mente assim... outros conceitos que estão relacionados com o tempo...

Qualquer coisa que você se lembra

Bom, já falei do português né, que tem a marcação, passado, presente e futuro... tem o tempo da história né...

Mesmo dentro da física, pode falar dentro da Física!

Bom, o que só me vem a mente, é parte da mecânica. Eu não me lembro, por exemplo, se energia está ligada ao tempo. Às vezes até tá, quando a gente fala de, de eletricidade né, e tudo mais, mas, energia, por si só, eu não consigo enxergar ela com o tempo, só as consequências assim,

não diretamente né?

Sim, mas o que me vem a cabeça é toda a parte de mecânica

Toda a parte de mecânica... seria o que, por exemplo? Só para especificar!

A parte que a gente fala de força, que mais? É... momento, essa parte.

13. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

Aí entra naquela questão né, pra quem que é, se é modificado pra todos ou se é pra um só. E aí, eu acho que, pra ele, se a velocidade dele é tão próxima quanto a da luz, eu acho que pra ele sim. Pra gente, eu acho que não seria modificado. Porque, daqui da Terra a gente vai estar observando alguma coisa né, a gente vai tá vendo nosso tempo aqui, pra ele vai ser outro. Agora, isso é só uma hipotetização né... porque se ele mesmo conseguisse viajar a estas altas velocidades...

Agora, como que a sua sociedade e cultura sabem disso que você tá falando agora?

Eu consegui mesmo saber, aqui na universidade. Mas eu acho que a sociedade hoje em dia, ela tem esse conhecimento, através da educação científica, por exemplo em quadrinhos, revistas, livros... acho que às vezes até mesmo, eu trabalho com crianças e tal, e as vezes vem perguntar pra gente né: “não porque eu vi no filme tal...”

Tipo interestelar?

Isso! Por exemplo, né: “ai, tem como isso mesmo acontecer? Como que é, lá na nave, enquanto tá passando 7 anos pra pessoa, aqui é, né, no planeta é 1 hora, como que funciona?” Eu acho que, eles conseguem saber que isso existe mas, entender a fundo, eu acho que a sociedade como um todo pode ser que não entenda... eles tem a noção de que isso existe, né, mas talvez, na escola, o professor possa ensinar, sei lá

Tá, mas e se fosse possível viajar próximo da velocidade da luz, aí o astronauta, pra ele, então, o tempo ia ser diferente né?

Ia, isso.

E... é... a gente ia perceber que o tempo pra ele é diferente do nosso?

Bom, só se a gente tivesse como se comunicar

Supondo que é possível se comunicar,

Os tempos seriam diferentes

o tempo como um todo lá, que você falou?

Esse... é... esse eu já não sei se seria modificado, por exemplo, um tempo só pros dois

Mas se acha que tem um tempo só pros dois? Existe um tempo externo aos dois no universo?

Olha, se existe, eu não consigo imaginar

Porque, no começo você tinha dito que tinha, que parecia que tinha, tinha um tempo externo no universo, como referência

Ah se colocasse um referencial que eu pudesse descrever, que pudesse existir, em condições de existência e tal, poderia até ter

Mas você acha que tem, ou você não sabe, ou câ...

Olha eu não sei.

Ah tá, porque eu achei que... no começo você falou que tinha

Talvez tenha, talvez tenha, eu tô chutando, não sei se realmente existe. Não sei.

14. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

Se o tempo tem forma... (pausa) nossa, interessante essa pergunta hein, forma...

Você daria alguma forma para o tempo?

Olha, como tudo na física, eu gostaria que esse tempo fosse esférico ou simétrico né (risos) porque é mais fácil da gente descrever as coisas como... se a gente tem uma coisa esférica, fica mais fácil, pra tudo

Mas se ele fosse esférico ele seria curvo né?

Seria curvo.

Você acha que ele pode ser curvo? Ou ele é uma reta? Como você... você acha que o tempo pode ser descrito com algum formato? Ou você acha que não dá pra pensar em formato, não tem formato?

Nossa, o que eu consigo pensar do tempo, é que parece que, não sei se ele tem início ou se ele tem algum fim. Fim, fim, mesmo, finito. Eu acho que ele é uma coisa que a gente não consegue, como se... horizontes, como se ele tivesse horizontes... não sei se eu consigo deixar claro

Tivesse horizontes, como assim?

É, vamos pensar num plano, vamos sair do esférico e pensar num plano. Eu não sei se, pensando o tempo como se fosse plano, se teria algum fim, ou algum início. Câ pode dizer: ah ele pode ser quadrado, ou ele pode ser retangular... agora assim, ah, pensando, se o tempo pode ser esférico... é também não sei se ele poderia (risos) ter algum fim, tal... eu não sei se eu consigo dar uma forma pra ele.

Tá, entendi, então essa questão é difícil né?

É, não é uma coisa evidente... não sei, não sei dizer se o tempo possui forma

15. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Como passado, presente e futuro... como presente, o que me dá a sensação é de que, as vezes, gente aprende as coisas: "ah neste instante de tempo", né, o tempo como aqueles Δt ... pra mim eu acho que o presente seria cada instante desse, eu considero. Agora, a partir do momento em que eu meço o tempo, acho que a gente já tá tratando do passado, porque o tempo não é uma coisa que a gente consegue parar, né, a gente sempre tá contando

O tempo não para?

É, o tempo não para. Então acho que, na física a gente percebe muito o passado, pode ser que, o presente quando a gente fala em instante né: neste exato instante, presente. Agora,

futuro, que eu me lembre, eu não sei, acho que a gente consegue prever algumas coisas, mas... eu não sei se a gente consegue.

Só pra terminar, você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

Ah, se o tempo tem alguma composição? Nossa... eu acho...(pausa)

Pra mim ele é uma coisa totalmente abstrata... não que abstrata né, é real, mas... não sei se o tempo, ele é... pegável, constituído de alguma coisa...pra mim, eu acredito que o tempo, ele é abstrato.

Tava falando com um colega meu, é muito doido, que o tempo, a gente mede, mas a natureza do tempo não tem como a gente saber, é uma incógnita assim, até onde eu consegui estudar, porque eu não sei se hoje algum cientista diz que, não, hoje a gente sabe o que é o tempo... tempo é isso! A mesma coisa, gravidade, por exemplo. A gente fala da gravidade, a gente sabe que tem a interação, mas, explicar o que que é gravidade, acho que, até hoje a gente não sabe direito o que que é isso, acho que o tempo, ele tá nesse mesmo naipe assim, acredito que o tempo, a gente sabe medir, mas não sabe o que é exatamente, se existe um tempo universal, tempo absoluto.

ESTUDANTE 3, ÚLTIMO ANO.

1. Para você, o que é tempo?

Caramba... o que é o tempo? Meio difícil... (risos)

É... a sensa... seria, uma sensação nossa, talvez até psicológica, de como as coisas acontecem.

É... às vezes a, a... a sensação é de que não tá exatamente passando... é uma coisa realmente... não, não digo absoluta no sentido, newtoniano, digamos, mas como se fosse uma situação psicológica de que alguma coisa está andando.

Alguma coisa está andando?

É, como se a gente estivesse sempre... sempre num mesmo ponto, assim, e só sentisse como se ele tivesse passando. Que as coisas tão mudando, sei lá, no espaço aqui, as coisas vão acontecendo e a gente tem aquela sensação, só que ele tá passando. Não sei se eu sei explicar muito bem o que é o tempo, é... é bem confuso.

Eu diria que, eu iria mais pelo caminho que ele é mais uma sensação psicológica do que realmente... (pausa) talvez um... uma grandeza

Você falou como se ela fosse uma impressão, como...

Que a partir do momento que o espaço muda, a gente acha que o tempo tá mudando

Você percebe ele a partir de uma outra coisa?

Sim, percebe o tempo pelo, por uma mudança de uma outra coisa

Ahã. E aí como você falou do tempo absoluto de Newton, você falou como se aquilo não fosse, uma coisa só pra todo mundo...

É não, não, depende de como vai variar onde você tá, o espaço onde você tá. É que, aí também não daria pra pensar muito só... só aqui, pessoas, qualquer lugar, por exemplo, do universo, é um lugar que o espaço, sei lá, um pedaço do universo em que o espaço não muda, a sensação seria de que o tempo nunca passa, talvez.

2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

As pessoas da minha sociedade e cultura... bom, meus alunos acham que o tempo é o relógio (risos). Se você não tem relógio, acabou, não tem mais tempo nenhum. É... as pessoas da minha sociedade e cultura, talvez... (pausa)... só uma... um número que vai representar um instante da vida delas.

Um número?

só um número!

Elas tratam mais como sendo um número?

Uma coisa que elas já, já... desde pequenas aprendem a ver, é... limitada no dia, nas horas, então pra elas acaba sendo só um número que vai representar um instante da vida. Acho que é mesmo como número mesmo.

3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Não sei se eu entendi a pergunta

Assim, você lembra de alguma coisa da sociedade, ao longo da história, pode ser uma outra civilização, você lembra como que eles entendiam o que era o tempo?

Acho que mais pela... pelas mudanças naturais, né? Pelas mudanças, na natureza mesmo, é...observando, sei lá, crescimento de vegetação... observando astros, é... crescimento mesmo, dos companheiros, de outros animais... acho que é mais da natureza mesmo. Realmente uma mudança no espaço em que eles estão. Assim, acho que assim é que eles percebiam o tempo.

4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique.

Acho que sim. Acho que sim. É... talvez... talvez se a gente, talvez se a gente vivesse mais tempo (risos), por mais anos, digamos, é... talvez, a exigência com o, com prazos e tarefas fosse mais tranquila, talvez as pessoas se sentissem mais livres pra fazer o que elas tem vontade ou talvez fazer o que elas precisam realmente fazer. Talvez enxergassem, aproveitassem mais, o tempo. Talvez elas se... é... sabendo, sei lá, nesse tempo que elas tem, né, esperado, tempo médio de vida, elas ficam, tentando aproveitar o máximo possível e acabam não conseguindo fazer tudo. Tem o exemplo da mariposa... é que aí teria que saber se ela, não sei se ela tem, realmente consciência né, de que vive tão pouco. Mas no caso, eu acho que, pra gente muda, pelo fato, da consciência, é... acho que se a gente vivesse... ou de repente eu posso tá completamente errada, pensei que se a gente tivesse menos talvez a gente aproveitasse mais o tempo que tem, por saber que viveria menos.

Você falou da questão da consciência né? A nossa fisiologia então, é... tem relação com a nossa consciência?

Sim, sim. Se não tivéssemos consciência desse tempo, será que a gente... se apegaria tanto a, estas questões de prazos e de trabalho e, estudo... talvez não. Não sei.

5. O tempo pode ser alterado? Como?

O tempo pode ser alterado... seria no sentido de... sentir que ele passa mais rápido?

É, por exemplo. A pergunta é bem aberta mesmo!

(Risos) não sei, eu só consigo pensar em relatividade

Então, na relatividade, por exemplo, então... você poderia alterar?

Na relatividade sim, né? Pela relatividade, teoricamente sim, mas, pensando no caso da fisionomia mesmo, a gente sabe que, pro ser humano é meio difícil então, acho que depende muito do espaço em que você se encontra e... acho que no nosso caso não, o tempo não poderia ser modificado, ser alterado

Mas, assim, pela relatividade... só pra eu entender, pela relatividade então, ele pode ser alterado?

Pode.

E como? Como a relatividade altera?

Ah depende da velocidade né, se você atingir altíssimas velocidades próximas da velocidade da luz, você consegue é... atravessar, longas distâncias e aí, o tempo vai ser diferente. Você vai sentir o tempo diferente de acordo com a velocidade que você tá. Então acho que, se a gente for pensar, sei lá, nesse sistema isolado, Terra, ser humano, acho que não teria como não

Ah tá, então isso é mais na teoria?

Isso, mais na teoria. Pensando mais na teoria mesmo

Mas na teoria, na nossa vida não?

Não. (risos) Acho que não.

É... mais alguma coisa, que você lembrou, ou só isso?

Não, só isso. Se eu lembrar de mais alguma coisa eu volto.

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Acho que a gente teria que voltar um pouquinho, pensar um pouco nas sociedades antigas. Realmente, acho que observando e pensando na natureza, principalmente aqueles conhecimentos mais iniciais da astronomia, observar o sol, observar a lua, observar a vegetação

você tinha respondido que seus alunos, sem o relógio...

é pros alunos eles diriam que não, mas talvez eles não, não tenham percebido essa relação, da modificação da própria natureza, com a passagem do tempo

então você consegue perceber a existência do tempo vendo modificações na natureza, no ambiente

isso. Que aí, eu acho que, volta um pouco para as primeiras perguntas né, se você tá num ambiente que não se modifica, você não consegue perceber essa passagem, que vai tá sempre igual, você não tem como perceber, quanto tempo passou. Se passou muito, se passou ou pouco, porque tá sempre igual, não se altera

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

(pausa)

Ah, ela não consegue enxergar nada né? Eu acho que ela conseguiria, eu acho que demoraria um tempo, mas ela conseguiria, porque... a gente consegue... adaptar os outros sentidos. Acho que a gente não precisa se limitar a ver, para perceber essa passagem de tempo. É... se a gente conseguisse perceber essa passagem de tempo de outros sentidos, o que tá mudando, nesse ambiente, acho que dá pra... dá pra perceber...

Você pode até se imaginar num quarto escuro! Você vai perceber o tempo, que existe tempo?

(pausa)

Porque aí você não vai estar vendo nenhuma modificação

É, você não consegue ver né. Não consegue. Mas eu acho que é isso mesmo, a partir do momento que você aprender a... a lidar com as outras sensações... como interagir com o ambiente, com os outros sentidos, você consegue perceber a passagem do tempo. A não ser que, mais uma vez, o ambiente não vai se modificar

Então, mas tá tudo escuro! Você tá no escuro, eu te deixo lá, uma hora, você perceberia que está lá há um tempo? Como você faz pra perceber que você está lá há algum tempo?

É pensando... pensando mais nessa situação, aí eu já acho mais difícil perceber, eu já acho que não perceberia. Aí nesse caso já acho que não perceberia. Não perceberia.

8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?

Valor do tempo... (pausa) eu não sei se ele é, se tem realmente um valor muito grande, o tempo em si... (pausa) talvez, talvez ele tenha, é... uma imagem de ser extremamente importante por causa desta organização das pessoas de terem sempre muito apegadas e atarefadas e comprometidas com... com... com tarefas e prazos, aí ele passa a ter um valor muito grande por isso. Mas eu acho que... se não for por isso, se não for por dessa estrutura, a gente tá sempre... sempre com prazo, com horário com tudo, eu acho que... já não faz diferença. Eu acho que o valor do tempo depende de como, como se estrutura a sociedade.

Em termos de divisão de trabalho?

Sim, se fossemos uma sociedade, por exemplo... idealizar uma sociedade que não precisasse trabalhar, não precisasse estudar, não precisa ter compromisso, não precisa ter horário com nada, é... ter prazo pra nada, eu acho que... não faria diferença, o tempo como ele passa, ou como a gente percebe a passagem dele... acho que é mais, por como, se organiza mesmo.

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

Mais valoriza... essa é bem difícil também (risos)

Pode ser uma profissão, ou uma classe social, ou uma determinada situação em que o tempo é importante...

Talvez... talvez pessoas de classes sociais mais baixas tenham mais preocupação com o tempo, talvez por estar sempre em busca de tentar melhorar essa situação de vida, ou financeira, econômica, talvez elas se preocupem sempre com essa situação de tentar melhorar logo antes que o prazo de vida acabe. Não sei se eu consigo pensar num outro jeito...

E uma situação de uma pessoa que fala: nossa, meu tempo é importante!

Acho que, que o leva a pensar nisso, é... acho que inúmeras situações, alguém descobre uma doença, terminal, e aí, sabe que tem prazo certo pra, pra viver... sei lá, mais dois meses, aí pra ela, aquele tempo que ela tem, tem um valor muito grande... é... alguém que tá esperando um acontecimento, que sabe que esse acontecimento vai vir num determinado prazo, eu acho que, sempre que você tem um acontecimento grande, um acontecimento importante num prazo definido, esse prazo passa a ser um tempo muito valioso. Acho que a espera de acontecimentos muito importantes, o tempo é bem valioso.

11. Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Como espécie? (pausa) Acho que... acho que só pela consciência de que um dia ele vai morrer, e não vai mais poder ter tempo pra nada (risos). Realmente, só pela consciência de que um dia ele vai deixar de existir, que ele tem que aproveitar esse tempo. Sinceramente acho que é só por isso. Acho que, se a gente não tivesse consciência, da morte, digamos, ou, se a gente... se a gente conseguisse viver para sempre, acho que o tempo não seria tão valioso, como pra um ser humano em geral... acho que realmente, só pela questão da consciência da morte mesmo

12. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.

Ah não sei se eu entendi.

Assim, você até falou já alguns, que outro conceito que você aprende na escola ou aqui (universidade) que tá ligado ao tempo?

É, tem a questão da natureza, que a gente aprende um pouco na escola, que até é engraçado que, o estudante ele, geralmente de ensino médio ele, pra ele o tempo é o relógio, sendo que ele já aprendeu que o tempo tem bastante a ver com a modificação da natureza, talvez ele só não faça essa ligação. E... na graduação eu acho que a gente começa a ter uma ideia diferente do que é o tempo, e aí eu acho que é mais pela relatividade

E algum conceito físico, assim, que tá ligado...

Conceito físico...

Você chegou a falar aqui...

Da modificação do ambiente seria?

É, mas você falou em termos de conceito mesmo... na física assim, você aprende o tempo, aí quem tá junto com o tempo?

Ah, tem a questão do espaço... se tem uma modificação no espaço, você sente a modificação no tempo

Tem mais algum outro conceito, que tem vem a cabeça?

Acho que não, acho que, todos eles independente da época... independente do, do grau escolar, acho que, sempre se aprende o conceito temporal em relação ao espaço que a gente

tá, o ambiente que a gente tá. Acho que é isso mesmo, todos os casos, que a gente tem conceito temporal tem relação com o espaço

Tá, e mais algum conceito assim, te vem... que cê também falou em relatividade É.

Vocêalaria mais alguma coisa?

De certa forma tem a ver com, com o espaço, mesmo na relatividade, porque... depende da velocidade, mas a velocidade é porque algo está deslocando no espaço, então... então acho que, mesmo na relatividade, mesmo que a relatividade traga uma ideia assim, um pouco diferente, até meio abstrata, porque a gente não consegue vivenciar a relatividade, acho que mesmo assim a gente consegue perceber diretamente essa relação do tempo e do espaço.

Então vou passar pra outra pergunta, mas se você quiser falar mais algum...

É que agora não me vem em mente, porque, na escola a gente realmente não vê o conceito de tempo. Na escola não tem, não tem essa pergunta. A gente em nenhum grau do ensino básico, não vem essa pergunta, e fala-se no tempo, o tempo todo (risos) então acho que, acho que a gente começa a entender o conceito de tempo, meio que sozinho, meio que automaticamente, acho que... conceito de tempo... na vida estudantil acho que, diretamente assim, o que é o tempo foi na graduação, no ensino básico nunca foi diretamente assim

Mas na graduação essa palavra, essa pergunta apareceu pra você, o que é o tempo?

Sim, já tive essa discussão, não consigo lembrar qual disciplina era, não consigo lembrar, mas eu lembro que já houve essa discussão e, (risos) não se chegou a conclusão nenhuma

13. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

Ah, sim mas... só porque eu tô aqui na física (IFUSP), já estudei isso, agora, como a sociedade pode saber...

Não assim, ó, se o astronauta viajar numa velocidade altíssima, o tempo vai mudar?

Sim, pelo menos é o que nos dizem, a relatividade. Pelo menos até alguém (risos) provar que ela tá errada... sim, sim (risos)

E é, o tempo... tempo como um todo, como que é assim, você poderia falar mais alguma coisa? O tempo de quem vai mudar?

(pausa) pra gente não, pra gente vai continuar sentindo o tempo da mesma forma, porque o ambiente a nossa volta vai continuar se modificando da mesma forma. Mas, pra ele, no ambiente que ele vai tá, vai mudar de uma outra forma, por causa da velocidade que ele tá. E como ele vai perceber, é porque a mudança do ambiente dele vai ser diferente, então... é que eu tô pensando em referencial (risos)

Pode falar! Pode falar o que você quiser!

Então pensando mais nessa questão de referencial mesmo, então a gente aqui, no referencial da Terra, a gente vai continuar sentindo o ambiente na Terra mudar da mesma forma, a natureza vai se modificar da mesma forma, a vegetação vai crescer da mesma forma, os astros, a gente vai observar da mesma forma, então, aqui ele não vai se modificar, mas, para aquele astronauta o ambiente em que ele vai tá, é... vai se modificar, numa outra configuração, então ele vai sentir essa passagem de tempo diferente por causa do ambiente, vai se transformar de forma diferente. Então acho que, tem a ver com qual, qual ambiente realmente ele se encontra, que é a questão do referencial.

E como você sabe disso, como sua sociedade e cultura sabem disso?

Pensando primeiro em mim só pela questão do estudo da física mesmo. Quando, nas ideias, na cultura em geral, não sei se isso é muito... muito explícito. Porque a gente sabe que a divulgação científica é bem fraca assim, pra leigos, talvez uma tentativa midiática realmente, filmes, mas mesmo essa tentativa de mídias mais populares acho que falham bastante em

divulgar essas coisas, então, eu acho que culturalmente as pessoas não tem essa noção, de que o tempo pode passar diferente. Eu acho que, no geral, na cultura, é, em geral, as pessoas são muito limitadas ao ambiente delas, a sensação de tempo para o ambiente delas, não tem essa noção do tempo relativo.

14. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

O tempo? O tempo acho que não. O tempo acho que não, por mais que ele acompanha essa mudança do espaço, ele pode ter forma: pode ser esticado, pode ser curvo... eu acho que é o ambiente que a gente tá, o espaço mesmo, o ambiente. Por isso que eu acho que o tempo é, mais uma questão, é... psicológica.

Você acha que o tempo, ele nem existe, é uma ilusão?

(pausa)

Ou não é isso que você quis dizer?

É... acho que, acho que não, acho que... (pausa) não que ele seja uma ilusão e não exista mas, ele é abstrato. Acho que ele só não pode ter uma forma, nem nada disso, porque ele não é, não é uma coisa material, digamos. Ele é uma sensação realmente, é uma coisa que acompanha essa mudança material, mas ele não é a mudança material. É... então, o que pode ter forma, eu acho que é o ambiente, acho que é o espaço, mas o tempo, por mais que ele vá acompanhar essa mudança, essa forma, esse formato, o tempo em si não vai ter forma, ele vai continuar sendo só uma sensação, uma sensação psicológica, em relação ao ambiente mesmo. Não acho que ele tenha forma

15. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Dentro das teorias da física... é... (pausa) ainda assim eu acho que o tempo é relação completa com o espaço porque, dentro das teorias da física, o que vai determinar qual é o tempo que a gente tá vendo, é como se configurava o, sistema, digamos, a gente tá estudando um sistema, a gente consegue saber qual é o tempo desse sistema de acordo com a configuração dele, então eu, eu acho que ainda assim, é totalmente relacionado a questão do espaço. É... porque, quando a gente vê, dentro de aula, por exemplo, dentro das disciplinas, sempre que a gente tem algum sistema que não vai se modificar, a gente já vai logo descartar o tempo, porque não vai depender do tempo, então acho que, isso já mostra essa relação de que, se o ambiente não muda, a gente... não faz diferença, se o tempo tá passando, ou se não tá passando, ou como ele passa. Se o ambiente não muda, não faz diferença do tempo, se o ambiente muda, a gente só mede, a gente só consegue medir essa mudança, perceber essa mudança com relação ao tempo, como vai mudar... não sei se ficou claro, acho que tá um pouco confuso na minha cabeça, também, tá bastante confuso (risos). É... dentro das teorias da física... “Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?” Eu realmente não consigo pensar, acho que sempre que falar em passado é um espaço que se configurava de uma forma, tinha uma configuração, e aí esse é o passado, como que era essa configuração. E o futuro, como que vai ser... (pausa) e se... não tiver mudança nessa configuração não tem sentido falar em presente, passado e futuro.

ESTUDANTE 4, TERCEIRO ANO

1. Para você, o que é tempo?

Bom... o tempo é o tempo (risos) que explicação ótima né? Ó, a gente aprende que o tempo é algo definido, quando a gente começa lá, na nossa física básica. Mas depois a gente vai entendendo que o tempo, ele é relativo. Que pra nós, seres comuns, o tempo, ele é relativo mesmo. Porque, quando você tá atrasada, que um minuto é muito tempo, ele vale tudo, mas, se você tá com bastante tempo pra fazer alguma coisa aquele tempo pode ser bem grande, um minuto pode ser muito extenso.

Agora, se a gente for entrar na discussão de tempo relativo, que aí tem que pensar que, o espaço contrai, o tempo dilata, não sei definir tempo. Pode ter várias definições dentro da sua área. Eu como um ser comum ia falar, o tempo pra mim é, é algo que me retrata a memórias, que me retrata... eu acho que é isso. As minhas memórias, o meu tempo, o tempo de vida, que aí é na área de biológicas talvez. É isso. Não vou entrar na discussão do que é tempo. Não sei o que é tempo!

O que é tempo? Não sei, depende! É isso, não tem definição pra mim, depende!

2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

As pessoas sabem que o tempo... acho que eles olham o tempo cronológico. O tempo que eu gasto, o tempo que eu trabalho, o tempo que eu levo pra estudar, acho que é o cronológico mesmo, mais para esse tempo. E aí no tempo, na questão do... do individual, que talvez um minuto pra alguém seja muito tempo, pra alguém é pouco tempo, depende pra ela que situação é. Então, acho que dependendo da situação, então acho que na sociedade como um todo, na maioria, como sempre falam o tempo é dinheiro. Acho que eles olham muito para o tempo cronológico.

E em termos da natureza do que seja o tempo? Será que a gente pode dizer que ele é feito de alguma coisa?

A natureza do tempo... é que a gente aceita o tempo como uma coisa natural, mas se eu não sei nem o que é tempo... eu não sei como eles olham naturalmente o tempo. A gente vai aceitando, não sei se é porque a gente só pensa no tempo cronológico. Não sei explicar a natureza do tempo propriamente.

3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Acho que no início eles olhavam o dia e noite. A questão do dia e noite, eles falavam: ah, aqui é escuro, é um período. Dia é um período, noite é um período. Aí com o passar do tempo (risos) que seriam os dias... (risos) gente como é difícil falar do tempo! E aí como que eles fizeram para colocar os dias, como que a gente foi contando os dias né? Como eles pensaram isso... ah sei lá, eu olho alguma coisa que se movimenta, meio que periódico, foi o que alguém... e aí olha o seu pulso, que acho que é a primeira coisa que pensaram pra poder criar o relógio, que é o tempo cronológico que a gente tá falando. Mas eu acho, que ele deve ter começado assim: com dia e noite, daí começaram a observar algumas coisas, sei lá, isso aqui, olha, meio parecido com o compasso do meu pulso, passa assim...mas eu acho que... começou aí. Aí com o passar dos anos, que também é o tempo, que a gente determinou lá: esse ano vai ter tantos dias, que vai ter 24 horas, eu acho que aí entra no tempo cronológico, mas talvez partindo da observação da natureza.

4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique.

É que é assim... é que... eu não sei se a gente compreende o tempo. Mas eu posso pensar que eu entendo o que é o tempo. Porque se alguém me apresenta que o tempo é isso e eu aceito que é isso e eu me limito a isso, pra mim o tempo é isso. Alguém fala: o tempo é o tempo do relógio. E se eu não penso em outras formas de tempo, pra pensar o que é o tempo, pra mim o tempo tá definido. Ai, como era a pergunta mesmo? (risos)

Era assim, que a mariposa vive 24 horas e o homem vive mais. Então, você acha que a fisiologia de um organismo está ligada a sua compreensão do tempo?

Eu acho que, quem vive mais, está mais tempo vivo, mas não necessariamente compreende melhor o que é o tempo. Não necessariamente. Porque eu não sei se, falar - quanto mais anos de vida, isso me explica o que é o tempo, porque a gente não sabe tudo.

Mas você acha que o fato da gente ter dois olhos...

Eu acho que a gente pode ter mais experiência com o tempo.

A gente não voa, você acha que isso pode ter a ver com a nossa percepção do tempo? A nossa fisiologia, em termos, é... da parte biológica mesmo?

A gente sente, se você parar pra pensar na questão biológica, a gente sente porque a gente começa a envelhecer, a pele já não é mais a mesma, nosso cabelo já não é mais o mesmo, nesse sentido eu sinto o tempo, que o tempo realmente passou, nesse sentido. Então o fato de que eu consigo entender, mas aí eu entro no tempo cronológico de novo, e biológico. Mas eu não tô abrindo pra uma discussão de outras formas de pensar o tempo. Por exemplo, quando a gente discute a questão da relatividade do tempo, então, eu só me limito a esse tempo que eu conheço, que a sociedade em maioria, conhece, que é o tempo cronológico, que é o tempo fisiológico, que quanto mais tempo passa, mais meus órgãos vão ficando, ruins.(risos) E a mariposa, neste sentido, fisiologicamente, será que ela não sente? Não sei se ela sente... porque, embora seja um dia, a gente não sabe o quanto ela se transforma nesse período. Se a gente pensar na borboleta, ela vai se transformar, nas horas, nos minutos, sabe? Então a gente não sabe, se a gente considerar que, um animal não pensa, aí ela não percebe então realmente o tempo passar. O ser humano, como um ser, pensante, ele sabe melhor o que é o tempo do que a mariposa.

Então, ela como ser, não pensante, eu posso dizer que a gente sabe mais, independente do meu tempo de vida, fisiologicamente falando.

Você acha, por exemplo, o ser humano está habituado com esse tempo cronológico. Mas e se fossemos diferentes, você acha que isso poderia influenciar na nossa percepção do tempo?

(pausa) (risos) Calma, não sei se a gente... eu não sei, a gente percebe o tempo pelo que? Pela memória? Só pelo tempo cronológico? Como que a gente percebe o tempo? É que, olhando assim de longe, parece que eu só penso no tempo cronológico: passado, presente, futuro, agora, daqui dois minutos, daqui três segundos... aí como era a pergunta mesmo? Me perdi!

Se você acha que se mudasse nossa fisiologia,

Ah, se mudasse o nosso corpo, se ele continuasse envelhecendo ao longo dos anos a eu vou perceber da mesma maneira. Agora, se essa mudança, fisiológica, sei lá, ela permitir, que eu não fique... mesmo ao passar do tempo eu não fique velho, sei lá, não tenha mutações, não sei, pode ser que sim, agora se essa mudança fosse tão brusca, se eu me transformasse igual a borboleta, que vai mudando, pode ser que eu perceba...ba, mas se eu for um ser pensante, eu acho que eu sinto o tempo passar, talvez mais rápido, ou menos rápido, depende da minha estrutura na qual vou me transformar. Se eu, me tornar um ser, muito diferente, que eu mude muito rapidamente, pode ser que eu perceba esse tempo, fisiologicamente falando... já me perdi!

Você acha que o tempo está ligado com o ser, biológico? Ou não, o tempo é uma coisa, e o ser é outra?

Menina, mas... é que embora parece que o tempo seja diferente de mim, o tempo está em mim! Porque assim, parece que o tempo é uma coisa distante, mas todo o tempo, querendo ou não, o tempo está, se a gente fala: os anos estão passando, eu tô envelhecendo, tô, nas minhas memórias eu tenho os tempos passados, então ele não pode tá fora de mim. Assim, ele tá na minha memória, digamos, se eu tenho ele comigo, o que eu vivi ao longo do tempo, as mudanças que eu sofri ao longo do tempo, não pode o tempo tá fora de mim!

Bom, então se ele tá dentro de você, a sua percepção do tempo, se você fosse diferente, talvez fosse diferente também?

Pode ser! Ó vamos pensar assim: se eu for um ser diferente, provavelmente eu vou ter uma percepção diferente. Porque assim, eu penso assim: a gente tem uma opinião formada sobre alguma coisa: a educação brasileira tá uma... uma coisa horrível. E aí eu falo que tudo tá ruim, a culpa é dos professores e tudo mais. Mas, de repente, se eu começo a ter de fato um

contato, aí falo ó, poxa vida, não é assim, tem professores que tão lutando, que tão fazendo um trabalho legal, mas aí cê tá vendo, ao longo do tempo, a minha percepção foi mudando em relação aquilo. Então, ao longo do tempo, eu posso mudar a minha opinião sobre o tempo. Então, depende, é... tanto fisiologicamente, quanto, vamos dizer culturalmente, já que tô em contato com outras pessoas eu posso pensar sobre o tempo de forma diferente. Não só fisiologicamente, eu penso se eu puder, eu posso ter uma outra percepção, mas eu acho que talvez o que me influencie mais, pra pensar esse tempo seja o meio que eu estou inserido, por que o meio, querendo ou não me influencia. Não é determinante, mas me influencia de alguma maneira de pensar o tempo.

5. O tempo pode ser alterado? Como?

Mas como assim o tempo pode ser alterado?

Está bem aberta a pergunta!

Se eu pensar na questão de dia e noite, eu não posso alterar. Eu, como ser humano, não posso alterar. Não posso falar: olha Sol, vou mudar aqui, a hora e tudo mais. Isso eu não posso essa questão do tempo. Eu não posso mudar, o ano vai ter mais de 365 dias, como a gente foi estipulando aí, sei lá. Aliás, isso eu posso, isso eu posso. Ah sim, isso eu posso, minto! Isso eu posso, só não posso mudar tipo, dia e noite, sabe? Acho que eu não vou conseguir mudar isso. Não posso fazer: olha Lua, agora, você vai inverter, você vai aparecer do outro lado. Acho que, nessa questão do tempo, dia e noite acho que eu não consigo. Mas, em termos de... de calendário eu já consigo, eu posso determinar né? Agora, eu posso mudar o tempo... eu não sei se eu tenho controle sobre o tempo... porque, se eu pensar em vida e morte, eu não sei quanto tempo vou ficar viva, entendeu, então... mas eu posso mudar o tempo do presente, vou mudar minha grade horária, esse tempo pra mim, que é o cronológico eu já consigo mudar. Esse tempo eu consigo mudar, o cronológico. Dia e noite eu não consigo. É isso. O tempo de vida, também não tenho controle sobre ele. Eu não sei. Eu posso até fazer coisas que... que me proporcione viver mais, sei lá, faço esporte, me alimento bem, mas isso não garante que eu vá viver mais. Eu não tenho controle sobre o tempo de vida. Esse eu não posso mudar, esse eu não sei. Que mais, não sei mais que tempo, conduz aí, ajuda!

E um tempo relacionado a física?

um tempo relacionado a física?

Vocêalaria mais alguma coisa?

Vou ser bem sincera, é que, pensar que o tempo dilata, que o espaço contrai, é muito difícil. Eu não sei nem explicar direito como olhar o tempo dessa maneira. Como que existe um tempo negativo? Não sei... mas será que esse tempo tá ao meu alcance? Na verdade esse tempo da relatividade, ele existe, mas não é perceptível por nós. Nós, reles seres comuns, cê não para pra pensar que isso existe. Mas eu não sei se... posso influenciar? (pausa) não sei se eu posso influenciar nesse tempo. É que eu tô pensando no caso da bomba que explodia, e se ia salvar a pessoa, qual a velocidade que tinha que ir para chegar... uma coisa louca. É, é o tempo relativo, não sei, já que é relativo, eu acho que eu não mudo não. Vai que o pneu fura né? Não pode acontecer nenhum imprevisto né? A pergunta era se eu posso mudar o tempo né?

É. Se você quiser eu já vou pra outra pergunta. Ou se preferir eu espero, se quiser pensar um pouco.

É que eu não sei, não sei se posso mudar o tempo. Porque eu não posso voltar atrás! Por exemplo, fiz uma coisa errada, teve uma prova ontem, aí vou voltar no tempo, olha só agora que eu já sei fazer! Eu não consigo voltar no tempo. Eu acho que eu consigo mudar o tempo, mas um tempo limitado. Aquele tempo mais cronológico mesmo. As vezes eu falo assim: ah, meus horários de aula, quero esse, e agora eu mudei, porque aí tô falando de tempo de horário. Esse eu consigo mudar, mas, o tempo de vida eu não consigo, nem seu como, não dá pra você parar no tempo e falar aí, vou ficar, tipo no formol. O tempo vai passar, mas eu

vou ficar, sabe como os vampiros, que não envelhecem sabe? Não sei como eu posso interferir muito no tempo. Não sei responder. Só consigo pensar isso.

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Olha, a minha mãe, eu não sei fazer isso, a minha mãe, ela olha o tempo, ela olha pelo Sol. Ela olha e fala assim, ó agora... a gente nasceu bem numa cidadezinha bem do sertão nordestino. Então ela falava assim: olha, então, já tá cedo, o galo cantou. A gente falava: aah, já tá quase amanhecendo. Não era associado com hora, eles pensam assim: o galo cantou já tá quase amanhecendo, falta pouco tempo pra clarear. E aí, quando amanhece, pôr do Sol, hora de trabalhar. Ah, o sol tá sobre a cabeça. Hora de almoçar. Eu, não sei me orientar assim, eu sou sempre no relógio mesmo.

Mas então assim, se a gente quebrasse todos os relógios do mundo,

Vai ser bom! Eu vou ficar livre de horário! Não tem hora!

(risos)

Mas sim, posso me orientar pelo sol. Eles falam: dia e noite, ah, tá escuro é noite, tipo a orientação pra eles seria essa: tá escuro, é noite, descanso. O solzinho tá se recolhendo? Hora de ir pra casa. Hora de se recolher, aí todo mundo faz comidinha, todo mundo se reúne, olha, a Lua tá linda, vamos apreciar o luar. Mas basicamente eles se orientavam assim mesmo. Se orientavam né, porque agora eles tem relógio, então agora acabou! É igual o tempo, a minha mãe olha pro céu e fala: hoje vai chover! Não sei como! Eu olho pro céu e falo: mãe, não vai chover, e chove, em menos de dez minutos (risos).

Eu tentaria me orientar pelo Sol. Pelo Sol e pela Lua, pelo galo cantando. Mas não tem galo aqui em São Paulo. Vou comprar um galo (risos).

Mas acho que, faria isso também, me orientar pelo Sol. Sei lá, vou ganhar sombra, vou medir sombra, sei lá, tal horário. Sabe? Colocar uma plaquinha lá: vamos medir! O Sol tá aqui, ahh... sei lá, tentar alguma coisa assim.

Imaginar a criação do relógio que o cara pensou no poço de água, eu não pensaria. Eu não pensaria.

Ah, mas você tá me falando isso agora!

Não, mas eu falei porque eu já sabia da ideia do cara né!

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

Não tem Sol né? Eeeh que maravilha hein... É mesmo, como percebe? Ah, eu acho que ele percebe o tempo pela idade. Tô zuando (risos)

Ele nem se vê! Mas como é que ele vive?

Ah, não sei (risos) assim, a pergunta é: ele perceberia o tempo ou ele ia achar que não tem mais tempo?

Então, que eu tô pensando nos cegos. Os cegos, tem, embora eles não vejam nada o tempo todo, o tempo passa.

E como que eles percebem?

É isso que eu tô pensando agora, como eles percebem o tempo? Porque eles não vêem, não existe dia e noite no sentido de ver. Gente, é mesmo, como eles pensam? Como eles percebem na verdade? Ai, vou ficar te devendo

Mas e se assim, ó, se eu apagar todas as luzes desta sala, e te deixo aqui um tempão! Você vai perceber que o tempo está passando?

Percebo!

Como?

Pelos meus sentidos.

Que sentidos?

É, não posso contar com meu sentido visual... pela minha razão? Pela minha capacidade de pensar mesmo, de discernir, de saber que... uma situação bem assim, eu não saber de nada, pensar num deserto sozinha assim. Acho que a gente percebe, acho que é pela nossa capacidade de pensar mesmo, e de sentir que as coisas mudam, passam, sei lá. Não sei... porque que a gente sente? Não sei nem explicar porque a gente sente o tempo passar! Mas a gente sente. Sem ser fisiologicamente falando, a gente sente. É que tá tudo escuro, não posso nem dizer: nossa está escurecendo, não. Mas a gente sente, acho que pela capacidade de pensar mesmo.

E você conseguiria medir o tempo nessa situação, na sala toda escura?

Medir o tempo?

É, assim, não precisa ser uma precisão... mas você falou que pelos seus sentidos você percebe que o tempo tá passando!

Eu percebo

Daria pra contar o tempo de alguma forma?

Mas sabe qual o problema? Eu sinto que ele passa, mas eu não sei como ele passa. Porque assim, eu tô no escuro: agora, tô aqui... a vida vai passando... eu sinto que tá passando, mas eu tô no escuro. (Pausa)

Não sei se eu conseguiria medir, porque tá tudo escuro, eu não sei qual é a diferença de nada, eu não sei... eu acho que eu não conseguiria. Não sei. Não sei se eu ia contar, tipo... um, dois, (risos) e colocar um limite de espaço lá, de... é que cê tem que pensar que eu tô no escuro mas tô fazendo alguma coisa, tenho uma vida normal?

É, eu te coloco no escuro agora e falo: meça o tempo. E tá tudo escuro, totalmente preto, não vê nada! Aí você tem que medir o tempo,

Ah aí eu vou pensar em por pontinhos aqui, com lápis...

Mas você não tá vendo nada! (risos)

Mas eu posso, eu tô... ah é verdade, não tô vendo nada! E láí viu! Difícil! Não mas eu posso sentir, não posso?

Eu pego aqui as lâmpadas, aí espero porque, você vai voltar uma hora né? Aí eu conto: 1 segundo, 2 segundos, 3 segundos! Eu conto!

É isso!!! Você pode contar!

Posso saber o tempo contando né?

Isso!

1 segundo, 2 segundos, ou 1, 2, 3 né, não preciso necessariamente colocar unidade de medida... posso falar: olha cê demorou 2 vidas para voltar!

(risos)

Mas assim, eu posso contar também mentalmente, eu tô considerando que eu saiba contar, então eu posso contar: 1, 2, 3, 4, 5, não posso perder a conta hein? 6, 7, é, difícil

Ah, mas beleza!

Mesmo não enxergando, posso anotar? Porque vai que eu me perco né? 50... 1, 2, porque eu tô somando... aí não vou enxergar pra somar a conta (risos) tá, então tá bom, talvez eu contasse. No escuro, sem nada, me resta usar a cabeça. Eu usaria a cabeça. Só contar.

8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?

O tempo... (pausa) na verdade tô com falta de tempo. Porque... o tempo, pra mim, tem que ser feito de bons momentos. O tempo pra mim é... não sei o que é tempo! Como que eu falo o que o tempo é pra mim, não sei o que é tempo!

Não mas, uma definição você não tem, mas e em termos de valor? Que nem, você falou: bons momentos e... o tempo é importante?

É importante, é importante, eu acho que ele é importante para organizar sua vida, porque a gente faz várias coisas não só ao longo do dia mas da sua vida. Ele é importante até pra definir, o que a gente vive né: infância, adolescência, pra gente se organizar, em termos de

idade, ele é importante pra você organizar sua vida no dia a dia, ah, a gente tá falando do tempo só cronológico né, porque, ele é importante pra você organizar sua vida: ah, eu vou fazer isso, depois vou fazer aquilo... maravilha. E, eu acho que a gente tem que viver a vida aproveitando cada segundo com as pessoas que você ama, e fazer aquilo que você gosta, ser feliz. Primeiro é, basicamente isso, ser feliz sabe, tem que aproveitar cada segundinho que eu tiver pra ser feliz do lado de quem estiver. Eu vejo muito a vida assim. Então, cada segundo da minha vida, eu penso que é o último, porque eu não sei quando é o último dia da minha vida, o tempo final. E esse tempo final eu não sei quando é. Eu não tenho controle sobre ele. Pra mim o tempo é assim, eu vejo ele nesse sentido positivo, e às vezes falta tempo pra isso. Porque é tanta correria: aí agora eu tenho que fazer tal coisa, ah, agora eu tenho que fazer tal coisa... E aí aquele tempo que você podia ter ficado com as pessoas que você ama tanto, seus pais, né... falta. Às vezes faz falta. Tem tanto tempo, que parece... que não tem tempo, sabe? Tem tempo e não tem tempo.

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

A gente tá inserido num sistema capitalista. Eu acho que, querendo ou não, todo cidadão acaba tendo que... tá muito ligado ao tempo cronológico, tem que trabalhar, pra ganhar dinheiro, pra poder, pra comer, pra vestir, pra comprar, e que você tem que estudar, se não você não vai ser contratado pela empresa, pra ter o dinheiro, pra poder me manter, então, nesse sentido do tempo cronológico, eu acho que, querendo ou não todas as pessoas que estão inseridas no sistema acabam, tendo essa preocupação com o tempo mesmo. Eu tenho que produzir, se não, eu vou ser demitido, eu tenho que produzir se não eu perco concorrência. Eu tenho, eu tenho eu tenho eu tenho que fazer, sei lá, quanto menos tempo, eu gasto pra produzir alguma coisa, mais eu economizo, mais eu vendo, mais lucro eu tenho. Eu acho, eu acho que, querendo ou não, toda a sociedade tá inserida mesmo que não queira. Mesmo... o pessoal que tá lá na zona rural, querendo ou não, ele tá, porque ele tem que criar uma maneira de achar uma renda, sabe? Ele tem, então querendo ou não na nossa sociedade capitalista todos, todos estão... dependentes do tempo. Tenho que trabalhar, tenho que ter o tempo de voltar pra casa, não sei... eu já me perdi na pergunta

10. E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

(pausa) Ó, sou muito ruim de memória. (Pausa) Qual é a pergunta mesmo?

nas civilizações humanas ao longo da história, você saberia dizer como o tempo era valorizado por elas?

É assim, eu já li alguma coisa mas, eu, eu, já faz tempo. E... o tempo na verdade, não é... bom outras civilizações, por exemplo, o tempo não era como o nosso, organizado em tantos dias, se eu não me engano na civilização maia mesmo era diferente a maneira como eles colocam o calendário, e tudo mais. Nesse tipo de calendário, então... o tempo, como a gente colocou, segundo, hora, minuto, não sei que lá, não era assim. Aliás, algumas civilizações usam de maneira diferente. Aí eles usam, não lembro as linguagens, em tribos indígenas, se eu não me engano aqui no Brasil, usam, não tempo horas, minutos, eles tem lá: não é “escaleca”, não lembro como eles falam, mas eles usam uma outra linguagem, mas eles conseguem, por exemplo, a cada meia hora nossa, corresponde a não sei quanto deles lá, mas eles tem uma linguagem deles, eles montaram uma própria linguagem de tempo pra eles. Eu não lembro como que é a linguagem, só sei que existe. E... eu acho que, de certa maneira pra todos nós, o tempo, não só como o cronológico também mas junto a memória sabe? É, o que eu vivi, as experiências passadas, assim, não sei. Acho que, como indivíduo, cada um tem suas memórias. Muito difícil falar de tempo.

11. Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Como o ser humano né... a gente valoriza o tempo... (pausa)

Nem sei se a gente valoriza o tempo! Nem sei se a gente valoriza. Mas... é que, é difícil de você falar da sociedade quando...

Assim, você falou que nem sabe se a gente valoriza o tempo. Mas, você não tinha falado assim: que a gente precisa do tempo pra trabalhar, tempo é dinheiro?

Isso, nesse sentido sim.

Qual sentido você acha que a gente não valoriza?

Eu acho que, assim, a gente vê muita violência, sabe... eu não trata o outro bem. Claro, essa é uma questão mais da humanidade, de ser, sabe, eu acho que todo mundo tem que viver em paz. E sei lá, quando eu penso que alguém, tirou a vida de alguém, e ele acabou não só com a vida de uma pessoa, mas também de uma família, querendo ou não, ele fez, talvez o tempo de vida que ainda aquelas pessoas irão ter, sabe, não o tempo, sabe, eles não vão ser, mais tão felizes como deveriam ser, sabe. Talvez ele tenha destruído um pouco esse tempo, esse tempo de felicidade eu entendo. Ele tirou, ele, quebrou, eu não sei.

Ele mexeu num aspecto afetivo do tempo daquelas pessoas

Isso

Antes o tempo,

Era uma coisa sabe, o momento agora, tava tudo bem, tava todo mundo em paz, e ele tira isso. Sabe ele tira essa estabilidade do tempo

Então nesse sentido eu acho que, a gente não sabe usar o tempo. A pessoa que tira a vida do outro não sabe usar seu tempo.

12. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.

Ó, a gente fala do tempo, a gente considera que é um instante, sem determinar “o tempo é isso”, “o tempo é aquilo”, a gente trabalha com as equações horárias, velocidades, tudo mais, e beleza, e aí a gente aceita né, até, você chegar e discutir o que é o tempo mesmo, e aí você descobre depois que não sabe o que é o tempo. Que é como eu falei, não sei o que é o tempo, de fato. E aí, a gente entra na relatividade, que... também é muito louco, você vai ver que o tempo, ele dilata, mas se o espaço contrai, é o inverso, o tempo contrai quando o espaço dilata, mas, basicamente o que eu lembro é isso.

Mas então, o que está ligado ao tempo, algum conceito, pode ser dentro da física? Você falou em relatividade, mas e conceitos que estejam ligados ao tempo?

Velocidade, o espaço tá, muito aliás! Tem que falar mais?

Sim!

Aceleração, posição dos objetos, mas aí já entra na equação horária. Acho que não sei, deve ter vários outros, mas agora... aí a pessoa fala osciladores harmônicos, aí vai lá pra ótica, sei lá.

O que a gente mais trabalha no ensino médio é equação horária, espaço... mas se você pensar mesmo em Newton né, também tá relacionado, que a gente fala, força é igual a massa vezes a aceleração, só que aceleração é dv/dt , daí querendo a velocidade tá variando no tempo, mas aí já falei, posição... então eu acabo voltando né?

13. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

Ó, a gente sabe que o tempo pra ele muda, mas depende do referencial né?

Então o tempo seria modificado, pra ele sim?

Pra ele, pra ele sim. Pra gente também, porque depende do referencial que olha. Mas aí falando fisicamente, né? Tô tentando lembrar quando é que o espaço contrai e quando dilata, porque acho muito difícil de visualizar. Mas, depende do referencial, tanto pra um quanto pra outro vai mudar.

E como que a gente saberia disso? Como você sabe disso?

Eu sei por causa da física. Por causa do estudo de relatividade da física. Mas eu acho que, talvez, as pessoas possam saber disso, talvez não pensando no referencial, mas talvez por uma reportagem, ou informação, por uma revista científica, mas pode ser que ele tenha lido em algum lugar, sabe? A informação, na sociedade. Eu soube por causa da relatividade mesmo. Até então achava que o tempo era uma coisa linda, não tinha nada disso, do tempo ser relativo.

14. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

O tempo pode ser curvo? (Pausa) O tempo... ah eu sei que ele pode voltar. Ele pode contrair, dependendo do... da situação. Qual que é a pergunta mesmo?

O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

(pausa) como assim?

E, vocêalaria que o tempo tem um formato?

Acho que o tempo tem um ciclo... tem um ciclo, 360 graus, pode ver, começa aqui ó, aí vai indo, indo (mostrando os ponteiros do relógio).

(risos)

(Risos) o tempo, uma curva, um espaço? Assim, eu acho que você pode ser criativo e fazer um diagrama lá, fazer um coração, e determinar que, por exemplo, com as horas do dia, não sei... sei lá, alguma coisa... não sei, como assim curva? Não sei.

E você acha que ele é feito de alguma coisa?

Não sei, eu não vejo o tempo, mas eu sinto ele passar e... não acho que é material. Matéria acho que ele... não.

Você diria que ele é feito de alguma coisa?

Das sensações? Não sei!

Falar que ele é feito de sensações, poderia dizer isso? Ou não?

É porque, se eu falo que é por sensações... eu também poderia dizer, porque a dor eu também não vejo mas eu sinto. E, todo mundo aceita que dor existe. Se todo mundo conseguir sentir que o tempo passa, eu posso dizer que para algum sentido, não sei qual, porque quem não... acho que todo mundo... se for pensante, eu acho que ele consegue sentir que passa. Eu acho. Mas só pelo sentido, não sei se eu posso...

Se o tempo é feito de alguma coisa né... não sei de onde ele vem... não sei nem o que a gente sente! A gente sente que passa, a gente determina algumas coisas, é... mas aí com a observação da natureza, mas do que que... porque a gente deu o nome tempo? Não sei menina, que pergunta... não sei! Eu iria falar que é dos sentidos, sei lá, o tempo é alguma coisa que a você sente, tipo dor, alegria, tristeza... que você... isso é formado de que? É do ser humano, sei lá... mas não sei se é do ser humano...

Mas se você não tiver sentido dor, nem tristeza nem alegria, o tempo vai passar também?

O tempo vai passar também. E se você tiver sentindo também. Independente. Mas é... não sei definir.

15. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

(pausa) Ó, eu sei que as leis de Newton, a gente considerava o tempo, não sei se é tempo absoluto, não sei e posso falar isso, vai. Porque aí vai ter um momento que vai falhar, e aí você vai ter lá velocidades muito altas e esse tempo não vai funcionar. Você vai ver que o tempo não pode ser absoluto. Daí, entra a relatividade pra corrigir esse primeiro problema. Que é, a gente não sabe que o tempo, ele... contrai, dependendo né, ou dilata. Ai não sei, não sei muita coisa do histórico do tempo na física. É que eu penso muito em como a gente foi educado sabe? Quando... eu discutia só lá, velocidade... aí era tudo... normal, o tempo é o tempo, é uma coisa, não sei se é absoluta, mas aquele instante, parece óbvio: o tempo é isso

sabe? Aí quando você... você vê, você entra numa discussão que na verdade eles se encontram, você vai lá na relatividade, aí você fala: não, mas o tempo não é sempre positivo? Sabe, aí você começa a gerar os conflitos. Não sei muito. Não sei se eles começaram aquela história do dia e noite, a sombra pra poder calcular alguma coisa, mas não lembro. Pelo menos na faculdade eu só vi estas duas coisas, sei lá, Newton não resolve, mas aí, chega na relatividade...

ESTUDANTE 5, SEGUNDO ANO

1. Para você, o que é tempo?

Nossa, essa pergunta...

Então, assim, pra mim, eu ainda não fiz relatividade geral nem nada, mas eu tenho alguns conceitos que eu li em livros, em redes e tal. Que o Einstein atrelou o espaço ao tempo. Não precisa dar a definição de espaço né, e conforme você coloca, sei lá, uma massa muito grande, esse espaço-tempo deforma. Eu penso que é o seguinte: a gente não sabe o que é o tempo mas pra mim ele tá com certeza atrelado a nossa noção de espaço, e eu tenho uma certa intuição que o tempo tem uma velocidade, e que essa velocidade é igual a da velocidade da luz. Porque: se a gente conseguisse ultrapassar a velocidade da luz, a gente conseguiria meio que ver o passado, aí eu tenho essa... sei lá, seria meio doido assim e... pra mim, eu sei que o tempo também tá, o tempo tá atrelado a velocidade e ao espaço, mas eu não sei o que é o tempo porque, é um negócio muito abstrato assim

2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

As pessoas da minha sociedade e cultura?

É, do seu convívio, do lugar onde você mora, da sociedade em geral

Ó, eu já conversei muito sobre o tempo com meu pai, ele não é da área de física, de ciência, nem nada, mas eu gosto de conversar com ele de algumas coisas sobre o tempo. E um dia eu falei pra ele: ah pai, eu acho que o tempo não existe. E ele concordou comigo, falou: é, de fato o tempo não existe. Só que aí depois ele me questionou: não Então pra ele acho que o tempo não existe e...

Mas porque o tempo não existe?

Porque de repente o tempo ele é algo... como eu posso explicar... ele é presente na nossa vida mas, ele só tá lá, ele... ele não... (pausa) ele não tem um comportamento assim, sabe? Ele só passa. Tipo é como se o tempo fosse, sei lá, é... algo que eu não vejo, que eu não sinto, entendeu? Nesse caso de eu não sentir, ver e tal, você pode dizer que ele não tá lá.

O tempo então não é feito de nada?

É, tipo isso. Agora, das pessoas do meu convívio, não vou dizer as da física porque as da física tem uma noção melhor do que a maioria da sociedade, mas eu tenho a impressão de que, pra maioria da sociedade o tempo é um, tipo, uma coisa linear, assim, que ele passa mais, não... não dá pra você mexer com ele, ele só tá lá e passa assim.

E isso que você falou, que ele tá só lá e passa, isso não era o que o seu pai tava falando?

Eu acho que pode ser, só que pra ele é algo diferente sabe... a gente tava falando que o tempo é só uma escala que é medida em horas, segundos, etc, tempo como escala que foi criado a partir do sol. Daí meu pai disse que o tempo não existe como outra coisa além de só uma escala de medida.

3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Na verdade não... no máximo, um Einstein que veio e fez a relatividade geral mas...

E antes, assim, você já ouviu falar como...

Não, nunca ouvi falar.

Nem na faculdade?

Não. Eu tive gravitação que a gente viu a história da ciência, mas não abordou a questão sobre o tempo, mas a questão sobre a gravidade mesmo.

4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique.

Sim. (Pausa) nossa... só me explica uma coisa, o que você quer dizer com fisiologia, tipo, o corpo?

É, o funcionamento do nosso corpo... a gente tem dois olhos...

A nossa fisiologia, e qual que é a outra palavra?

Assim, há espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas, já a espécie humana tem capacidade de viver mais. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como?

A nossa fisiologia sim, porque a gente vive mais que a mariposa, então, porque a mariposa não sabe que ela vai viver 24 horas, eu acho. Bom, ela pode saber por outras experiências de outras mariposas. Mas... a concepção de tempo dela imagino que seja diferente do nosso, sabe? Ela tem essas 24 horas pra fazer a vida dela. Enquanto a gente tem, sei lá, anos pra fazer a nossa, e não se preocupar tanto com isso e falar: ah não, amanhã eu faço, sabe? E... sobre sermos humanos, eu acho que não, assim, por a gente ser humano mesmo, acho que a gente deu sorte de viver muito tempo, mas não por ser humano sabe?

Vc acha que a gente o tempo desse jeito porque somos humanos e...

A gente entende o tempo porque a gente é humano, se a gente fosse um bicho diferente, mais inteligente, ou menos inteligente.... é... se tivesse uma sensibilidade maior, sentiria o tempo de forma diferente.

5. O tempo pode ser alterado? Como?

Alterado você diz, por exemplo, eu solto essa caneta, será que eu consigo fazer alguma coisa no tempo que vai fazer eu não soltar ela? Por exemplo? Tipo isso? Por exemplo, voltar no tempo, viajar pro futuro? Alguma coisa assim?

Assim, a pergunta tá bem aberta mesmo para você responder como quiser!

Ó, tem duas coisas que eu já li, que, coisa sobre dilatação temporal, que, as equações do Einstein, que quanto mais você se aproxima da velocidade da luz, mais devagar o tempo passa, então através disso eu imagino que o tempo pode ser contínuo, não, pode ser modificado no sentido que, ele não vai ser o mesmo em cada etapa da sua viagem, próximo a velocidade da luz. E tem a questão da entropia também, que fala sobre a seta do tempo, que... um sistema tende a ser mais desordenado, então, por exemplo, eu solto esse copo aqui ele tende a ser mais desordenado. E eu não consigo fazer um sistema, assim, grande, porque, fazer que a entropia volte. Aí, tempo tem uma flecha que aponta no sentido da entropia, nesse sentido, a gente não consegue manipular ele, nessa questão da entropia, mas a gente consegue manipular ele nessa questão de viajar próximo da velocidade da luz, porque, pelo menos eu acho que na velocidade da luz as coisas se comportam de um jeito muito diferente do que o copo quando ele cai no chão, sabe?

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Como faziam quando...ah, você diz sem relógios de pulso ou relógio solar?

Sem celular, sem relógio

Não, relógio, relógio solar, aí vale?

Vale!

Então, podíamos fazer como os antigos faziam né, eles mediam a hora, eles colocavam o relógio agora aqui, e conforme o sol nascia e se colocava, ia aumentando, sombreando aqui, né? Eles faziam assim, eu acho um bom exemplo

É verdade! E se tiver de noite?

(pausa) Supondo que a gente soubesse que, não, supondo que a velocidade em torno de nós, do sol, fosse constante, a gente podia fazer um negócio muito bizarro, que é, tentar acompanhar a traje.. por exemplo ele nasce aqui e morre aqui, aí a gente calcula essa velocidade angular, e aí coloca alguma coisa com luz, que aí vai fazer, quando tiver aqui embaixo, mas que nosso relógio solar vai projetar alguma coisa, fazendo com que o movimento seja isso, mas sei lá, acho meio bizarro assim, fazer isso. Não bizarro, mas difícil. **Sei, você pensou numa alternativa, foi a primeira coisa que veio, uma bem sofisticada (risos)**

(Risos)

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

A gente ainda tá na Terra eu consigo ouvir minha voz?

Sim

Ó, por exemplo, se tá tudo fechado, supondo, supondo, eu posso fazer um grito e calcular quanto tempo ele demora para chegar minha orelha. Mas aí eu perceberia o tempo, e conseguiria calcular o tempo que variou. Vou ter uma mínima noção de tempo assim, sabe? Agora, supondo que eu não tivesse, que eu não conseguisse falar, por exemplo, não conseguisse emitir ondas mecânicas...

vamos supor que você não consegue!

Como eu mediria o tempo... eu podia me mexer e ver que o tempo tá passando, não sei, ver que eu não consigo me mexer, não sei, tipo... mas é isso, acho que, enquanto eu sentir que eu to vivo vou sentir que o tempo tá passando, mas como ele tá passando, se tá passando rápido ou como, por assim dizer, acho que não dá para saber.

É então, enquanto você sentir que está vivo né? Então, você percebe que está vivo e o que te diz que o tempo tá passando?

O que diz que eu to vivo é, sei lá, conseguir conversar comigo mesmo, tipo, eu conseguir ouvir minha voz dentro do meu consciente assim, quando eu não estiver vivo, imagino que isso eu não vou conseguir.

E aí você percebe a passagem do tempo então?

É.

Como?

Então, porque, se de fato não tivesse tempo, as coisas não aconteceriam sabe? E se as coisas não acontecem eu, é como se eu não conseguisse falar comigo mesmo. É como se eu tivesse parado, no tempo, no espaço, no geral, em tudo assim, sabe? E aí um negócio parado, é tipo essa caneta, aparentemente ela não faz nada de mais, ela não interage com ela mesma, nem com o espaço, por assim dizer, entendeu?

Entendi, assim, mas, você está falando com você mesmo. Como você percebe que o tempo passa, falando com você mesmo?

(pausa)

O tempo está passando?

Sim, sim, sim. É justamente isso que eu te disse. Na minha concepção se o tempo para, tudo para, eu não conseguiria falar comigo mesmo, eu não conseguiria mexer meu braço, entendeu, é como se, tipo, tudo que a gente faz, pelo menos no nosso universo depende do fator tempo, entendeu? Aí, se o tempo não existe, se o tempo é zero, eu não consigo mexer meu braço, não consigo mexer as coisas, porque as coisas acompanham o tempo.

8. O tempo vale alguma coisa para você? O que?

Vale. (pausa) Então, eu não consigo comparar o tempo e dizer: o tempo vale o mesmo que minha mala, entendeu? Pra mim o tempo é algo importante, porque, segundo essa concepção que eu falei de tempo, se o tempo para, tudo para, ele é vital pra, pro nosso universo sabe? Sem tempo, não teria a expansão do universo,

você não ia ter humano, não ia ter bactéria sabe? Provavelmente se o tempo não existisse a gente ainda ia tá no Big Bang ainda, ou até antes, a gente não sabe como é antes, mas, sabe, se o tempo não passa as coisas não...não andam... sei lá.

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

Uma pessoa, tipo, que eu conheço ou pode ser um grupo? As pessoas idosas. (Pausa)

É porque, tipo, porque querendo ou não, quando você sabe que você está idoso, por assim dizer, o seu tempo tá acabando, e aí você vai dar valor pra todo o tempo quer você tiver, é como se você tivesse mil reais, e eu to gastando, sei lá, 10 todo dia, chega dois dias antes de acabar eu vou estar com 20 reais, eu vou dar muito mais valor pra esses 20 do que eu dava pros meus mil, porque é maior, sabe? Tipo isso, conforme vai acabando você vai dando mais valor e, pra manejar melhor e tal.

10. E nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Não tenho noção nenhuma.

Você não se lembra de alguma coisa, um filme, ou algo que você leu em algum lugar?

Não.

11. Como o ser humano, como espécie, valoriza o tempo?

Generalizando, acho que o ser humano trata o tempo com muita indiferença, tipo, como se o tempo nunca fosse abandonar a gente, ou a gente não conseguisse mudar o tempo, tipo assim, então, tanto faz pra mim o tempo porque eu sei que ele vai tá aí, sabe? Então eu acha que é tipo isso, supondo um dia, que eu sei que o tempo vai acabar... e de fato vai! E supondo que não existe vida depois da morte, aí acho que a gente ia dar mais valor ao tempo, que nem como os idosos também.

E não só nessa questão mas na questão científica também. Tipo, se a pessoa soubesse, por exemplo, que o tempo depende de algum fator e tal, procuraria estudar mais o tempo pra saber até como manipular ele, tal.

12. Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Justifique.

Tipo, desde o ensino médio até hoje?

É, pode ser!

Ah, você tem as equações do espaço né, que, sei lá, $S = S_0 + vt$, tal, a equação de velocidade, você tem que, a aceleração varia em torno do tempo...

É, então, espaço, velocidade...

É, aceleração... e você tem também que o espaço tá atrelado ao tempo né? Segundo a relatividade geral.

13. Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

Ah, eu já li, já li sobre esse negócio, é o paradoxo dos gêmeos né?

É até mais simples, sem irmãos... só um astronauta que viajou numa velocidade altíssima. Aí você acha que o tempo vai ser alterado?

Em relação aos dois né? Tipo, o tempo de um em relação ao outro? Por exemplo, eu vejo a situação de fora.

Ah, o outro seria você e...

Não, não, eu sou uma pessoa aqui na Terra, e um astronauta na Lua, lá parado, e o outro viajando na velocidade da luz.

Então aí você quer saber se o tempo pra mim, se vai ser o mesmo?

É, o tempo vai ser alterado?

Então, nessa situação, pra mim, o tempo não vai ser alterado. Só que o tempo vai alterar pro astronauta que tá na velocidade da luz, ou próxima dela, justamente por causa da dilatação temporal, o espaço contrai, por assim dizer, mas, pro astronauta que ficou parado, o tempo vai passar normal por assim dizer.

14. O tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

Nossa... da hora essa pergunta. Acho! Acho... não faço ideia de como é essa forma, se é um círculo ou um quadrado, um triângulo ou até algo que a gente não conhece, mas eu acho que o tempo tem forma sim.

Mas como base em que você acha que ele tem forma?

Então com base nisso que eu falei atrás, quando eu falei da velocidade da luz. Vamos supor que eu quero ir da ponta dessa mesa para a ponta da mesa, se eu vou com velocidade de 1 m/s, ok, não 1m/s é muito, 30 cm/s! Ok. Agora se eu for numa velocidade muito rápida, tenho a impressão de que, ela de fato não diminui, mas tenho a impressão de que a mesa passou tão rápido, que ela tá menor do que ela era antes, e aí, e aí eu, a gente tem a noção que o tempo passou mais rápido também, porque eu fiz um mesmo espaço, só que num espaço menor, vamos assim dizer, por isso o tempo diminui, entendeu?

15. Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Então, acho que tem 2 jeitos de responder essa pergunta, 2 jeitos totalmente opostos. Posso pensar no passado, presente e futuro como coisas totalmente abstratas, tipo, passado é passado, já passou, ficou pra trás. Pronto acabou. Presente é o que tá acontecendo agora, só que só agora, e futuro é o que vai acontecer daqui pra frente. A gente define isso, que são as definições atuais e pronto acabou. Só que se for pensar, por exemplo, o presente, eu tô falando, só que o presente que eu tô vivendo meio que já passou, agora, entendeu? Assim como o futuro já tá chegando aí, tal, tal, tal. Então, eu acho que são conceitos que podem ser abs... abstratizados, se é que essa palavra existe, mas que eles são relativos, na verdade, acho que vai depender de cada pessoa, o jeito dela ver isso. Eu, particularmente acho que eles são relativos, por assim dizer. Tipo, meu passado pode ser o meu presente. Não, meu presente agora, pode estar sendo meu passado.

O seu presente pode estar sendo seu passado porque ele já passou?

Isso, exatamente. É como se eu tivesse, tipo, tá passando, 1, 2 segundos, 3 segundos. Só que na hora que eu tô falando 3 segundos já passou e eu tô nos 4 segundos agora.

Você acha que o tempo é assim, totalmente abstrato, é um número?

Não... como assim um número?

O tempo é uma ideia?

Não, o tempo existe. Ele não é uma ideia. Ele pode ser uma ideia mas que existe, sabe? Tipo a gravidade, a gravidade a gente não pega, a gente não vê ela, mas a gente sabe que ela existe, a mesma coisa o tempo assim, né? É uma ideia que existe mas não é sólida, vamos dizer, eu não vejo o tempo

Ele não é material?

É, tipo isso. É como esse computador, se eu não tivesse vendo ele, mas sei que ele tá ali.

O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida?**Para que serve saber tais interpretações do tempo?**

Você diz assim, na física, no curso de graduação ou no ensino médio? Ou nos dois?

Qualquer um! Pode ser na licenciatura...

Ah tá! Olha na graduação acho que é importante sim, porque, você vai aprender a ver, a ver, entender o tempo de uma forma melhor, cê vai ver que o tempo, a concepção atual de tempo já é um negócio meio batido, confusão total é pra maioria das pessoas que não estudam física, sabe?

Seria qual, para maioria das pessoas?

Ah, que o tempo é linear, tipo...só passa assim, sabe? Mas que ele não tá atrelado a nada.

Então mas esse tempo linear, você acha que ele não existe?

Eu acho que ele existe, enquanto você tá meio que parado, por assim dizer. Sabe? Mas se você vai para uma situação muito absurda aí o tempo muda de cara, por assim dizer, sabe? Não sei como, como acontece, mas... então por isso digo que ele não é linear, se, em qualquer situação, absurda ou não ele fosse o mesmo, entendeu?

Sobre a dilatação do tempo: você acha que ela acontece mesmo ou é só teoria?

Não, de fato acho que ela acontece. Não só pelas equações, mas acho que, sei lá, de uma indução minha, não indução, sei lá não dizer, mas uma crença vai, sei lá, que eu acredito no Einstein, acredito nas equações dele... é uma crença, mas não é uma crença em um deus, é só uma crença sabe? Tipo, eu não sei como provar que isso acontece, mas eu acredito que acontece, sabe? Não sei provar matematicamente.

Imagina que uma pessoa fala para você: “Ao seu lado o tempo passa mais depressa!”**Como você a interpreta?**

Então, eu acho que isso tem a ver com o tempo sensível, tipo, esquece o que eu falei sobre velocidade da luz, porque a gente não tá na relatividade. Mas acho que o tempo sensível, por assim dizer, passa mais devagar, ou mais rápido. Porque, por exemplo, quando você tá vivendo algo muito legal, acaba fazendo que você aproveita tanto o momento que o tempo passa mais rápido. Sei lá. E a mesma coisa quando você tá numa aula chata, o tempo não passa por assim dizer.

ESTUDANTE 7, 3º ANO

Para você, o que é tempo?

O tempo? Mas... em que sentido? Porque eu... gosto muito destas discussões...Então Podia dar a resposta do jeito que você quiser.

Aah que legal!

Você quer a versão de quanto tempo? Sobre a minha concepção de tempo? (risos)

Você falou que tem várias maneiras de falar, fale algumas...

Hmmm tempo é uma unidade de medida, de uma dimensão que a gente não sabe muito bem, que é a dimensão da permanência nas coisas em certo espaço assim.. e... acho que o tempo é uma coisa muito complicada de se entender, quando se leva em consideração as questões de relatividade. A questão do tempo ser maleável. Então, a concepção de tempo acaba sendo bem diferenciada pras pessoas, porque, também claro, todo mundo tem a sua concepção de todas as coisas do universo mas, ainda assim, a gente tem uma discrepância bem grande por ser um conceito bem... assim, abrangente também porque pode ser entendido de várias maneiras né? Por exemplo, você pode usar um tempo pra definir uma distância, você pode falar... não tô fazendo a confusão de anos-luz né? Mas estou falando assim... você pergunta: Ah...onde que é a sala tal? Aí eu falo: ah, é lá no IME. Aí você fala Onde é o IME? Eu falo: 5 minutos andando! Aí pronto, você usou tempo pra definir uma distância.

Então ainda assim, acho que tempo é uma coisa bem....(inaudível)

As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Feito do que?! Acho que as pessoas acham que o tempo feito, tipo de um grande relógio, assim, que tá em algum lugar, guardado e que dá o tempo certo vai, aquilo tá medindo o tempo, e que o tempo passa independente de qualquer coisa. Tempo é uma coisa longe, assim, não palpável. Fora do alcance deles. E que é uma coisa decidida a mais, assim, que você tem que viver em função disso. As pessoas vivem em função dos tempos delas, sem saber que, ao viver em função dos tempos, elas estão perdendo o tempo delas. Não sei se eu fui claro.

Então “ao viver em função dos tempos, elas estão perdendo o tempo delas”, aí você já está...

Eu já estou indo para uma questão mais filosófica.

Só me fala melhor o que você pensou.

É uma coisa do tipo que o Gandhi falou assim: que toda pessoa, todo mundo deve meditar pelo menos 1 hora por dia, se você não tiver 1 hora para meditar, você tem que meditar por 2. É tipo isso. Se você ficar o tempo todo, pensando que você está perdendo tempo, você está perdendo tempo, sabe? Se você ficar correndo contra o tempo, você vai tá só, tirando o valor que o tempo realmente tem, que é duração dele. Se você aproveitar o tempo, por exemplo, vou gastar é... 10, 5 anos fazendo uma viagem, e depois você vai voltar e pensar...putz olha quanto tempo você vai perder do seu curso, ou o tempo que você vai perder podendo trabalhar. Mas não é um tempo que você vai perder, é um tempo que você vai ganhar com uma outra coisa.

E assim, você não acha isso, que o tempo é feito de um grande relógio?

Não.

Mas você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

Pausa. [Pensando] O tempo é feito, eu acho assim, a única coisa que eu conseguiria pensar que o tempo é feito, porque eu nunca tinha parado pra pensar isso, acho que o tempo é feito da transformação, porque... por exemplo, digamos que essa mesa seja o nosso universo, e a gente não tenha nada nela. Se eu ponho aqui uma banana e aí a gente tá filmando essa banana, ela começa a apodrecer. Estudando a banana, a biologia das frutas e quem sabe, como tá o ar nessa sala e a temperatura de hoje dá pra gente calcular quanto tempo passou, em relação a banana apodrecendo, mas se a gente tira a banana e tá só a câmera nessa mesa, pode ter passado 10 segundos ou 5 anos, a gente não vai saber. Então eu acho que assim, coisas se transformando, o tempo é uma concepção que não existe porque precisa de coisas mudando seu estado, e coisas diferentes do que eram antes, para que haja uma variação de tempo, se não ia ser tudo exatamente igual, então acho que até o nível mais, até no menor nível atômico assim, você tem a menor definição temporal definida pela menor interação entre uma coisa. Por exemplo, qual que é a menor unidade de tempo de uma vibração de uma corda de Planck? Deve ser menor unidade de tempo conhecida, porque deve ser a menor variação em raiz de partículas fundamentais que a gente conhece. Então acho que o tempo é só feito das mudanças.

Por exemplo, aqui, está tudo fechado, não tem luz nenhuma, você acha que uma criatura, da espécie humana, ela iria conseguir perceber que existe o tempo, se ela estiver num lugar totalmente escuro, não ver uma banana, nada...

Se a gente tem um relógio interno, é isso?! Se a gente tem uma percepção de tempo boa?

Não boa, ma, você percebe que o tempo existe? Assim, se você não tiver relógio... e você esta no escuro, você percebe que existe o tempo ou que ele está passando? Consegue medi-lo?

Percebe. Sim, percebe, acho que essa percepção não vai ser muito precisa, vai de pessoa para pessoa, mas de certa forma todo mundo consegue ter essa percepção, simplesmente porque o pensamento causa essa transformação, simplesmente porque a pessoa está pensando durante esse escuro, então ela está pensando algumas coisas, putz ela pode estar pensando, o que ela pensou há 5 minutos atrás, então ela consegue, o pensamento dela foi mudando e ela consegue ver essa transformação e ela pode falar: “nossa, estou com muita vontade de ir no banheiro agora.”, mas ela não estava antes, passou um tempo, eu me transformei, da vontade de não ir para o banheiro, para a vontade de ir para o banheiro ou “minha boca ficou seca, depois de tanto tempo que eu estava aqui.”. A transformação dela tenta, pode ajudar o tempo. Tipo, sua bunda está doendo na cadeira, a transformação é do tempo que você está sentada há muito tempo. Ah, “estou com uma dor aqui”, porque fiquei muito tempo no computador.

E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Acho que... acho que depende da primeira transformação assim que, óbvio, sabe, primeiro choque de concepção de tempo que a humanidade pode ter tido, acho que, antes, do tempo que passa pra si assim, das pessoas percebendo mudanças físicas, alguma coisa assim, devia ser... movimento da terra e lua, da terra em torno do sol e do giro da terra de perceber a mudança de dia e noite. Acho que isso pode ter sido a primeira mudança de percepção de tempo que o ser humano teve. Aí ajudou no negócio da agricultura, porque aí, foram, não só foi a primeira percepção mas a primeira utilidade, perceber esse tempo, perceber que de dia tinha coisas que eles podiam fazer, e de noite, podia ser mais perigoso. E aí eles deveriam saber o quanto durava mais ou menos um dia, pra ir caçar e voltar, e quanto durava mais ou menos a noite, pra descansar, e quando deviam acordar, e aí, eles tiveram que... eles tiveram que prestar atenção em uns 3, 4 dias assim, e falar: “olha só, dura mais ou menos isso, então, beleza”. Então, acho então que a primeira percepção do tempo, foi, assim, análise do tempo, foi alguma coisa desse tipo.

E em termos da natureza?

É feito da transformação.

Mas você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

Tipo, alguma partícula... do tempo?

O tempo é uma ideia?

A... é assim, acho que pensar que o tempo é uma ideia, é uma concepção complicada. Vai parecer estranho isso, mas... a sua bolsa, por exemplo, ela é vermelha, a sua bolsa existe. A cor dela existe. Você identifica que essa cor é vermelha, e eu também identifico que é vermelha, porque, desde pequeno eu aprendi que isso era vermelho e você também, mas... significa que vermelho existe? Agora você me diz: o que é vermelho? Isso é vermelho. Mas vermelho existe? Ou vermelho é uma concepção nossa? Vermelho é uma concepção nossa pra atribuir um significado, sabe, acaba havendo até o significado etimológico, tipo vermelho é a cor do prazer, da luxúria, alguma coisa assim, mas, em raiz, não tem significado nenhum, é apenas o jeito que a luz interage com esse material específico, e aí ele absorve todos os espectros e, exceto o vermelho, aí a gente vê mais a luz vermelha, que é ainda uma fração muito pequena do espectro de ondas eletromagnéticas, possíveis. Mas, na nossa convenção a gente chamou de vermelho, por mais que esse conceito que não exista... acho que o tempo pode ser isso, tipo... tem uma coisa que, está lá independente da nossa concepção dele ou não, que é, a transformação das coisas. E eu acho que, estas transformações podem ser analisadas tão individualmente, que aí você parte para questão da relatividade, as coisas se movem, individualmente, então elas vão ter tempo relativos individuais pra elas, vão ser pouco variadas né, porque tudo se move mais ou menos na mesma velocidade, não perto da luz, mas vão ter tempos relativos específicos. Então, o que é o tempo pras pessoas? Vai acabar sendo uma concepção bem variada e acho que, assim, se ele existe ou não, é mais uma questão de, de, se a gente, como a gente quer que ele exista. E aí qual vai ser a nossa concepção dele, se vai ser também, um tempo perdido, um tempo ganho, aí um tempo que pra alguém passou rápido, pra alguém passou devagar, mas na verdade foi exatamente o mesmo... é... agora, definição dele, vai ser essa coisa de, ele está aí e a gente não sabe entende-lo, a gente vai ver essa bolsa, a gente vai chamar de vermelho, vai criar significado, mas não acho que exista uma... uma partícula do tempo, ou um agente formador do tempo, ou quem sabe exista uma sociedade alienígena muito mais intensa do modelo que a gente que controle uma rodinha, que signifique tempo pra gente. Não acho que seja nada disso, acho que é uma característica intrínseca de toda matéria do universo que sofre transformação.

Em determinadas situações, uma pessoa pode dizer que passou muito rápido o tempo e para outras pessoas não... que tempo é esse?

Ah, meu deus! É um tempo, um tempo cerebral da pessoa, o nível de pensamento dela, sei lá...a pessoa que estava mais concentrada pensou muito mais coisas e a pessoa que estava entediada, que não estava se divertindo dentro do ambiente pensou menos coisas, para a pessoa que estava entediada numa sala de espera parece que o tempo passou muito mais do que para alguém que estava vendo um filme que gosta assim.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Como? Justifique.

Com certeza, sem dúvida alguma... é...para mariposa, primeiro que ela não sabe o que é um dia, mas muito menos não tendo noção do que é um dia, ela não tem noção da vida em torno dela, que são nascer da sua cúpula, nascer do seu casulo, ao nascer já procurar alimento e um parceiro, cupular e deixar seus genes e pronto, e é isso e ela não tem muito mais coisas que ela gostaria de fazer no meio dessas 24 horas do dia dela, não porque ela não que ela não sabe que ela vai morrer em um dia, não porque ela saiba também que vai morrer em um dia, mas porque as coisas estão fora da concepção dela, ela não sabe fazer outra coisa além de comer, achar um parceiro, tudo isso que ela consegue fazer e ela consegue fazer isso em 24 horas, essas mariposas aí tem 24 horas, as moscas também tem 24 horas. Eu ficava pensando muito nisso quando era criança, as moscas, eu tinha lido numa revista e pensava: “meu, nunca mais vou matar uma mosca porque ela só tem um dia de vida.” E eu vou deixar ela aproveitar o dia, aí eu via ela voando e pensava: “que mosca boba, ela só tem um dia e vai ficar voando na minha cara.”. Dai, eu percebi que a mosca não sabe o que é o dia, ela não sabe aproveitar o dia, ela não sabe o que é perder tempo, eu acho, porque ela faz tudo que ela precisa fazer como mosca. O humano quer fazer coisas que estão além da natureza humana, que deveria ser se alimentar, se reproduzir, quem sabe alguma interação mas, é...o ser humano faz coisas muito longe do que deveria ser a natureza humana, acho que isso faz a gente mudar a nossa concepção de tempo também, preservar o tempo mais para alguma coisa do que para outra, ou querer pensar no nosso tempo no futuro ainda, pensar: “não, daqui 3 meses, eu vou ter umas férias de duas semanas, então o que vou fazer durante elas?”, você consegue ainda fazer projeções do que você vai fazer no futuro, a mariposa não sabe nem o que ela vai fazer a partir daquele galho.

Você acha que nossa fisiologia, nossa parte biológica, se a gente fosse diferente, você acha que entenderíamos o tempo do mesmo jeito, que tem suas propriedades? Você acha que a gente ia achar o tempo diferente?

Se a gente rastejasse, ou tivesse antenas... se a gente não fosse como a gente é hoje, se tivesse consciência, mas, com um corpo diferente, você acha que o tempo seria do mesmo jeito que o compreendemos hoje? Você acha que a gente, da maneira como somos, influencia em nosso modo de compreender o tempo?

Ah sim, então, como a gente entende o tempo, de maneira alguma, a única coisa que poderia mudar é quem sabe é...os algarismos envolvidos para representar o tempo, porque a gente tem dez algarismos, porque a gente tem dez dedos na mão e usa a base de dez, se a gente tivesse oito dedos na mão como os simpsons, a gente teria a base oito, todas as horas, dias, meses e oito teriam a base oito, tirando isso, a gente poderia não ter criado os relógios solares, não ter feito as mesmas divisões e usar um relógio que envolvesse um dia de 32 horas que iam durar um pouco menos sabe?! Poderia ser uma diferença nas cargas de quantidade de tempo também, a gente poderia dividir, se a gente tem corpos diferentes, se a gente rasteja, a gente não poderia fazer as mesmas medições, a gente ia ter, tipo o tempo ia ter os mesmos valores sempre, mas provavelmente poderia ser uma unidade diferente, algarismos diferentes mas acho que a concepção do tempo passando não mudaria de forma alguma.

O tempo pode ser alterado? Como?

[pensando] Em que sentido?

Então está bem aberto, para você falar o que você quiser.

Tá bom, é...o tempo pode ser alterado é...tipo assim, mas num âmbito tipo específico assim, epistemológico ou num âmbito filosófico?

Qualquer um, aliás se puder falar os dois.

Tá, os dois...tá, o tempo pode ser alterado, hmmm...sim, no âmbito físico, no âmbito prático, assim, é...sim e não, ele pode ser alterado, mas não de maneira muito precisa, porque você não pode, por exemplo, parar ele, você também não pode voltar ele, a gente sabe, mas você pode passar ele mais rápido ou pouco mais devagar, também pode com umas aspas aí né?! Porque você não vai sentir muita diferença, a não ser que você esteja na velocidade da luz, mas durante nosso dia quando a gente está se movendo, em movimento acelerado, a gente está fazendo com que o tempo passe, minimamente, mais devagar para gente e...isso sim, você está teoricamente e você está mudando o tempo pela sua vontade. Eu vou sair correndo até ali e vou fazer o tempo passar mais devagar, no meu relógio do meu celular do que no seu, vai ser pouco mas vai passar porque eu quis, porque eu sabia que isso iria mudar. Agora, só assim, filosoficamente falando, você pode, acho que você pode mudar o tempo, é você pode mudar o tempo de várias questões, você pode achar que teve um tempo perdido fazendo alguma coisa e no final descobrir que tudo isso foi muito útil para você, que você teve um bem incrível, então esse tempo passou de um tempo perdido na sua vida para um tempo essencial na sua vida, que depois, você vai falar: “Putz, graças a deus que eu fiz aquele curso, ou que eu falei com aquela pessoa, ou que fiz aquela aposta na loteria.”, ou depois você pode pensar que fez muita coisa na sua vida que você achou que era incrível, de repente você achou que era uma conexão emocional com alguém e depois você pensa que tempo perdido e não tem como mudar, ou você pode ter um tempo que você chegou na sua casa e tem dez horas ainda para fazer o que você quiser, aí você acaba tirando um cochilo e aí você tem quatro horas e aí, tudo bem, você tem quatro horas ainda para ler um livro, ler um texto, aí você vai ler o texto e descobre que o texto é muito maior, aí você já não tem quatro horas, mudou o seu tempo de leitura para ler o texto.

O tempo vale alguma coisa para você?

Sim, sim...com certeza, tempo é o bem mais precioso que a gente tem, na verdade, porque é um dos poucos bens que a gente pode ter, acho que tem dois bens mais preciosos que são o tempo e a vida em si. A vida, a gente já tem, o tempo, a gente decide o que fazer com ele, então por isso eu acho que ele é o bem mais precioso que a gente tem. Então, o tempo significa muito para mim, é...você pensar que você tem dias basicamente contados faz você pensar mais no que você vai fazer em casa dia e ainda assim pensar que você pode, claro, se esforçar muito durante anos para que você tenha, no seu futuro, sabe, por exemplo, pode ser que você chegue nos seus 30 anos milionário e você possa se aposentar, e viver a partir daí fazendo o que você quiser, ok, bom, mas e se...quando você tiver 29 anos, você sofrer um acidente, morrer, e você gastou esses seus 29 anos se esforçando para caramba por um tempo que você nem conseguiu nem atingir, isso faz você pensar que poderia estar aproveitando todo o seu tempo e não, tipo, ficar tentando se punindo, sabe se desgastando para que você tenha um tempo de incerteza no futuro, é melhor que você aproveite esse tempo agora, que afinal, ele é finito para todo mundo. E, acho que ainda assim, você pode pensar na perspectiva de outras pessoas, você pensar, quando você pensa que a pessoa dedicou um tempo da vida dela para passar com você, eu acho uma alegria fantástica assim, porque tempo é uma coisa que você não compra e você não vende, assim você vende seu tempo, basicamente, trabalhando, então por isso também que trabalhar é uma coisa difícil na minha concepção, um pouco, porque você basicamente vende o seu tempo que é o único bem que você tem assim, e...

Putz, você vende o seu tempo no momento considerando que você vai ter um tempo no futuro para aproveitar seus ganhos, nesse seu tempo que você vendeu, e é um tempo incerto,

you não sabe...you vai estar andando na rua, vai bater o carro e pronto, todos seus planos, todo seu tempo que you desperdiçou com seus ganhos, you vai ter que colocar no seu carro que só serve para you ir perder o seu tempo, então, eu acho que o tempo devia ser, assim, concebido de uma maneira mais emocional, porque as poucas pessoas que eu conheço que concebem o tempo de uma maneira mais emocional, são as pessoas que também dão mais valor, também, a presença de um amigo, a conversa oral, que ficam menos no celular no tempo inteiro e que falam: “pow!”, que depois que you encontra, que falam: “nossa, foi muito bom te ver, como é bom conversar meia hora com você.” e quando you percebe que alguém está dedicando o tempo dela para você, é uma alegria fantástica, porque you, sabe, pode não perceber de cara, mas o seu interior sabe que aquela pessoa está dedicando o bem mais precioso dela para você, que é o tempo dela nesse mundo.

Então acho que o tempo é uma coisa bem diferente.

E assim, é, quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Quem você acha?

Eu acho que quem mais valoriza o tempo na sociedade e cultura são as pessoas idosas, provavelmente, porque acho que tempo para elas acaba passando muito mais devagar, assim para uma criança de 6 anos, um dia para uma criança de 6 anos é uma aventura, quantas descobertas uma criança de 6 anos faz em um dia, ainda assim um ano para essa criança é um sexto da vida dela, um ano para uma pessoa de noventa anos é bem pouco, é o que seria um mês na criança de 6, então...é acho que, para as pessoas idosas, que já viveram mais, o tempo é uma coisa cada vez mais efêmera e fugaz assim, agora que eles valorizem sim, mas acho que, infelizmente, as pessoas idosas acabam valorizando o tempo que passou mais né?! Hoje, uma pessoa idosa não pode fazer as coisas que provavelmente ela gostaria de ter feito na juventude quando ficou vendendo seu tempo trabalhando, então acho que o tempo mais que já foi para as pessoas, mas acho que são as que mais valorizam sim.

E, por acaso, você lembra se nas civilizações humanas, ao longo da história, como que o tempo foi valorizado? Lembra alguma coisa?!

Hmmm...Acho que não consigo pensar em nada porque eu não entendi bem a pergunta.

Não entendi essa questão de como valorizar o tempo, por exemplo como se valoriza o tempo hoje?

Você falou que o tempo é importante... você acha que esse valor que você falou, por exemplo, é...você acha que isso já existiu antigamente? Você já ouviu falar? Ou valorizar de outra forma também...

Ah...eu acho que o tempo antigamente era...

Sim, acho que o tempo antigamente era, ele era bem valorizado, mas também valorizado tipo, tipo de uma forma interpessoal, penso em pensadores renascentistas ou tipo, é europeus estudiosos do século XIX eram mais velhos e mais sábios, porque eles dedicavam o tempo deles para essa vida, estudando mais, lendo mais, as pessoas tinham bibliotecas em casa, para ficar lendo livros, então dedicam o tempo para o enriquecimento do seu ser assim, um bom aproveitamento do tempo porque nunca é ruim enriquecer intelectualmente, também quem sabe fisicamente, tudo, mas assim em questão de valor do tempo, é...eu acho que, pensando assim, nas gerações passadas, eu não acho que tenha uma supervalorização do tempo, mas eu acho que na nossa, atualmente, há uma desvalorização total do tempo, acho que esse choque deve ser analisado do outro ponto, não se há uma valorização específica nos antigos, mas acho que no nosso há sim, pensa quanto tempo por dia os adolescentes perdem olhando nos seus celulares, tempo por dia, deve ser umas cinco horas por dia, conta umas cinco horas por dia todos os dias, depois subtrai isso da parte de trás da sua vida, é um negócio muito não lucrativo, elas (as pessoas) não percebem o quanto tempo que elas estão perdendo, o quanto de vida que saiu delas.

Como você acha que a espécie humana valoriza a questão do tempo?

Eu acho que hoje em dia o tempo é muito mal valorizado, joga o tempo fora, não pensa a respeito e acha que está, pior que as pessoas que jogam mais tempo fora são as pessoas que falam que você está jogando o tempo fora com alguma coisa, tipo “você fica jogando vídeo game, você está jogando o tempo fora.”, mas se eu estou jogando vídeo game com amigos e isso me traz momentos de alegria, naquele momento, eu não estou jogando o tempo fora, agora ficando só fuçando a vida alheia das pessoas que não vai te trazer nenhuma emoção, nenhum sorriso, nenhum pensamento diferenciado, não pode perder tempo ou “vamos numa praça ficar olhando as arvores, porque tem árvore em todo lugar, se vai perder tempo né?!”. É uma concepção diferenciada do que é tempo para cada um, mas eu... acho que hoje em dia há uma desvalorização muito grande do tempo, acho que é mais por uma questão capitalista, pela compra do tempo do trabalho, que como todo mundo prefere gastar o tempo trabalhando, tudo que você faz com seu tempo que não é rentável acaba sendo perda de tempo para as pessoas, se você falar para seus pais que você vai abandonar a faculdade, abandonar o trabalho para ir viver num povo indígena por um tempo, vão falar que você está perdendo o seu tempo, mas aquilo poderia ser a experiência mais importante da sua vida, não monetariamente, mas o que iria enriquecer então.

Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

Como assim não houver relógio?! Porque tem o relógio solar...Tem diversas maneiras, muitas, absurdas, tem muitas, você pode usar ampulhetas, você pode usar sistemas cinéticos tipo [não consegui ouvir], tipo tem uma vela que ela é dividida em 12 faixas, e aí cada faixa tem exatamente uma hora.

Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Justifique.

Ah sim, se a gente tem um relógio interno, isso? Se a gente tem uma percepção de tempo... boa?

É, não boa, mas você percebe o tempo, que o tempo existe?

Hmm

Se você não tiver relógio, e você tá no escuro! Você percebe que existe o tempo? Ou que ele tá passando?

Sim, percebe, eu acho que essa percepção não vai ser muito precisa, claro, de pessoa pra pessoa também, acho que podem ter pessoas que vão achar que passou muito mais tempo, outras muito menos tempo, mas, acho que, de certa forma, todo mundo tem, consegue ter essa percepção, assim, de que... o tempo está passando simplesmente porque o pensamento causa transformação né? A pessoa tá pensando durante esse escuro. Então, ela tá pensando algumas coisas, ela pode falar: o que eu tava pensando, há 10 minutos atrás? Ela já sabe, ela já consegue traçar os pensamentos dela, porque ela usou essa transformação pra ter noção de tempo, ou ela pode falar: nossa eu tô com muita vontade de ir ao banheiro agora né, eu não tava antes, passou um tempo. Eu me transformei de novo na não vontade de ir ao banheiro na vontade de ir ao banheiro. Minha boca ficou seca de tanto tempo que eu tava aqui. Então a transformação dela fez ela julgar o tempo. Tipo, sua bunda tá doendo na cadeira, a sua transformação significa que você já está sentado há muito tempo. Essa marca do tempo porque eu fiquei muito tempo no computador. São as transformações.

E durante sua vida de estudante, quais outros conceitos ou conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

É...que eu estudei e está ligado ao tempo?! Tudo! Gravitação, medidas, eu posso ficar aqui...[risos]

Ah, todas as matérias, a única coisa que consigo pensar é o conceito de transformação, fundamentos de mecânica, por exemplo, a gente tem o tempo em função de alguma coisa se movendo, né?! Em ótica, teoricamente, a gente também vai ter o tempo, tipo da luz assim, a

gente costuma usar estudar mais coisas momentâneas, em ótica, na planificação de um laser, mas enfim...ótica é uma transformação de um caminho da luz nas refrações e tudo também se dá porque a luz vai tentar percorrer aquele mesmo caminho no mesmo tempo, então ela vai fazer um caminho mais diferente e acabar refletindo, tudo também é transformações mas, é...

Como o conceito de movimento é ligado ao tempo?

É...diferente de posição, algo está em um lugar e depois está em outro e aí, tem que ter algum enter nessa transformação, e esse enter é a medida do tempo.

Tem mais algum conceito da física?

Sim, todos.

Fala um então.

Relatividade.

Relatividade, mas e dentro da relatividade?

Mas relatividade é o estudo.

Que conceitos você aprende em mecânica?

Hmmm, todo com dificuldade em entender o que a pergunta está querendo.

Por exemplo, espaço, posição, posição tem a ver com tempo, que mais?

Sim, mas é que são todos os conceitos.

Tipo, velocidade?!

Velocidade, movimentação, queda livre, tudo.

Considere a seguinte situação, um astronauta a bordo de uma astronave e enviado a uma estação espacial muito distante da Terra, a uma velocidade extremamente alta, o tempo seria modificado? Como a sua sociedade e cultura poderiam saber disso?

Acho que essa pergunta está faltando coisas né?!

Sim, ela está bem aberta, para tipo ver o que você diz.

Tipo, o tempo seria modificado para quem?

Então, o astronauta viajou em velocidade altíssima, você perguntou o tempo seria modificado para quem? Para quem você quiser.

Então, a gente tem três pontos a analisar nessa questão, o referencial inicial da Terra, o referencial inicial do astronauta dentro da nave e o referencial inicial da estação espacial da onde ele está indo, porque o referencial inicial da terra já estava quando ele saiu da nave, o tempo vai estar se comportando de certa maneira, depois que ele começou a acelerar com a nave numa velocidade muito alta, ele vai sofrer, o astronauta e a nave, vão sofrer deformações características nas suas dimensões e na maneira como o tempo passa para eles e para o astronauta na nave, o tempo vai sofrer uma dilatação e vai ter passado menos tempo para o astronauta do que o tempo passado na Terra, então o tempo vai estar diferente, então realmente o relógio do astronauta vai passar menos tempo do que o relógio de quem está na terra, agora na estação espacial é...pode ser que o relógio ainda passaria mais rápido do que na Terra, por que quem está na Terra está mais próximo do campo gravitacional da Terra e irá sofrer modificação temporal também, bem grande.

O tempo não vai ser exatamente igual na estação espacial do que na Terra, é mas também não vai ser exatamente igual ao astronauta que está em movimento, sim, tem uma diferença no tempo para quem está se movendo mais perto da velocidade da luz.

Você está falando em três tempos então

É, bom, basicamente na Terra, se você medir exatamente todos os dados para todo mundo, ninguém vai estar sofrendo uma mesma dilatação temporal, porque, minimamente, vai estar todo mundo se movendo em velocidades diferentes.

Você falou em dilatação, você acha que essa dilatação acontece mesmo ou é só teoria?

Eu acho que é uma concepção complicada, porque eu acho que na dilatação temporal acontece, mas por exemplo, as propriedades físicas dos componentes do relógio do

astronauta, as peças deles vão estar mais distantes entre si, as engrenagens dele vão levar mais tempo para rodar, eu acho que é isso né?! É, para luz poder se mover em velocidade constante dentro de uma velocidade constante dentro da nave do astronauta e ele conseguir também ver as coisas fora também, mais ou menos da mesma maneira, é...as propriedades físicas que não são a velocidade da luz, ou seja, a distância que ele está andando, a distância da nave e o tempo que vai levar esse movimento vão acabar sendo dilatações equivalentes para que se iguale os quilômetros iniciais, então vai ter, assim, uma dificuldade, porque, as interações entre as moléculas do relógio e as interações moleculares do corpo do astronauta vão estar um pouquinho mais distante entre si, então o astronauta vai demorar um pouquinho mais para chegar de uma partida para outra, não é que as coisas vão demorar mais para acontecer, é que vão acontecer em um tempo mais longo dentro da nave.

Mas então a dilatação acontece né?

Acontece.

Você acha que o universo, tem o tempo da Terra, o tempo da nave e da estação. No universo, você acha que tem diferenciações também?

Sim, com certeza, todas as coisas que estão se movendo com grande velocidade no universo vão ter uma certa dilatação temporal, mas principalmente perto de objetos, de corpos com muita massa vai ter uma grande distorção do espaço, e essa distorção do espaço leva a uma distorção temporal também.

Você acha que vai ter um tempo externo a nave no universo ou que ele não muda, ou vai mudar só para quem estiver perto de uma massa (estação) ou quem está viajando perto da velocidade da luz, mas assim no universo, o tempo continua passando normal?

Eu acho que depende da, de onde você, não dá para falar tipo, do universo, que o tempo vai continuar passando normal, assim, pelo menos para a minha concepção, a gente está definindo tempo como transformação, então a gente vai ter que está e transformando, agora se pudesse definir um tempo geral do universo, você vai poder, assim, por exemplo, o big bang, assim você vai poder analisar o início e aonde está agora a expansão do universo e onde está agora esse tempo, esse é o tempo do universo, a idade do universo, mas um tempo específico...é...aí, você pode medir todos os tempos em função do tempo do nascimento do universo...daria certo.

Tipo, você está pensando num planeta x dentro do universo que tem o empuxo gravitacional muito forte, então lá o tempo passa mais rápido, muito rápido, lá um dia é quarenta anos aqui. Desculpa, lá passa mais devagar, quarenta anos aqui, é um dia lá, naquele planeta. Então, digamos que a gente quer saber a quanto tempo aquele planeta existe, não, tudo bem...vamos com calma.

Você acha que o tempo, na verdade, é o tempo que, se eu considerar a idade do universo, do big bang, esse tempo é o tempo real? Agora, o tempo do astronauta que é dilatado é só porque ele viajou? O tempo de verdade é esse do universo, é isso?

Não, de maneira alguma, de verdade é a percepção do tempo, o tempo passando, as coisas, agora se a gente tiver que definir um tempo que englobasse o universo, usaria a idade do universo, porque acho que a primeira transformação que a gente é esse que a gente conhecesse com o ponto mais distante da transformação que a gente conhecesse que seria a beira do universo observado.

Você acha que o tempo tem forma? Que pode ser esticado, pode ser curvo?

Ah, é...bom, a gente pode pensar em dimensões, num eixo assim, a gente pode usar dimensões polares também né?! Então, as pessoas tem uma concepção mais ou menos errônea de quarta dimensão, e de tempo. De repente, pode pensar que o tempo pode ser, é...é...pode ser um referencial, mas acho que não, como eu tinha respondido antes, acho que o tempo só pode sofrer dilatação, mais dilatado ou menos dilatado mas nunca uma curva, porque uma curva, o que seria uma curva temporal?! Acho que não, porque uma curva, em

princípio, ela não é linearidade, assim, quando você tem uma curva, você já tem um negócio bidimensional, teoricamente, se você considerar um tempo uma coisa, uma linha apenas não dimensional, você não pode ter uma curva. Acho que o tempo é linear, sim, ele passa, ele está sempre passando, a gente só pode controlar a velocidade que ele passa, mas não nos dá a possibilidade que ele volte, a gente só tem o controle bem limitado, porque o que a gente consegue de interferência de dilatação temporal é inexistente quase.

Com relação ao passado, presente e futuro, você considera que eles aparecem dentro das teorias que você estudou?

Eu...[pausa] é difícil...acho que passado, presente e futuro não surge muito na concepção, mas tem, é porque passado, presente e futuro divide essa linha que é o tempo em três, também é uma concepção bem complicada, porque o que é o presente? Tipo, hoje não dá para eu viver um presente, porque tudo que você tem na sua cabeça e tudo que você vê, basicamente é passado. Todos os seus pensamentos, pensando eles, as ligações já foram feitas no seu cérebro, então você está pensando no passado. Então você está entendendo o que estou falando agora, porque você já escutou essas palavras e você já teve base suficiente para relacionar essas ideias, então você está, basicamente, no passado. A sua imagem, que você está enxergando, também está demorando um certo tempo, para a luz bater na minha cara, chegar no seu olho e fixar na sua retina e processar no seu cérebro, então você está também no passado, até se eu tocar em você vai levar um tempo para que essa sensação suba no seu sistema nervoso, seja processada, então a gente só vive no passado, o presente não existe, porque a primeira noção que a gente tem do presente é o que já passou, é o passado e o futuro, é sempre estipulado, imaginado, então a gente só vive em um tempo, que é o passado, que inclusive a gente vive no tempo, nessa linha e acho que, na questão física, a gente não faz essa divisão, porque tento essa linha, a gente pode pegar qualquer parte dessa linha, na física, pode pegar uma equação de um movimento de um carro que durou 15 horas, a viagem desse carro, a gente pode substituir na equação por um tempo específico e saber o que aconteceu lá, não porque a gente vincula o movimento do carro com presente, passado e futuro, mas porque a gente está vendo como uma transformação inteira, que a gente pode tendo ela como uma linha inteira, pegar momentos específicos, assim.

Eu vou pegar a caneta e vou jogar.

Então joga.

[caneta foi jogada]

E se eu tivesse pego a caneta, você não teria jogado, mas o seu eu do passado falou que você iria jogar no futuro, então você também não sabe do futuro.

É, mas assim, tem uma questão da trajetória.

Sim, você pode considerar que o passado, você pode tirar uma foto assim, jogando a caneta, então o passado vai ser assim, você indo jogar a caneta e por um instante, você, a caneta vai e o futuro vai ser onde você vai atingir. Ai, você pode pedir para o aluno fazer um exercício: “qual a velocidade inicial que a caneta saiu da mão?” ou “qual a velocidade da caneta presente na fotografia?” ou “qual vai ser a distância que ela vai cair no chão no futuro?”, sim, mas...só assim, porque é uma construção bem, bem...aberta e acho que favorável a erros.

Porque você acha que é favorável a erros?

Hmmm, porque [pausa longa]

O tempo que você aprende na física, nas experiências, ele é útil para a vida? Porque que serve saber dessas interpretações da física sobre o tempo?

Ah, porque acho que, assim, as interpretações, são, são, é...um pouco diferente entre si, é, você tem as concepções mais metodológicas, mais heterodoxas, mas que de certa forma só saber, só se informar das diferentes interpretações que tem, faz você ter uma base melhor, porque afinal tudo que a gente vive, tudo que a gente sabe é fruto da nossa cabeça, é o que a gente vê em nossa volta, passa pelo nosso filtro cerebral e é compreendido por nós da

maneira que a gente compreende, então, por mais que a gente , é...o negócio da bolsa vermelha, por mais que eu possa falar que, você também, pode ser que você viu mais coisas de tal vermelho na sua vida do que eu, outros. Então, quando a gente vai pegar um lápis, eu posso falar que ele é vermelho, e você falar que ele é rosa, e porque estou enxergando uma cor diferente de você? Então, porque eu ouvi dizer que era vermelho e você, que era rosa, o mesmo jeito a felicidade, para mim ser feliz pode ser uma coisa e para você outra, porque você escutou em tal hora e eu em tal hora, então tempo para cada um vai ter uma concepção diferente, vai ter gente que vai pensar só no tempo, no tempo que ela está passando no momento, vai pensar só no tempo como algo fora do alcance dela, ou vai pensar o tempo só maneira relativa e vai acabar de pensar o tempo que tem no futuro, então o tempo acaba sendo uma concepção individual, mas acho que saber as interpretações a respeito dele, das metodológicas relativas envolvendo a mecânica quântica ou filosófica é bom para formar a concepção individual, então...

Você vê uma aplicação prática na sua vida? Assim, eu uso para isso ou...por exemplo?

Por exemplo, você estar aqui nesse momento, se você tivesse a vida da mariposa e você morrer em 24 horas e você tivesse a concepção do tempo necessária para saber, você provavelmente iria viver a sua vida de mariposa de maneira diferente, certo?! Não como uma mariposa comum. Agora te digo, você tem a sua concepção de tempo muito melhor do que a mariposa e não só isso, você já sabe que você vai viver, aproximadamente, em média, 70 a 90 anos, então o que difere a sua vida da vida da mariposa? Isso, em funções práticas, ter essas concepções do tempo te diferencia da mariposa, você pode saber, você pode pensar no futuro, você pode pensar a respeito de quanto tempo você tem, quanto tempo as coisas demoram, por exemplo, em física, você poderia treinar estimativa, então você pode pensar em uma viagem com os amigos e você pode calcular rapidinho quanto tempo você vai ficar mais ou menos, isso porque você treinou muito em física, então ajuda, definitivamente na sua vida, porque você tem essa concepção de tempo para poder mudar todos os aspectos da sua vida, todos os dias em função da sua percepção do tempo, saber se você vai ter muito tempo na sua vida, quanto as coisas vão demorar, se é bom ou ruim, como você está ganhando o tempo, ou o que é um tempo – da forma relativa, filosófica – que passa mais rápido, ou mais devagar se a gente é mais feliz ou mais entediada, você ter essas visões diferenciadas sobre o tempo, faz você ver mais o tempo, conceito fundamental em nossas vidas.

Qual é a relação do espaço com o tempo?

É, são...espaço e tempo são basicamente, quase a mesma coisa, e...espaço vai ser uma área definida né?! O tempo vai ser definido, justamente, pela distancia em que vai ter entre a distancia moleculares que vai ter entre as coisas, porque se essas coisas estiverem se movendo, as distâncias moleculares vão estar maiores e a comunicação entre eles por meio de fótons vai demorar um pouco mais, então, basicamente, o tempo é uma propriedade do espaço em função dele estar em movimento acelerado.

O tempo como uma propriedade do espaço.

É, porque se nesse espaço, as partículas fundamentais estão mais longe uma das outras, ou seja, ele vai estar se movendo rápido, a interação, a comunicação entre elas e os fótons vai demorar mais, então o tempo vai passar mais devagar, numa concepção mais simples, o tempo...

Você pensa muito na relatividade né?!

É, numa concepção mais simples, o tempo e o espaço são estados da velocidade, se a velocidade da luz for constante, você terá que ter a pressão do outro lado da equação, ou seja, no espaço e o tempo, o espaço aumenta e o tempo, diminui, o tempo aumenta, o espaço diminui.

ESTUDANTE 8, TERCEIRO ANO

1. Para você, o que é tempo?

O tempo, de uma maneira geral?

É, o que é o tempo? O que te vem a cabeça?

Eu acho que o tempo é uma co... sei lá... é algo assim... tá, é algo que é um absoluto, na minha opinião, de maneira, assim, relativa, assim, como Einstein descreveu, que o tempo pra mim não é o mesmo tempo para um outro observador, não necessariamente. Mas ele é absoluto em essência, eu acho que... ele... assim como o espaço, assim como o espaço é absoluto, e deve ser considerado absoluto para explicar alguns fenômenos, o tempo eu acho que, também. Não sei se eu, descreveria ele em uma linha reta assim, talvez...em vários ramos assim, uma linha que se abre dependendo da escolha que eu fizer, enfim...não sei se...

Então, tudo bem, Einstein falou, cada um tem o seu tempo, mas você acha que na essência, assim, o tempo é ou não?! Você falou uma hora, na essência...

É... não, é minha opinião, nunca estudei nada mas, embora ele, eu possa medir o tempo de maneira diferente do que outra pessoa, a gente mede algum coisa que ela existe em si, assim, sabe, não sei se, é como se eu pegasse isso aqui e eu medisse com uma régua e achasse assim, 15 cm, e você mede e acha 10 cm, não importa, nossas medições são separadas, mas a gente mediu algo em si, alguma coisa, e não uma criação da nossa cabeça, o tempo como se fosse criação do homem, do ser humano. Eu acho que... (o tempo) é algo que existe antes do homem estar presente, assim, não sei se você...

Ah tá, independente do homem.

Independente do homem! Veio antes de nós e vai continuar depois que a gente se extinguir no futuro... é uma alguma coisa que, é como se fosse o éter. Não sei, uma coisa bem ampla! Não sei como você vai passar a limpo depois disso, mas, enfim, é a minha opinião.

2. As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Tipo minha família, por exemplo, meus amigos?

Pode ser!

Hmmm tá. O tempo é feito do que? Ó, eu acho, que a maioria...das pessoas responderiam... pegando a média, assim, da sociedade, do mundo, que o tempo é só uma medição no caso, é assim, quantas vezes o relógio vira, entendeu, porque a pessoa tá acostumada, ou o sol é... se a pessoa sabe mais um pouco, não ia falar do relógio, mas ia falar do sol, da terra em torno do sol, quando completa uma volta, passa-se um ano, uma medida de tempo. Acho que, uma pessoa que tivesse um pouco mais de estudo falaria isso, mas, eu acho que no geral, o tempo seria feito de... não... não acho que alguém falaria: ah, o tempo é feito de alumínio, ou papel! Não, não isso, não material, mas... é feito de uma construção assim, de uma máquina vai... mais ou menos... sem o relógio seria estranho. Por exemplo, eu acho assim, se pegasse a média da população mundial e perguntasse, seria isso.

3. E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos da sua natureza?

Eu acho que no começo, o tempo era assim... bem no começo, assim, sei lá para os antigos egípcios, sei lá, a Grécia antiga e tal, era... antes de Aristóteles era, era... era algo que nem era muito filosofado a respeito, não era muito indagada, não tinha muita questão. Mas, depois, veio com a ideia, tipo, as pessoas vinham com a ideia de que, não se sabia porque, mas sabiam que tipo, em tal período ficava mais frio, ou vinha o inverno, ou a enchente do rio Nilo, e isso deu uma associada... assim, eventos associaram o tempo, então, sempre que o rio Nilo enche, acontece num período tal, num período de tempo tal ou... o frio que vem, alguma coisa assim, e aí, depois com o tempo, filósofos, enfim, acharam que o tempo seria algo mais... começaram a se perguntar mesmo e... e tentar entender... ai, sei lá, é meio complicado isso. Mas minha opinião é essa, bom, enfim, aí com o tempo, depois veio, sei lá, Descartes, uma galera mais assim... é... essa parte da mecânica relativista, sabe?! Principalmente Descartes, que ele achava que as coisas, que só existiam grandezas relativas

entre elas, o tempo pra ele era relativo enfim, então... essa era a natureza do tempo naquela época, sei lá, 1600, a época que ele viveu... e depois disso veio Newton, e falou que o tempo era absoluto e tal, defendeu, e aí depois veio Einstein e hoje, qual que era a pergunta mesmo? Natureza do tempo, né?

É isso mesmo.

É isso... é, meio como eu entendi. Se eu tiver respondido, você meio que me interrompe, às vezes eu nem sei.

4. Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo? Assim, a mariposa vive 24 horas, a gente vive mais.

Entendi, entendi, é...mas eu acho que não, curiosamente, porque...o que que é, fisiologia?

É assim, o fato de a gente ser humano, com nossa fisiologia, nosso corpo, nosso organismo, a maneira como gente existe no mundo e se influencia na maneira como a gente entende o tempo?

[pausa]

Será que, por exemplo, se a gente tivesse antenas, sei lá, ou fosse um ser rastejante...

Então eu acho que... posso desenhar aqui o que estou pensando?

Claro!

Aqui tem o homem né, o ser humano, na forma que a gente conhece. E aqui... então eu acho assim... isso aqui a gente entende o tempo. Então, a gente poderia ter antena! Então, a forma ela se abre um pouco, porque sai da forma, 2 braços, 2 pernas e 1 cabeça, ou a gente poderia ter um rabo, ou orelhas mais pontiagudas, ou não sei o que lá, ter algumas deformações no corpo, ou a gente poderia ter, 3 mãos ou um sistema nervoso mais sensível, ou 7 sentidos, não importa, mas pequenas mudanças, que ainda não mudariam o fato, a gente ainda ia perceber o tempo da mesma maneira. A não ser que a gente tivesse uma mudança muito drástica, sei lá, por algum motivo a gente fosse acéfalo, que nem as esponjas, por exemplo. Então, acho que a esponja não percebe o tempo direito, é... confuso pensar assim, não sei.

Mas, pensando que este ser tem consciência, ele é inteligente, mas ele é diferente.

Certo, certo... ah então, acho que ele perceberia o tempo da mesma maneira, porque ele vai estar sujeito, as mesmas... as mesmas sensações e realidades né, depende, agora, de como ele vai interpretar, por exemplo, tá frio, depois vem o quente, depois vem as folhas caem, eu digo isso, porque acontece para todo mundo, independente se eu sou branco, negro, ateu, religioso, ou não, é o que acontece, sabe?! Mas, agora, algumas pessoas vão falar: “ah, nem era tão frio assim, então para mim, o tempo nem chegou no inverno!” Sabe isso?! Então vai depender, individualmente do ser, mas de um modo geral, eu ainda acho que, mudando a fisiologia, um pouco assim de pensar, o grosso, o pensamento da passagem do tempo, a sua essência é a mesma, a não ser que fosse um negócio muito...boom! Muito diferente, não sei se ficou claro.

5. O tempo pode ser alterado? Como?

Então, eu vou dizer que eu acho que não e porquê. Porque a gente não vive numa dimensão que o tempo tá incluída. A gente vive em três dimensões, a gente não tem acesso a quarta, a quarta dimensão seria tempo, por exemplo. Então, nesse sentido não dá para a gente alterar, porque a gente não consegue interagir, não consegue trocar energias, por exemplo, com o tempo, a gente não tem acesso! Mas de alguma maneira se a gente tivesse acesso a isso, sei lá que nem aqueles filmes de ficção científica, conseguisse viajar, sei lá, na velocidade da luz, ou uma energia muito, muito grande, que deformasse o espaço-tempo, aí eu acho, daria para alterar, o tempo seria como uma grandeza, seria como uma profundidade, daria pra pegar alguma coisa e encurtar ela, e assim, o tempo encurtaria, por exemplo... mas a gente não tem acesso a isso, por isso, a gente não consegue mudar.

Então, mesmo que seja fantasiosa, mas seria possível, então, o tempo pode ser alterado?

Eu acho que... sim, alterado, não daria pra eu fazer assim: “ah, eu quero voltar para 1200”, não! Mas daria pra eu estender aquele segundo, aquele segundo passar mais devagar pra você e pra mim não e eu, tipo assim, como se eu pudesse diminuir o tempo assim, eu tivesse um super poder, eu estalo os dedos, todo mundo diminui o tempo, mas eu continuo me mexendo normal, meio x-men, ou enfim. Nesse sentido, eu conseguiria alterar, não seria o deus do tempo, eu não conseguiria voltar no tempo, por exemplo, mas eu conseguiria moldá-lo com alguma liberdade... pequena.

Tá, mas então assim, agora na realidade...

É, não, voltar no passado eu acho que não, não tem como! E pro futuro também não, isso não.

6. Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Por quê? Justifique.

É... eu acho que pelo, pelo sol, não o sol, o movimento do sol também, mas isso já é um negócio mais acima, o sol, assim... pela luz do sol, já é uma divisão bem arbitrária, tá de dia, então tá de dia e eu tô com fome, já influencia, então deve ser perto do meio dia, porque tem aquele relógio biológico, isso influencia, na minha opinião. Então a pessoa tem uma sensação assim, ela acorda e fala: “que horas são?” Mas se ela pensar: “nossa, tá de noite, então já deve ter passado das seis!” Sem relógio! Chutando! Olhando ali, olhando o movimento na rua... usando do cotidiano, enfim.

7. Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo? Porque aí, ela não estará vendo o sol, nem a movimentação da sociedade...

Nem nada! Olha, eu acho que se a pessoa tivesse... vamos supor né, um exemplo, bem imaginário, bem... vamos imaginar que uma mulher que tivesse tido um filho ou uma filha, enfim, numa caverna, totalmente escura, e que essa pessoa crescesse lá dentro, sem nunca ter saído da caverna, enfim... não o mérito de como ela se alimentou, não importa! Mas ela cresceu lá dentro! Como ela perceberia o tempo?! Ela nunca viu a luz do dia, nem sabe o que é isso, pensando nesse caso, é... não sei [risos] não sei como te responder, se eu acho que...qual quer era a pergunta?

Como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo?

É, então, eu acho que isso divide assim, essa criança, essa criatura, ela tá lá desde o início, que acho que é um caso mais polêmico, complicado, ou assim, eu, hoje, vou lá pra uma caverna e me tranco, fica tudo escuro?

É!

Por exemplo, se fosse esse caso, ficava numa cela, aquela cela né, como é que fala? Que não pode ter visita, não tem nada. Esqueci o nome! Enfim...eu acho que eu perceberia, no começo eu teria uma sensação! Eu falo: “puta, já tô sentado aqui, sei lá, faz um tempo, já faz umas duas horas. Mas, passado algum tempo, sei lá, alguns dias, eu ia me perdendo, na contagem, não ia conseguir manter, ia tá errado por muito! Se alguém perguntasse assim: “Ah, que horas, que dia você acha que é hoje?” ou “que horas são?” No começo, eu ia conseguir chegar perto, eu ia falar: “ah, acho que são quatro e meia!”, sendo que eu cheguei aqui meio dia. Então, você dá um chute mais ou menos... mas com o passar do tempo, ia tá gigantescamente errado, eu ia falar: “ah, acho que tem uns cinco dias que estou aqui”, mas na verdade foi uma semana...

Então a precisão do tempo ia ficar bagunçada.

Ia piorar exponencialmente... muito, ia ficar confusa!

Mas que o tempo existe, você ia...

Ele existe! Independente...

Mas assim, porque você sabe já que o tempo existe.

É... isso, porque eu já vivi aqui!

você percebe que o tempo está passando? Se eu te fecho aqui, escureço tudo, tudo, não tem nada, você não ouve nada...

Não interajo com nada! Fico aqui né, entendi.

Você não vê e não ouve nada!

É, então, não interajo, tô quietinho aqui. É...então, o jeito que eu pensaria, eu tenho essa noção que o tempo estar passando é porque eu estou pensando! Eu pensando aqui, “Nossa, tô com fome!”, “Nossa, cadê ela que não volta aqui?” ou “Nossa, o que vou fazer, quando eu sair daqui, semana que vem” ou... questões, enfim, pensamentos e, essa forma de pensar que dá uma ordem, primeiro eu pensei que, como eu tava com fome, agora eu já tô pensando onde que eu vou, quero tá, e aí depois já estou pensando quando vou fazer aquele exercício da lista. Teve uma hora que, teve um pensamento primeiro, um pensamento que se seguiu, essa ordem de pensamento dá a impressão pro homem que o tempo está passando, sabe? Porque eu não pensei os dois, simultaneamente, então, o tempo passou, de alguma maneira.

8. O tempo vale alguma coisa para você?

No sentido assim, mas amplo da pergunta que você tá falando?

É assim, o tempo é importante pra você?

Ah, eu acho assim, no sentido menos físico e mais, assim, humano é, eu acho sim. Agora eu dou valor mais as coisas que, que antes eu não dava tanto, por causa... com a família... sabe, aquele minuto junto com a sua avó?! Faz mais sentido agora do que antes, porque eu falava: “ah, não quero ir pra casa da minha vó”. Agora cê quer, por um minuto, porque você dá um valor diferente, porque um dia ela não vai tá lá. Nesse sentido, então, o tempo é muito importante nesse sentido. Não sei se era o sentido da pergunta, mas...

9. Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura? Por quê?

É... eu acho que quem mais valoriza o tempo, assim de modo geral, é... de verdade, são aquelas pessoas que vivem disso, ou trabalham com isso, assim, um acionista, por exemplo, que um segundo, pra ele, faz a diferença, faz ele, ganhar muito dinheiro, perder muito dinheiro, ganhar dinheiro pra terceiros e perder, então ele valoriza muito o tempo, sabe?! Agora pra uma criança ou pra um aposentado, é meio... meio indiferente se são quatro horas ou cinco horas da tarde, se hoje é sábado ou domingo, ou segunda e terça, vai ter novela, o canal de televisão que a pessoa assiste ou a criança vai poder brincar no parque ou não, mas é diferente, então quem mais valoriza o tempo, acho que seria o trabalhador, de uma maneira geral.

Nas civilizações humanas, ao longo da história, como que o tempo era valorizado por elas?

É... como o tempo era valorizado, é isso?!

É.

Isso, a gente está num mundo capitalista, ocidental, eu tô pensando, assim...nos monges do Nepal, por exemplo, como é que deve ser para o monge tibetano?! Para ele, como que deve ser o tempo? Óbvio que eu nunca conversei com um monge, não sei...mas, eu imagino que para eles... eles... passam a maior parte do tempo meditando, entrando em contato consigo mesmo ou com alguma entidade superior, então eles valorizam nesse sentido, no sentido da natureza, ou... enfim... não sei... não sei porque eu não conheço, eu nunca, nunca fui atrás, é difícil falar.

Mas é um outro valor, um valor diferente...

É. Eu falaria que sim, falaria que sim.

Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Basicamente, dinheiro, na minha opinião. Para o ser humano, em espécie, hoje é... estritamente ligado ao dinheiro, ao recurso financeiro, assim, literalmente, quanto mais...é, realmente, é verdade.

Durante a sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo? Na faculdade, na escola, quais conceitos se aprende que tem a ver com o tempo.

Tá... [pausa] é, espaço, eu acho, agora... conceito... aquele negócio do tempo ser uma entidade, alguma coisa forte, fora do nosso alcance, não tem uma palavra assim, mas... é... não sei direito... tem como se fosse um pano como se tudo acontece, onde as coisas acontecem num tempo, assim você fala assim: “eu te encontro, eu vou te encontrar em tal local a tal hora.” A gente precisa dizer, a gente precisa dessas duas informações, do espaço e de um tempo, ou sei lá, o réptil, ele vai...ou, tipo, a mariposa, ela sai do casulo na primavera, em algum tempo, ela faz isso, então a biologia também está ligada ou a química, a reação acontece em tanto tempo, então o tempo é o plano de fundo de tudo que acontece, seja a matéria que você vê na escola, educação física, na história... história, basicamente, geografia, tudo que acontece lá, tudo está ligado à um tempo, porque é uma coisa que é... que a gente vive, não tem como...

Mas assim, das matérias, da faculdade...

Ah, da faculdade?!

É.

Pensei que era da escola.

Podia ser também.

Ah tá, mas na faculdade?!

Você aprende o tempo...

É... olha, tá, vamos ver se eu saberia dizer... as matérias que aparecem mais o tempo... na minha opinião... óh, as que não aparecem, eu vou te justificar... termodinâmica, dificilmente aparece o tempo assim, a termo está interessada no equilíbrio térmico, não em quanto tempo demorou para o gelo transformar em água, mas eu quero saber o quanto de energia foi transferida, termodinâmica não inclui tempo. É... oscilações de ondas, dificilmente, as vezes, você calcula a velocidade da onda no alto, mas pouco, o exercício, na real, a gente quer saber quanto a onda vai deformar, o quanto de força, ou...ou a oscilação de um período mais.

Pois é, e tem o tempo.

É, mas...

É que assim, se usa o tempo.

Usa.

Nenhuma matéria explorou a questão do tempo, eu acho que...

A que explorou foi relatividade.

Que fala mais do tempo.

Fala mais, um pouco de física moderna.

Mas, assim, oscilações de onda, tinha tempo lá.

Tinha, mas, é...

A gente faz a conta e pronto né?!

Filosofia da física, é uma optativa, eu fiz e... explorou o tempo... é... filosofia da física, principalmente, é. Agora, mecânica, é, às vezes, você acha o tempo de encontro do acidente dos carros.

Mesmo a velocidade que você falou, velocidade tem a ver com o tempo.

É, tá, tá certo, pensando assim, é verdade. Tá... então tudo bem.

Considere a seguinte situação, um astronauta a bordo de uma espaçonave e enviado a uma estação espacial muito distante da Terra, a uma velocidade extremamente alta, o tempo seria modificado? Como a sua sociedade e cultura poderiam saber?

É...o cara que tá num foguete, indo para algum lugar muito rápido, tá... para a pessoa, para o cara do foguete, vai continuar igual, ele vai achar que nada está acontecendo, nada, agora se o foguete não tivesse janelas, tanto faz, ele iria estar em repouso em relação ao foguete e

para ele, mesmo indo a quase a velocidade da luz, enfim...o relógio biológico dele, eu acho que vai continuar igual, ele vai estar sentindo fome ao meio dia e sono a meia noite, de uma maneira geral. A meia noite para ele, digamos assim e na Terra não. Na Terra, a sociedade e a cultura que iria saber que, como é que é o final da pergunta?

É...

Como sua sociedade e cultura...

Poderiam saber.

Poderiam saber através do relógio, na minha opinião, do jeito que eles sabem, “óh, dá um relógio lá para ele e com um relógio aqui, na hora que ele for, a gente liga o zero.”

Então, para ele, o tempo está passando normal...

Então, para o astronauta o tempo vai estar passando normal, ele vai perceber assim que ele voltar para a Terra.

Mas, a gente vai achar o que?

Estranho, no mínimo.

Mas porquê estranho?

Porque podem falar “nossa, você ficou 40 anos fora e nem está com cabelo branco.” E o irmão dele aqui ou o filho dele está mais velho que o pai, por isso vai estranhar. Estranho nesse sentido, visivelmente, alguma coisa está estranha. Eu acho que, assim, para a pessoa que não teve um estudo da física, para uma pessoa normal... leiga, enfim, ia achar estranho nesse sentido, ia falar: “meu, que aconteceu lá?! Você ficou 40 anos e o cara não envelheceu.”, “fiquei mesmo!”. Para ele (astronauta), não passou o tempo.

Então, isso, você aprendeu isso aqui.

É, eu aprendi, eu tenho por base o conhecimento da física, mas eu estou tentando pensar a pessoa que não estudou isso. Relatividade restrita e os postulados.

Você acha que o tempo tem forma? Que pode ser esticado, pode ser curvo?

Ah tá...entendi, não sei se a gente pode curvá-lo ou esticá-lo, mas se ele existe curvadamente ou esticadamente.

Se o tempo tem alguma forma, você falou que às vezes imagina uma linha. Se quiser desenhar também, pode ser.

É. Na real, acho que foi mais ou menos assim, teve o big bang né, por exemplo, no início do tempo, aí ele cresceu, mais ou menos assim, sei lá, vai...assim...assim...e daqui sai daqui infinitos ramos [desenhando] dependendo das decisões que forem tomadas, por exemplo, o que aconteceu no início dos tempos?! Não tinha eu para tomar uma decisão, ah se aquele próton se juntou com aquele anti-próton e produziu energia, poderia não ter acontecido aquilo, então poderia não ter seguido essa linha aqui óh. Parece meio dramático, mas são infinitas linhas, mas...entendeu o que eu quis dizer mais ou menos?

Entendi.

Aí aqui, mais para frente, quando essas linhas chegarem aqui, por exemplo, já vai ter um...

São várias possibilidades?

Várias, infinitas, muitas! Extremamente muitas, e aqui, se a gente já está aqui, posso escolher se a gente quer ir para esquerda ou para direita, quando eu virar a rua, eu vou acabar chegando em casa, eventualmente. Mas, se eu for para esquerda e encontro um amigo meu, muito antigo, isso já abre outra chance e assim, eu... meio que se... desrama assim, de maneira que a gente nem consegue imaginar então. Então, se ele tivesse alguma forma, eu diria que seria essa.

Bem complexa né?!

Bem! Como uma rede de neurônios, tudo interligado, um baguio bem confuso e que flui né?! Embora ele seja confuso, ele flui num sentido importante né?! Esse sentido, ele não é inverso, não pode ser, na minha opinião, ele não tem como inverter o sentido, entendeu o que eu quis dizer.

Então, ele flui e qual é o sentido dele?

É, a gente escolhe, mas uma vez escolhido, não muda mais e tomando a escolha daqui para cá é sempre essa e vai ser. Sabe?! Para mim, o tempo iniciou no big bang e iniciou-se aqui, não faz sentido falar antes e tal, uma questão mais... mais filosófica, mas...é, foge do nosso escopo aqui. Mas, aqui, sendo o início, ele flui daqui para lá, não tem como a gente voltar... É que aqui eu falei de caminho né?! Eu falei que aqui encontrei o amigo, mas se eu quisesse voltar e pegar outro caminho né?! Ficou meio confuso, mas você entendeu?

Entendi, mas se você quiser voltar, aí já é outro instante.

Não teria como, é, aí já é, é... o tempo continuou passando, eu voltei, passei por um sinal às 14h, “ah não, mas eu virei errado, não era para eu passar.”, eu posso voltar para o caminho, mas já vão ser 14h10m, não tem como voltar para aquele sinal às 14h, eu passei por ele às 14h, nesse sentido.

Então, assim, em relação a isso daqui, você fez assim, são umas modificações né? [em relação ao desenho]

Isso!

Como é que você pensou, é, nesse seu raciocínio, eu estou entendendo que é linear né?!

Porque o tempo vai passando, eu posso até voltar para o farol mas, o tempo, ele é como se fosse um cenário assim, ele está passando...

Ele está passando, isso!

Então, ele é linear?

Isso, ele passa, é...

Então, não dá para voltar?

Não.

Então assim, por ele ser linear, isso você acha que é uma coisa que você aprendeu desde criança? Na vida? Ou você acha que na física também? A gente acaba fazendo a mesma coisa.

Eu também acho que não é a mesma coisa na física [pausa] é estranho pensar em outra maneira, se não fosse linear, seria o que? Seria o que, circular? Confuso né?! Porquê circular?! Eu nasço só uma vez na vida, então como é que eu vou nascer, morrer, é... bom, tudo bem, é isso... não sei se, sabe?! Ou... confuso, às vezes.

Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física? Você acha que eles aparecem?

Não sei se passado, presente e futuro são as melhores palavras, diria que dentro da teoria da, isso seria no senso comum, mas nas teorias da física, elas aparecem como um evento, eventos posteriores, eventos anteriores e eventos presentes. É quase a mesma coisa, mas tem uma diferença mais... sutil, eu acho, que a gente não inclui um, uma medida do tempo, a gente só fala assim: “esse evento veio antes desse.”, “é isso aconteceu, porque aconteceu a priori?” e não a gente pensar isso aconteceu às 15h30min e isso às 20h00min, não é assim que a física trabalha, na minha opinião. Isso, é o dia a dia, é o coti...sei lá...o cotidiano, sei lá, para o trabalhador, digamos assim, que não é da física, mas para a gente tem mais uma ideia, não sei se você entendeu.

Você acha que o tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas. Por exemplo, você falou na relatividade, na mecânica, na oscilações de ondas, você acha que é útil para sua vida?

Na minha vida de físico ou na minha vida em sociedade?

Nas duas!

Olha, aplicadamente, eu acho que eu não uso, assim, mas assim, internamente, se você tem um...sei lá...é como se perguntasse assim: “porque estudar física é importante?”, só que a pergunta, no caso, é: “porque estudar o tempo na física é importante?”. Basicamente, a pergunta é quase igual e na verdade, a pergunta é tão difícil quanto a pergunta “qual é o

sentido da vida?”, sei lá... mas, eu diria, só para você ter um material para responder, é... que é importante estudar física, estudar o tempo na física, enfim, porque dá a gente um senso crítico, como? Vou tentar explicar o que eu estou tentando pensar. O cara que não teve física ou não estou a relação do tempo com as oscilações ou com, sei lá, com as coisas da matéria, enfim... ele não tem um senso [pausa] de indagação, de crítica, por exemplo, o físico, na minha opinião, ele olha assim, ele olha o arco íris e pode se perguntar a chance dele, melhor, a chance dele se perguntar: “nossa, porque que o arco íris é redondo e não é reto?”, sabe?! Ele quer, ele...a chance dele querer duvidar das coisas é maior do que daquele que não, nunca teve física, sabe?! Não quer dizer que ele, necessariamente, vai responder porque o arco íris é circular, não quer dizer que ele saiba a resposta, mas ele vai ver, sabe, porque que a roda do carro gira para trás e o carro vai para frente? Uma pessoa que nunca tivesse visto isso, nunca teria se auto perguntado isso, não teria essa sensação de crítico, eu não sei se...

Ficou claro sim, mas e além disso, um outro aspecto dessa pergunta, assim, é...o tempo que você aprende nas equações, aqui na física, você usa ele?

Não, é uma ferramenta, é o que está lá, porque a gente tem que usar sim.

Não você, mas na vida, no cotidiano, na sociedade, você acha que ele é importante?

Ah, às vezes né, porque você quer saber em quanto tempo o carro vai, o carro precisa para chegar em tantas cidades, indo a tanta velocidade, aí você faz, vê a conta e você já sabe, “olha, eu chego em cinco horas.”, o importante para o cara é o quanto ele vai demorar para fazer uma viagem ou quanto tempo vai durar o combustível no foguete, ou...

E o da relatividade, assim...

O da relatividade, eu acho que, é mais para nós, sentido curioso, do que sentido aplicável. Não, assim, tudo bem, tem um GPS lá que ele usa, fator de Lorentz para funcionar, para se auto corrigir, mas assim... para nós, aqui, indiferente sabe...se a pessoa, não sei... para mim, é mais uma coisa lá, que tem que achar no problema para dar continuidade e fazer a letra b do exercício. Tem que achar o tempo para que na b, tem que achar a velocidade, ou achar uma constante qualquer, enfim...incluindo a relatividade, quântica.

Você acha que a dilatação do tempo só acontece na teoria?

[pausa] É, eu diria que o que acontece na teoria, eu concordo sim, e me arrisco a dizer, que acontece na prática, de verdade também. Então, é o exemplo, por exemplo, do GPS que teve que evitar uma velocidade que não é tão grande assim, mas está, sei lá, sessenta mil quilômetros por hora, enfim...mas, dado algum, passado algum tempo aqui, ele não ia conseguir tirar a força precisa, lembra do desfalque, que vai crescendo exponencialmente, por uma hora, por um dia, que ele erre um pouquinho o relógio do GPS lá, do satélite lá, está diferente do da Terra por muito pouco, alguns centésimos, mas, em uma semana, já vai ser alguns minutos ou horas, enfim... então, na prática, acontece e porquê isso acontece? Porque ele está mais rápido, a gente está em repouso, digamos assim, então acontece na teoria, propósito da matemática, está lá, sei lá, nós, aqui, na teoria, na consistência ou inconsistência e na prática, exemplos: GPS, sei lá, dos íons que são formados na estratosfera e tem um tempo de decaimento, enfim, sabe, tem um...fatores por aí, não sei dizer todos, mas tem aí, que me fazem acreditar nisso.

Quando alguém fala para você: “do seu lado não vejo o tempo passar.”, se alguém falasse isso para você, o que ela quis dizer com isso?

Eu acho que foi um elogio, quer dizer que ela tava tão a vontade, a pessoa, que [pausa] normalmente, assim, se a coisa tá chata, aquela aula está maçante ou se o programa da TV tá muito chato, o tempo vai passar...você tem essa sensação, você fica pensando mais coisas e menos distraídos naquilo, então como a gente pensa mais coisas dá aquela sensa... tipo o cara na caverna ou na prisão lá, dá a sensação que “puta, eu já pensei em tanta coisa que o tempo aqui...” e ainda assim são 14h30min e eu estava aqui desde as 14h00min e eu já fiz meu plano de vida inteiro, só passou meia hora. Agora, se você está do lado de uma pessoa

que você gosta, se você está comendo uma comida muito gostosa, tá num parque de diversões, você tá se divertindo de alguma maneira, você tem menos tempo para pensar e nisso dá aquela sensação que já passou, tipo “já são cinco da tarde, mas nem parece.” Ou porquê não parece? Porque você não ficou viajando nas ideias, pensando na vida e tal, então, dá essa falsa impressão, essa impressão verdadeira, nem é falsa, é verdadeira, “não, realmente, o tempo pareceu que... foi muito rápido.” Não sei se entendeu... é uma impressão.

O tempo continua passando normal e é uma impressão que o tempo passou rápido.

Sim, sim, com certeza é, se eu ligasse o cronômetro ia tá, ele não mente né?!

É, o tempo continua passando, então ele sempre passa, você acha?

Sempre passa.

Sempre passa e, você diria o que que é isso que fica passando? O que que passa então?

É [pausa]

Tudo bem, é o relógio tá baseado no sol.

[pausa]

O que você falaria que está por trás disso?

[pausa]

Por trás da passagem do tempo né?!

É.

[pausa longa]

Então, não sei, é como se fosse uma coisa que cresce, inerentemente, à nossa escolha ou vontade, é como se nessa linha aqui [mostra no desenho], a linha do tempo, eu to aqui né, vamos supor a gente está aqui, eu posso resolver não fazer nada, ficar parado, dormi, não importa, mas esse tempo, conforme os segundos, os minutos, a escala a gente escolhe, tudo bem?! A linha vai continuar, ela vai se formar um pouquinho mais, um pouquinho mais, um pouquinho mais, um pouquinho mais e o que, que que é essa coisa? Não sei dizer, não é material, não é uma coisa palpável, é uma coisa que passa, não sei, não sei explicar.

Não é material, assim...

Não é material.

Você falaria que é uma ideia? Um número que a gente conta

Tá, é...não, eu acho que é perigoso falar que é um número, é como se fosse o infinito né?!

Não é um número realmente, é uma ideia, é uma coisa que a gente criou para representar alguma coisa, alguma coisa, sabe?! É a mesma coisa, o que é o tempo? Ah...

Então o tempo não é uma ideia? A gente criou...

É uma ideia, eu acho que é uma ideia, é uma coisa que, e os números a gente criou para ficar uma ideia universal né, para falar que...

Ter um padrão né?!

Isso, isso, para justificar que o 3 para mim é igual o 3 na China, agora se não tivesse os números, assim, se não tivesse o relógio, ferrou, porque ia só pegar aquele negócio, que para mim só passou uma hora, para ele, cinco, então precisa ter alguma coisa que conte, mas no fundo...

ESTUDANTE 9, PRIMEIRO ANO

1. Para você, o que é tempo? O que te vem a cabeça?

O tempo é difícil de dizer...ah, o tempo, não tenho uma definição muito boa do que é o tempo, mas, não sei, posso dizer assim que, o tempo, para mim, começou a partir de quando eu nasci até hoje.

É, um pouco difícil de responder, é, eu nunca parei para pensar nisso, é difícil.

É uma coisa que a gente aprende desde criança, desde a hora que a gente nasce...

Assim, uma definição, não tenho uma definição para te dizer sobre o que é o tempo, mas acredito que se eu fosse ter que responder isso para alguém, teria que me preparar melhor, deixar bem, é... bem claro, do que significa, ou mais próximo da realidade, porque, igual

amanhã, quinta- feira, eu tenho uma aula de mecânica e eu tenho que apresentar uma questão, então, eu to me preparando para poder apresentar bem, então, se uma criança me pergunta o que é o tempo.

e o que vocêalaria?

Ahh, eualaria...

Mas não precisa ser a resposta certa, do livro, sei lá, da... nem sei se tem resposta certa, o tempo é um negócio... nem sei se tem o que é o tempo. Assim, o que é o tempo, qual a primeira coisa que vem na sua cabeça, não tem certo ou errado, nenhuma aqui.

Certo, o que é o tempo? Eu diria que a marcação que a gente pode fazer com o relógio, que determinado lugar que a gente vai, que a gente quer chegar, que a gente vai demorar um tempo para chegar e que a gente pode marcar esse tempo com algum tipo de equipamento, relógio, cronômetro, etc.

Tá, beleza, marcação do relógio né?!

A gente pode marcar qual tempo que a gente vai de um lugar para o outro.

Tipo o passar das horas...

Isso, do dia, do ano... década.

O tempo é feito de alguma coisa? O que você acha que as pessoas da sua sociedade acham?

Eu acredito que não, porque as pessoas não se questionam muito sobre isso né?! A gente ouvi muito falar que tempo é dinheiro, mas... então, eu acho que não, as pessoas não estão preocupadas em saber o que é o tempo, assim a fundo. Elas, simplesmente, vivem sem se questionar sobre isso, na minha opinião.

E você? Você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

Não, [risos] acho que não, é uma coisa que, assim, todos os documentários que eu já assisti, é uma coisa, assim, que já existiu e não tem como a gente alterar, assim, mas acho que não é feito de nada.

[risos]

E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

É difícil falar sobre isso, é bem filosófica essa pergunta né?! Eu acho que não, eu ouvi o professor falando, nas primeiras aulas, qual era a importância do tempo, mas para relações internacionais, assim, e... não por uma questão mais natureza, etc., qual era a natureza do tempo. Eu vi uma explicação sobre a importância do tempo em uma determinada cidade porque, de um país para outro, tinha muita diferença no horário e eles precisavam ter uma relação em que se você vai para um país e chega em um outro demorou tanto tempo e você precisa chegar lá e ser tal hora. É, eu ouvi uma coisa mais ou menos assim, agora sobre a natureza do tempo, não.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

Já ouvi falar já, borboleta também.

Você acha que a nossa fisiologia, o fato da gente não voar, a gente não ter antena, influencia na maneira como nós compreendemos o tempo?

Acredito que sim, pelo que eu aprendi em biologia, a gente tem um corpo, assim, digamos, mais complexo, então devido a complexidade do nosso corpo, ser bem mais difícil de entender do que o corpo da mariposa que é minúscula, é... a gente acaba percebendo o tempo de outra forma, desde que a gente é uma criança, a gente vai se desenvolvendo, até virar um adulto, um idoso e morrer, muito mais fácil fazer isso com um adulto do que com uma mariposa. Você tem um dia para estudar ela e ela já está morta. [risos]

Supondo que a mariposa tem consciência, que ela pensa [risos] você acha que ela vai entender o tempo diferente de nós ou...

Não, acho que não, é muita loucura.

O tempo é o mesmo só que...

Para...é...não vai...

Se ela tivesse inteligência, ela ia contar o tempo também, igual a nós?

Bom, é uma pergunta muito maluca mesmo, porque, é... porque se ela tem apenas um dia de vida para pensar, realmente, em tudo, sobre isso, ela não pensaria sobre o que é o tempo, simplesmente iria viver lá, tentar se reproduzir e morrer, essa é a natureza da mariposa né?!

Você acha que o tempo é existe independente de nós?

Não, não, acredito que o tempo sempre existiu, mas a percepção do tempo pelas diferentes espécies seja de uma forma diferente, até mesmo porque, digamos assim, pelo que a gente aprende que somos os animais mais racionais que existem e parem para pensar nessas questões, é, assim, meio que filosóficas, do que os outros animais que, tenha a natureza deles, e tem que, é... sei lá, a partir do momento que ela virou uma mariposa, ela tem um dia inteiro para procurar um parceiro e se reproduzir e etc.

Poderia ser qualquer outro animal também, seria a mesma coisa, acho que não teria assim uma definição do que é o tempo para uma mariposa, independente de ser uma mariposa, ou um camundongo, um cavalo, para um ser humano, o tempo sempre existiu.

Você acha que o tempo pode ser alterado?

[pausa]É... não. Eu acho meio maluco isso de alterar o tempo, voltar no tempo, ir para o futuro. Pode ser até que mais para frente, inventem uma tecnologia, mas nos dias atuais, eu acredito que não, não pode ser alterado.

Sem relógios, como você e as pessoas da sua sociedade e cultura, as pessoas da comunidade, como que elas poderiam medir o tempo? Se não existisse relógio.

A gente poderia medir a partir da luz do sol, é, deixa eu ver... tem algumas...coisas para fazer, poderia ter sem relógio...

E sem celular também.

Falaria uma ampulheta também, ou... poderia ser?!

Poderia ser, mas agora sem ampulheta, vamos ver.

Bom, o método mais antigo que a gente conhece é a marcação pelo relógio solar né?! Mas outras maneiras de medir o tempo não me veem na cabeça agora.

E se, uma criatura da espécie humana só que no local totalmente escuro, por exemplo, aqui, eu fecho tudo isso aqui, tudo, mas não vê nada, sol, relógio, nada! Você percebe o tempo, pode medi-lo?

Não.

Assim, que o tempo existe? Você vai falar que o tempo não existe mais?

Assim, você pode pensar que o tempo existe se você fizer uma medição do tempo como o Galileu fazia, pelas pulsações, mas se você não tem, não sabe se está de dia ou de noite, se você não está fazendo uma contagem dessa, por exemplo, para você está sempre a noite, escuro, o tempo não passa.

É, você acha, o tempo vale alguma coisa para você?

Para mim, sim. Eu tenho que me organizar bem, as minhas 24 horas que tenho do dia, para poder exercer minhas atividades, desde do momento que eu acordo de manhã para ir trabalhar até a hora que eu saio da faculdade para ir para casa para poder dormir. Tem que organizar bem, senão desanda tudo, não consigo estudar as matérias que tenho que estudar, fazer trabalho, é... desempenhar bem a minha função no emprego, então o tempo é muito importante.

E, assim, quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura?

Eu acredito que as grandes empresárias, porque eu fiz algumas pesquisas com o coordenador no nosso trabalho, e ele, a gente chegou que a maioria dos empresários, eles dormem muito pouco, porque eles precisam ter um maior conhecimento do que está acontecendo durante o dia na empresa dele, porque, para evitar roubos, desvio de dinheiro na empresa dele, então ele dorme muito pouco, porque ele precisa estar sempre ligado do que está acontecendo dentro da empresa dele. Os grandes empresários seriam os que mais se preocupam com o tempo, na minha opinião.

Você lembra de alguma coisa sobre outras civilizações humanas, ao longo da história, como é que o tempo era valorizado por elas?

Não.

Não precisa ser uma civilização antiga, uma outra comunidade, sei lá, dá o valor para o tempo diferente ou...

Bom, eu ouvi falar do, do, acho que... não me lembro muito bem, acho que na Roma antiga que existia um calendário de 13 meses, cada um com vinte dias e ao passar do tempo, o Júlio Cesar e o Augusto modificaram isso, porque eles eram os reis de lá e etc., mas, civilizações, acho meio difícil, não me lembro muito bem não.

Como o ser humano como espécie valoriza a questão do tempo?

O ser humano... sim, é eu acredito que com o desenvolvimento da tecnologia, as pessoas tem maior entendimento do que seja o tempo, a partir de uma determinada época e, a partir desse desenvolvimento, elas tem em mente que elas não vão viver para sempre e algumas tentam é, assim, é... dar o seu máximo enquanto ela está viva e aproveitar o que ela tem para fazer, viajar, estudar, conhecer outros lugares e... etc.

Durante a sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

Distância, velocidade, é [pausa] é, seria isso, o básico que a gente aprende, a gente tem também, é... eletricidade, potência, essas coisas, muita coisa está relacionada com o tempo de uma forma diferente, seria isso.

Considere a seguinte situação, um astronauta a bordo de uma espaçonave e enviado a uma estação espacial muito distante da Terra, a uma velocidade extremamente alta, o tempo seria modificado?

Sim.

Como a sua sociedade sabe?

Pelo estudo...é, pelo estudo que a gente tem do Einstein, da teoria da relatividade geral, a gente tem o paradoxo dos gêmeos, onde tem um astronauta que poderia ser um dos gêmeos, ele é mandado para uma estação que fica muito longe, a uma determinada velocidade, que seja muito, muito alta, o tempo para essa pessoa que está na... viajando no espaço, ele passa, é, ele é menor do que o tempo para pessoa que continua na Terra, o tempo para pessoa que continua na Terra, ele passa mais rápido, do que para pessoa que está viajando a uma velocidade muito alta no espaço.

Mas você não fez relatividade né?!

Não, eu aprendi no ensino médio. Eu vi a primeira parte da teoria e como explicava isso daí.

Mas você teve aula disso?

Tive.

Ah, que legal! No curso técnico?

No ensino médio mesmo. Eu tive um último ano muito bom, ele explicava, estudava aqui, então, o último ano foi o melhor ano assim, de física, que eu tive. Então, ele explicou para gente como que demonstrava, como que funcionava... e também, tem o filme “*interestelar*” que explica isso também.

Você acha que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ele pode ser curvo?

[pausa] Hmmm, não, acho que não, mas eu não sei te explicar porquê, porque isso é muito abstrato. Acredito que a linha do tempo seja uma linha e não uma curva ou uma deformidade. A gente chama de linha do tempo porque vem daqui para cá e...

Vai para o futuro.

Sim, exatamente, sem sofrer nenhum tipo de alteração.

Com relação ao passado, presente, futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física? Você acha que eles aparecem? O que que é o passado, o presente e o futuro para física?

O passado, a gente poderia pensar a partir da própria história e envolve todas as disciplinas, ou que a gente tem determinadas datas que a gente considera passado, o que a gente vive atualmente é o presente e o que vai acontecer daqui para frente é o futuro, mas a gente tem datas determinadas para isso e, a gente sabe quanto tempo passou, é o que a gente chama de passado, o que a gente está vivendo ultimamente é o presente e amanhã é o futuro, a gente não sabe o que vem no amanhã.

É, então, tem a ver com a história, assim, mas você acha que o que você estudou até agora, é possível relacionar com as ideias de passado, presente e futuro?

Sim, porque a gente vem... a gente, do passado, a gente vê como os físicos pensaram, é, e hoje em dia, a gente utiliza esse tipo de estudo para ser utilizado em algum tipo de tecnologia ou em alguma coisa que a gente pode pensar mais para frente que pode se tornar realidade é, por exemplo...

Você está pensando sobre as previsões dadas por equações?

mas aí seria mais questões matemáticas do que física né, porque a gente está trabalhando com uma linha de raciocínio onde a gente espera encontrar uma resposta é anterior ou posterior, agora seria mais uma questão matemática do que física. É possível.

Você falou que para o astronauta o tempo passa mais devagar e aqui passa mais rápido, isso muitas vezes é chamado de dilatação do tempo. Você lembra desse nome né?! Você acha que essa dilatação acontece mesmo ou é só teoria?

Bom, eu acredito que sim, que a gente não tem como provar ainda, mas é uma teoria que ela é bem sustentada, é... tanto que não me lembro se a outra parte da teoria da relatividade é da luz que faz curva em um local onde a velocidade é muito alta, [pausa] e, eu não me lembro se tem a ver com isso também, mas... se é isso, acho que se fosse possível provar, acreditaria que ela é verdade sim, eu acredito que é verdade sim.

Você acredita que é verdade mas ainda não está provado?

Que a gente não tem um método é, para ter certeza, eu acredito que seja verdade, mas não temos um método ainda para provar que é certeza, igual a teoria do Stephen Hawking sobre os buracos negros. A gente acredita que exista mais a gente não tem como reproduzir no nosso ambiente, a gente teria que sair para fazer esse teste.

O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida? Para que serve saber tais interpretações do tempo?

É útil, a física é muito útil, porque a gente estuda os fenômenos da natureza, então o tempo, a gente precisa é, pelo menos no meu dia a dia, eu sei que não vou viver para sempre, eu sei que demoro uma hora e meia para chegar do meu trabalho até aqui, é... essas questões de dilatação do tempo, a gente pode utilizar futuramente para é... esqueci a pala... aprimoramento da tecnologia, como a gente vê nos últimos tempos, então, a gente trabalha muito com tempo e também questões de tecnologia, segurança, saber projetar um carro, qual velocidade máxima que ele vai poder andar em uma rua, é, e etc. É bem útil.

Você estudou termodinâmica no colégio?

No colégio, eu não tive, eu vi no cursinho meio por cima, é uma matéria que eu tenho bastante dificuldade, mas eu posso tentar responder.

Você acha que o tempo aparece na termodinâmica? Você chegou a estudar o tempo na termodinâmica?

Na termodinâmica?! Sim, sim, ele aparece nas equações de calor, é, quando preciso calcular uma determinada, não, cálculo de calor, desculpa, não, não é na de calor, não me lembro. Mas daí é a temperatura, potência.

Se alguém falar para você, “do seu lado, não vejo o tempo passar.”, que tipo de tempo é esse? Como você interpreta essa frase?

Hmmm, difícil, “ao seu lado, não vejo o tempo passar”... [pausa] ah, não sei, talvez, a pessoa só tem uma impressão do tempo diferente quando ela está sozinha ou quando ela está acompanhada, quando a gente está conversando assim, por exemplo, a gente tem a impressão que o tempo passa mais rápido do que quando você tá sozinho, estudando, parece que você está lá a uma eternidade.

Tipo, é uma impressão.

É, uma impressão que a pessoa tem e, não que seja uma verdade.

Você acha que o tempo sempre passa?

Sim.

Sim né?!

Independente do que você faça, esteja num local escuro que você não consegue determinar se está de dia ou se está de noite, se você não tem nenhum método para poder medir o tempo, ele está passando de qualquer forma.

E o que que fica passando?

O que que fica passando?! No caso, sua vida fica passando né?! Você vai viver, independente de saber o que é o tempo ou não, você vai estar vivendo e fazendo o que você pensa em fazer sem necessidade de utilizar esse tempo para alguma coisa.

ESTUDANTE 10, PRIMEIRO ANO

1. Para você, o que é o tempo?

O tempo?!

Tempo... tempo... [pausa] hmmm [pausa longa] tempo...

Não precisa ter uma definição... só me diga o que você acha que é o tempo!

[pausa] Uma coisa como a cadência das coisas, as coisas não acontecem...duas coisas com, por exemplo...eu não sei muito bem como definir, por exemplo, não acontecem duas coisas num, numa determinada posição de, de.... instante, não tem como falar, definir tempo sem falar de tempo.

Sim, é verdade.

Então é...tempo é... a continuidade dos fatos, a cadência com que acontece qualquer coisa, os fatos, os movimentos, qualquer coisa.

E as pessoas da sua sociedade e cultura, acham que o tempo é feito do que?

Hmmm [pausa] Acho que ninguém para muito para pensar nisso, tempo...as pessoas tem muita referência de relógio, assimila coisas como o sol, os dias e as noites...é, não tem uma noção muito de tempo ser feito de alguma coisa, mas as coisas de passagem.

Tipo alternância, dia e noite, desenrolar das coisas, dos eventos, da vida.

Hmmm, sim, sim.

E você?! Você diria, você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

[pausa] é, nós medimos o tempo a partir de eventos que acontecem repetidamente, então o tempo seria feito de...isso mesmo, de eventos consecutivos. [pausa] eventos consecutivos também implica tempo, mas...

Você se lembra, ouviu falar em algum livro, filme... ao longo da história como as pessoas compreendiam que era o tempo em termos de sua natureza?

Da natureza?

É.

Sobre viagem do tempo?

A pergunta é bem aberta mesmo! Pode ser, por exemplo, você que as pessoas associam muito o relógio ao tempo, e quando não tinha relógio?

Era uma medição de eventos também, como a passagem do dia, o céu fica claro e escuro repetidamente e as pessoas tomam isso com uma cadência de eventos que elas indicam como tempo, antes disso não sei o que dizer, o tempo... mas era feito de repetições e eventos, tanto por filme ou qualquer coisa do tipo, ficção.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

[pausa] Eu acho que não, ao mesmo tempo, do mesmo jeito que a mariposa percebe eventos consecutivos, nós também, por mais que não sejam eventos de tanto tempo, assim como nós podemos medir os dias e as noites e uma mariposa pode ver alguma coisa se movendo e isso já delimita um tempo, ela sabe que para ela atingir uma presa, por exemplo, ela precisa estar quase na mesma posição no que uma presa em um tempo estipulado, então ela precisa ter uma noção de cadência de eventos para que ela possa viver.

você acha que, se a gente fosse diferente, íamos entender o tempo de outra forma ou...

Eu acho que não, nós, nós enxergamos a luz, parte em tempos diferentes, a mariposa também enxerga o mundo de forma diferente, mas as coisas acontecem e chegam até ela os sinais, ela interpreta os sinais e para ela tudo é na mesma cadência, por mais que... os intervalos dela são iguais aos nossos ainda ou também por som, por luz ou cheiro, não cheiro...mas elas, do mesmo jeito que o tempo passa para gente, eu acho que deveria passar para a mariposa.

O tempo pode ser alterado? E como?

Eu acho que não...porque, uma, como o tempo para mim é uma cadência de eventos, um evento que já aconteceu não pode ser mudado, então se o tempo seria um conjunto de eventos, de acordo com a pergunta, já que os eventos já aconteceram, eu diria que o tempo não muda.

Sem relógios como você e uma pessoa da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo?

É, de acordo com a outra pergunta também, se não existia relógio, você mede as coisas como uma, uma sucessão de eventos repetidos, como os passados da luz do sol todos os dias.

É, claro e escuro, essa alternância, mas assim já é a próxima pergunta, é...beleza então, sem o relógio a gente mede pelo sol né?! E como uma criatura da espécie humana em um local totalmente escuro perceberia o tempo? Agora você não tem clareza e escuridão.

[pausa] sem claro e escuro...é, poderia ter alguma... não uma cadência repetida, mas ela percebe que o...conforme o tempo passa, alguma coisa acontece ou não, então ela admite que tem evento, eventos que já foram, e eventos de agora e podem acontecer eventos de acordo com que ela, a experiência dela, com o que vai acontecer e o que aconteceu, como...ela tá no escuro, mas ela, ela sente que alguém toca ela, por exemplo, três vezes e ela sente que isso pode acontecer mesmo que ela não no mesmo intervalo de tempo, mas ela pode saber que isso pode acontecer de novo, conforme isso acaba acontecendo eventualmente.

Ah legal, é...e se não tiver ninguém para tocar?

Ela tá num ambiente, então ela pode...

Por exemplo, você, você tá aqui, com tudo escuro e sem esse barulho lá de fora

Hmmm, na mente dela, ela também pode raciocinar, ela pensa em algumas coisas e conforme vai pensando tem essa mesma cadência de coisas que ela pensou e coisas que ela pensa e coisas que podem vir na cabeça dela, eventualmente.

O tempo vale alguma coisa para você?

Valor?! [pausa]

Você acha que o tempo é importante?

Acho que lembrar de eventos passados é importante, a questão de mudar eventos não é muito...pensar em mudar eventos não acho muito saudável porque normalmente é uma coisa triste, mas mudar...esqueci. Ahh, o valor do tempo tá. Na questão de medição do tempo, de usar o tempo?

Então, a pergunta é aberta mesmo! O tempo é importante para você?

Hmmm [pausa] ah, eu acho que a medição do tempo e o entendimento do tempo são importantes sim e o aproveitamento, uma vez que você entende que o tempo passa e que você sabe que, um dia, em algum tempo, você não vai mais poder fazer nada do que você faz é um, importante para poder estabelecer o que você vai fazer no tempo seguinte, sim é importante sim.

E quem você acha que mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura?

Mais valoriza...hmmm... quem consegue passar, eu acho, quem consegue passar a maior parte do tempo fazendo o que gosta, o que sente prazer fazendo, eu acho que esse tipo de pessoa aproveita melhor.

Aproveita melhor o tempo?

Hmmm, quanto maior o tempo que ela passa fazendo coisas que ela gosta no geral...para ela, acho que o tempo tem mais valor.

Tem alguma profissão, ou então alguma pessoa em certa situação, que considera “nossa, meu tempo é importante” ou alguma situação que a pessoa se coloca?

Hmmmm, eu não consigo imaginar, que não pode deixar as coisas para depois...

É, que o tempo é importante, em dez minutos tem que fazer uma coisa, sei lá...

É, só se a questão é de pressa em fazer as coisas e que não pode vacilar em questão de, do tempo de fazer as coisas, tem bastante, é...no comércio, em, é...muito trabalho, quem trabalha normalmente tem as coisas regradas porque não pode deixar para depois senão perde o emprego, mas...essa questão de valores ao ter que fazer tudo num tempo certo é mais quem trabalha no geral.

Nas civilizações humanas, ao longo da história, como o tempo era valorizado?

É, muitas sociedades, pela atividade pelo menos, pelos estudos, eles não trabalhavam em alguma coisa muito nesse estilo de não ter um trabalho que precisa ter as coisas em um tempo estipulado, então tinha uma cultura de ter uma vida mais ociosa e eu acho que para essas não tinha tanto essa coisa do valor do tempo para elas, como os... as...parece que os gregos tinham uns filósofos, não tinha muito essa coisa de...de... você ter que exigir que uma pessoa faça um determinado trabalho em um certo tempo, as coisas fluem melhor, fluem melhor não, de uma maneira mais lenta porque as coisas não são exigidas no tempo certo.

Com prazos né?

Isso.

Como o ser humano como espécie, como você diria que ele valoriza a questão do tempo?

Como espécie...e não um ser em sociedade?!

O ser humano no geral, em qualquer sociedade

É, o ser humano, diferente dos outros seres, toma o tempo como pauta e faz as coisas baseadas no tempo e a maioria dos animais pensa em... comer, reproduzir e morrer, então eles, por exemplo, eu vejo muito meu cachorro dormindo o dia inteiro e aí, fica tranquilo de valorizar, não dá essa importância que a gente dá, então como espécie não valoriza muito o tempo perto dos outros.

Em termos de trabalhar, de produzir, essas coisas assim?

É, também.

Também?

Tem o lazer também, que as pessoas pensam muito em separar um tempo para o lazer por mais que não seja uma coisa que com prazo, acaba tendo um prazo, porque senão você acaba tomando o tempo das outras coisas como o trabalho, então tudo acaba sendo planejado.

Durante a sua vida de estudante, quais outros conceitos ou conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

Conceito?! Bom, eu lembro de ter visto no livro que estipulam o tempo do relógio pelo menos pelo segundo, que é a frequência do... de radiação de uma específica que não lembro agora...do nome do elemento que...e, se a unidade repetida que dá a cadência dos eventos e aí, é assim que mede o tempo, e é o que todo mundo adota como tempo e assim vai passando essa cadência de mesmo evento.

Então você está falando do átomo, o cézio, né? Você poderia falar mais algum conceito, conhecimento...

A maior parte de exatas estudam os eventos a partir do tempo como o movimento, não dá para você estudar muito bem o movimento sem apresentar a cadência dele em relação ao tempo.

O movimento tá relacionado ao tempo?

Sim.

E mais algum que você lembra?

Acho que não...hmmm[pausa] acho que não...nao... ah, sim, na matéria de história, tem isso também, é...que...é, dá para relacionar também, que na história, relacionamos a história dos humanos e que não dá para falar em...é...comportamentos humanos e, é... eventos que aconteceram na Terra sem estipular o tempo, todos estão, todas as eras estão...o tempo, estão separados pelo tempo, todos os acontecimentos, em todo lugar, então no estudo da história precisa estipular um tempo também.

Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado?

O tempo para ele, a percepção dele, de tempo.

É, pode ser para ele, para nós, o que você quiser responder.

Hmmm...ahh, eu acho que não, do mesmo jeito que...o átomo de cézio solta a radiação daquele jeito, ele...mas enquanto ele está em movimento ainda?!

É.

[pausa] Ah, acho que sim, a frequência das coisas que nós damos aqui na Terra, eu acho que deveria ser a mesma para um astronauta numa velocidade muito alta, então não.

Você diria que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado, ele pode ser curvo?

Acho que não...por ser uma, uma percepção de coisas que acontecem uma depois da outra, não, porque...as coisas tem forma, mas o movimento delas, não teria muito uma forma, mais uma percepção de acontecimento, então, acho que não.

Você acha que o tempo, ele é...ele sempre passa né?! Então, você acha que ele é...ele...

É e que se marca os eventos, é pode ser relacionado com uma linha reta sim.

ele é como se fosse uma ideia?

Sim... a ideia de...a ideia de retomar coisas que já aconteceram e que vão acontecer pode ser sim uma...essa coisa de você abstrair, sim, então, é mais uma abstração no sentido de, das coisas que aconteceram e que vão acontecer, por exemplo.

Tá.

Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física? Você acha que isso já apareceu enquanto você estava estudando física? Na escola ou aqui? Essas questões aparecem na física, o que você acha?

Sim, quando você aciona, por exemplo, um movimento, algum evento relacionado ao tempo, você estipula alguma...alguma referência e sempre quando você estipula algum evento, você tem o que aconteceu antes do evento e o que aconteceu depois do evento, você tem o presente daquilo que é o evento que você está olhando e o futuro daquilo que vai acontecer que normalmente você sabe e o passado.

Mas você acha que isso aparece nos exercícios?

Sim, essa questão de perda do tempo, depois do fenômeno que ocorre.

Você acha que o tempo que você aprende na física, é útil para a vida? Tipo para que serve aprender o tempo?

As medições? Que a gente faz com o tempo na física?

As medições e a compreensão mesmo

Mas a percepção...

A compreensão do tempo por meio da física, você acha que é útil, que é importante?

Bom, para vida, sem pesquisa, sem estudo assim, não é de uso prático, mas eu acho que é bom saber do...do conhecimento só, no caso de uma vida sem...que isso não se cobre, no caso de um pesquisador, mas por conhecimento é curioso saber.

Você teve termodinâmica no colégio?

Sim.

Você lembra de ter aparecido o tempo? Aqui você não fez né?!

Não.

Assim, você lembra do tempo na termodinâmica?

Para muitos eventos não...não considera tempo na termodinâmica no, no comportamento do caso, mas para...para...trabalho precisa, eu usei sim, eu vi o tempo em termodinâmica, mas para estudos de caso de transformação, como aquela do...do...não tem tempo e o...

Mas era mais usado para a cadência dos movimentos, como você falou, assim a transformação de um gás, mas essa questão né?

É, você tem um tempo, então tem um tempo na termodinâmica sim, na termodinâmica do ensino médio, que é no desenrolar dos acontecimentos.

Quando você faz uma contagem dos acontecimentos, mostrando que o acontecimento começa e termina?

Sim, sim, sim.

Você acha que o tempo sempre passa? O tempo está sempre passando?

Sim, como na outra pergunta, se não dá para alterar o tempo, como o tempo é uma cadência de eventos, eu sinto que não dá para mudar, ele passa e as coisas aconteceram e vão acontecer, independente do que você possa contestar.

o que é isso que tá passando?

Ahhh...[risos] se você pensar em nada para nada, o tempo não existe, porque não existe evento para que aconteçam coisas.

Assim, o tempo tá passando agora?

Sim!

E o que está passando?

Os eventos acontecem e...um depois do outro, após uma...consecutividade, então por mais que os humanos não existam, é isso?! Os eventos continuam acontecendo por mais que nós não estamos lá para presenciar.

seria que tipo de evento?

É, ahh...a água caindo em uma rocha desfaz a rocha por atrito e forma uma areia, por exemplo, e...a água tem que cair primeiro na pedra para que a areia se forme, então tem uma consecutividade de eventos.

Entendi.

Se alguém falar para você: “Ao seu lado, não vejo o tempo passar.” Como você interpretaria isso?

É, tem... essa coisa de quando você está se divertindo, o tempo passa mais rápido, você...é, uma sensação de percepção, eu acho que você acha que passou menos tempo porque está, não tá esperando por alguma coisa acontecer. Eu acho que quando você não espera algum erro específico acontecer, parece que o tempo demorou mais para acontecer, então...é, mais uma sensação humana.

ESTUDANTE 11, PRIMEIRO ANO

Para você, o que é tempo?

O tempo? Quando eu falo em tempo eu já penso no tempo cronológico, mas tem vários tempos, tipos de tempo né?! Tem tempo que você pode separar pelo ensino, pelo aprendizado que são tempos diferentes, eu penso isso aí.

tempo cronológico é qual?

Ahh, o que é regido pelos ponteiros do relógio.

E o tempo que você falou, do ensino?

Então, aí... eu acho que cada um tem seu tempo né?! De aprendizado, alguns são mais rápidos em aprender, outros são mais devagar, eu falei nesse sentido.

As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Ah, eu acho que a sociedade enxerga mais número né? Eu acho que mais segundos, mais seco, mais, assim bem... unilateral assim.

E você, acha que o tempo é feito de alguma coisa?

[pausa] o tempo é feito de alguma coisa? Não, eu já li, eu não estudei muito essa matéria ainda, mas já li que o tempo é uma invenção do homem, o homem precisa do tempo, senão, não sei...ele perde a sua consciência, sei lá...porque antigamente bastava saber se tava dia ou de noite, hoje em dia, a gente não consegue viver sem o relógio, então, eu acho que isso cresce conforme a nossa necessidade., então hoje acho que é mais ou menos isso.

Ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

É, então, eu acho que é mais ou menos essa onda que falei para você, antigamente, sei lá, os astecas, os povos lá faziam um calendário com base no que eles viam na natureza, dia, sol, noite, para eles já bastava, o pêndulo, por exemplo, é...tinha uma precisão horrível de horas, mas para eles tava bom para fazer os experimentos deles, mas hoje em dia, sem segundos, a gente não consegue viver.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

Eu acho que a gente pode compreender muito mais o tempo né?! Do que uma mariposa, não sei.

E se a gente fosse diferente? A gente ia ver o tempo diferente?

Sim, se a gente vivesse um dia, por exemplo, que nem as mariposas?

Pode ser!

Ah, eu acho que... não sei, um dia pensar sobre o tempo, eu acho que a gente não consegue, a gente não conseguiu compreender até hoje né?! Eu acho que é meio impossível em um dia.

E o fato de que a gente não voa, tem duas pernas... vamos supor, uma criatura totalmente diferente que nós, ele vai perceber o tempo? Estabelecer uma contagem?

Por um aspecto externo?

É, e por um aspecto dele, com a fisiologia diferente, ele vai entender o tempo diferente ou não? Se ele for inteligente?

Eu acho que tem mais a ver com a nossa compreensão interna, eu acho que o fato externo tipo asa, antena, acho que não ia influenciar muito, eu acho que isso é mais compreensão do tempo, tem mais a ver com a inteligência.

Se for muito inteligente, já ia entender o tempo como nós? Ou ia ser uma coisa muito diferente que a gente nem sabe? O tempo é independente de nós?

Sim, é, independente de nós, o tempo tá aí, eu acho que se esse ser for mais inteligente que a gente, ele entenderia mais o tempo, eles estariam mais perto de algo mais verdadeiro. É isso que eu acho, não sei.

O tempo pode ser alterado? Como?

Alterado em que sentido?

Sentido assim, em qualquer um.

Qualquer um? Ah, o tempo cronológico que falei no início, ele pode ser alterado, por exemplo, o meu relógio está adiantado dez minutos, nesse sentido pode, mas eu acho que o tempo, esse tempo que tá aí e a gente não consegue compreender ele em toda sua plenitude, eu acho que ele não pode ser alterado.

Sem relógios, como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo? Não tem celular, não tem nada.

Não tem nada?! Então, aí é, a gente tem que dar uns passos atrás né?! Pêndulo, luz do sol...e por aí.

E se tiver escuro: uma criatura da espécie humana em local totalmente escuro, ela perceberia o tempo?

Ah eu acho que não, eu acho que a visão é um fator bem importante para gente ter noção, não sei, se o tempo fosse algo biológico, mais novo ou mais velho, e a gente não conseguisse ver isso, eu não sei se a gente teria ideia do tempo, se tá tudo escuro, a gente não ia ver as mudanças... é o tempo está bastante ligado às mudanças. Se a gente não vê nada mudar, eu acho que a gente não tem noção do tempo.

Mas assim, se eu te deixar fechado aqui e, vedo tudo, fecho totalmente a sala.

Ah, eu acho que a minha noção de tempo ia alterar bastante né?! As horas iam durar mais.

É, assim, as horas, mas as horas iam passar.

É, as horas iam passar normalmente, mas na minha cabeça um minuto ia ser uma eternidade, entendeu?!

Eu acho, certinho um minuto não, eu acho, eu teria ideia bastante ou pouco.

Sem precisão! Mas você ia perceber que o tempo tá passando?

Eu acho que sim.

Como?

[pausa] Ah, eu ia começar a pensar, pensar e com meus pensamentos iam se esgotar, eu não sei, eles iam cair em repetições, daí eu acho que, “ah eu já pensei nisso”, eu não sei, eu não posso fazer nada na sala?

Pode! Fazer o que você quiser.

Ah, mas não tem jeito de eu interagir com nada na sala fechada, então daí eu não sei, a única ideia que eu tive foi dos pensamentos, a luz entraria na sala, não sei...

Não, não pode entrar!

Ah então não sei, eu acho que mais ou menos isso aí mesmo, minha ideia intuitiva do tempo ia me dizer se tá passando muito ou passando pouco, não sei.

Uma ideia intuitiva né? Seus pensamentos?

Ah, não sei, não tenho mais nenhuma ideia, não sei... não consigo [risos]

O tempo vale alguma coisa para você? O quê?

Ah, tempo, o tempo é muito importante, mas... [pausa] eu acho que mais conforme aquela ideia da necessidade, por exemplo, se o, sei lá, se tô em período de prova, cada minuto para mim é muito importante para eu estudar sabe?! Eu não posso perder tempo com outra coisa,

ai para mim, acho que a minha ideia de tempo é mais valiosa, agora, sei lá, se não tivesse precisando de tempo, eu acho que eu não daria muito valor para ele, acho que mais ou menos isso.

Quem você acha que valoriza mais o tempo na nossa sociedade e cultura?

Que valoriza mais o tempo?! [pausa] poxa... acho que as pessoas que, sabe, os estudantes, os trabalhadores que tem... operários, engenheiros que trabalham, acho que todo mundo que trabalha tem uma noção, eu acho que conta as horas sabe?! O tempo fica muito valioso. É, se você não fizer nada, se você for apático as mudanças, você realmente meio que não vai dar valor ao tempo, mas se você trabalha, se você estuda, eu acho que o tempo é muito importante para você, tanto para você ficar melhor naquilo, tanto para você sabe?! Depois daquilo, você curtir, aquilo fica mais importante, entendeu?! Eu penso assim.

Beleza!

Você se lembra se nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Valorizado? Ah, eu acho que... a necessidade de cada civilização é dar o valor do tempo, antes quando não tinha um, sei lá, um resolvimento científico muito grande, eu acho que o tempo não tinha valor, hoje em dia, não né?! Mas, nesse período de tempo que o advento da tecnologia está mais forte, eu acho que o tempo tá mais valioso agora, eu acho que mais antigamente o tempo não era muito valorizado.

Como que o ser humano como espécie valoriza o tempo?

Ah dá para você valorizar de diversas formas, por exemplo, o estudante que eu falei que valoriza cada hora que ele estuda, mas por exemplo, o trabalhador pode ter um valor inverso, por exemplo, pode estar contando as horas para ir embora, é um valor inverso do nosso, a gente quer que o tempo não acabe e ele quer que o tempo acabe logo para fazer outra coisa, ai eu acho que a espécie humana valoriza o tempo de maneiras muito diferentes, mas valoriza o tempo, é mais ou menos isso.

E...durante sua vida de estudante, quais outros conceitos ou conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

O que tava ligado ao tempo?! Ah, as horas de estudo tava ligada ao tempo e as horas de lazer, também tava ligada ao tempo, hoje em dia, eu valorizo mais o tempo porque eu estudo muito mais do que na escola, eu acho, mas... e eu valorizo mais as horas de lazer do que eu valorizava na escola, eu acho que a minha valorização do tempo, eu acho que cresceu por eu estudar mais agora.

Ok! Mas, e qual conceito você acha que está ligado ao tempo, relacionado às disciplinas...

Ahh eu vi mais o tempo na área da física mesmo, que estuda, velocidade, aceleração...eu acho que é isso, tá ligado ao tempo.

E se você for fazer um trabalho na Física relacionado com o tempo, você vai ter que estudar o que?

Força, diversas forças que estão ligadas à aceleração, então tão ligadas ao tempo [pausa] eu acho que é isso.

Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado?

Hmmm, eu acho que a percepção dele seria modificada, mas eu acho que o tempo não.

A percepção dele seria modificada, porquê?

Ah, porque ele perdeu o referencial da Terra, eu não sei, mas eu...é.. ele perdeu o referencial da Terra, ai numa velocidade alta, eu não sei se isso alteraria, mas por ele estar longe da Terra, é como se essa sala escura que você tinha falado, to pensando nisso, ele está numa

sala escura só que no espaço, eu estou tentando referenciar com isso aí, a percepção dele teria mudado totalmente.

Ele não está falando com a gente, mas ele tem um relógio lá!

Ah, se ele tem um referencial, então não muda, se ele tivesse sem relógio, enclausurado no espaço, eu acho que seria mudado, mas se ele tem um referencial, se ele remete a uma ideia do que ele já teve aqui na Terra, eu acho que a percepção dele não ia mudar também.

Você diria que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Pode ser curvo?

Ah, eu acho que ele não tem forma, pois se ele é uma invenção, eu não sei.

Tipo o tempo seria uma invenção, seria uma ideia?

É, é uma ideia, como se fosse uma ideia nossa, é uma necessidade, não precisa ter uma forma, simplesmente tá aí, vai passar, a gente querendo ou não.

Então, se ele sempre passa - a gente querendo ou não, o que você acha que fica passando?

O que fica passando?! [pausa] passa... assim, não sei, passa uma oportunidade, passa uma ação, passa... é, mudanças, acontece mudanças.

Entendi, no desenrolar da vida, você vai vendo mudanças, transformações né?!

Sim, isso, aí já é nossa percepção do tempo, eu acho.

Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física? Você acha que eles aparecem?

Com relação ao passado, futuro e presente em que sentido?

É, assim, dentro das teorias, você acha que a física aborda isso?

Ah, não sei se é resposta, mas eu acho que aqui a gente aprende porque as coisas são assim, aqui a gente aprende melhor do que era na escola, não sei se respondi, mas na escola, simplesmente davam a fórmula para a gente e a gente aceitava que era verdade, aquilo foi criado agora, naquele momento, e aqui, a gente não, a gente percebe que teve um cara lá atrás que pensou, que teve experimentos e chegou naquilo, aquilo não é mágica, não veio do nada e eu acho que na escola é mais por necessidade sabe?! Agora, aqui, você precisa aplicar essa fórmula e agora, na faculdade não, a gente tá vendo a história, para que aquilo serve, qual é o sentido daquilo... não sei.

E... [pausa] é aqui, você não chegou a ter termodinâmica né?!

Ainda não.

Na escola, você chegou a ter?

Muito pouco, dilatação térmica.

Você se lembra do tempo na termodinâmica?

O tempo, eu não vi não, só vi mais calor, esse tipo de coisa.

Tá.

Ah, energia.

E Energia? Você acha que energia sua conservação estão relacionadas ao tempo?

Eu acredito que sim, mas eu não sei explicar.

[risos]

Se alguém falar para você: “Ao seu lado não vejo o tempo passar!” Como você interpreta isso?

Ahh, que ele não tá observando mudanças, que ele não tá vendo o... sei lá, ações acontecendo, lógico que está acontecendo, mas ele não está percebendo, eu acho que é isso.

Assim, por exemplo, na hora do almoço, você tem um monte de coisa para fazer e tem uma hora para almoçar, aí você nem ver o tempo passar, não é?

Ah sim, você fica distraído com algo, é isso?!

É.

Ah, eu queria... realmente essa pessoa tá distra... tá focada em alguma coisa e ela não consegue perceber as outras ações, assim passou o tempo e ela ficou tão focada naquilo que ela, a percepção dela alterou.

ESTUDANTE 12, PRIMEIRO ANO

Para você, o que é o tempo?

O tempo?! É...é uma coisa que ninguém, na minha opinião, consegue definir muito bem, porque isso de segundo, minuto, hora, são nomes que a gente deu para instantes de tempo, por exemplo, o tempo que a gente vai ficar aqui falando não é o tempo em si, é o tempo só que passou, mas tipo para tudo acontece precisa de um pouco de tempo, porque nada que acontece acaba do nada, tem sempre um tempo, tempo que uma pessoa leva para fazer uma coisa, ou tempo que uma vida leva para ser gerada, então eu acho que o tempo é uma coisa bem que ninguém entende o que que é, eu acho que é uma coisa bem misteriosa.

As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Então, eu acho que a maioria, hoje em dia, acho que ninguém para pensar muito nisso, eu acho que ele só tentam trabalhar para sustentar uma família, sustentar uma casa e às vezes para aproveitar as coisas porque elas sabem que uma hora o tempo acaba, mas elas não sabem o que é nem do que é feito e algumas pessoas nem aproveitam direito, elas só... passam ele, sem nem perceber que ele está passando.

É...você acha que o tempo é feito de alguma coisa?

Talvez não feito de alguma coisa, mas talvez ele seja alguma coisa que fazem as coisas acontecerem, tipo ele não ser uma matéria em si ou uma energia, mas talvez uma chave que faça as coisas poderem ser, essas coisas que elas são.

Ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Então, eu nunca li nada, vi nada sobre isso. Difícil... nunca li nenhum filósofo que tenha pensado sobre isso, talvez até já tenha tido mesmo, mas nunca vi nada sobre.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

Então, eu acho que por a gente viver muitas vezes décadas, geralmente, talvez a nossa compreensão do tempo seja muito maior do que uma dessas mariposas, porque, se por exemplo, a média de vida humana uns 80 anos, mais ou menos e das mariposas é de 24 horas, significa que ela não nasce, vira jovem, vira um adulto e morre dentro de 24 horas, então por exemplo, 10 anos para gente talvez para ela seja uma hora, então a nossa concepção de tempo vai ser muito diferente porque ela provavelmente precisa acasalar nas primeiras dez horas de vida porque depois ela vai morrer, então ela tem que continuar procriando a espécie, agente não, para gente deixar 20 anos sem acasalar já é uma coisa mais normal, não é nenhuma obrigatoriedade a gente fazer isso antes disso, a gente passa por muito mais tempo, acaba tendo muito mais tempo para fazer as coisas do que elas teriam, por exemplo.

Então, o fator biológico influencia em como a gente compreende o tempo?

Por exemplo, se tivesse alguma espécie que vivesse milhares de anos, o tempo para elas talvez ia passar... o que para gente geralmente passa um ano, para ela é como se fosse um dia, porque a noção de tempo dela também iria ser muito diferente da nossa e talvez, por exemplo, ela fosse criança, por exemplo, até os 150 anos e a gente nunca ia entender isso, porque nenhum humano sobreviveu até os 150 anos para saber como é.

Sobre a compreensão do tempo, você acha que a parte biológica influencia?

Então, talvez influenciem, porque por elas terem tão pouco tempo talvez elas nem tenham o suficiente para realmente perceber o que é ou não, porque elas só crescem, fazem o que tem que fazer e depois de um dia morre, então não sei se seria possível elas fazerem tudo isso e ainda perceberem até mesmo que estão vivas e, existe alguma coisa sabe?! Tipo, até onde

elas conseguem moldar em um dia, será que elas conhecem o que do mundo, então precisaria não sabemos bem o que, mas talvez um pouco mais de tempo para conhecer essas coisas.

Então quanto mais tempo a criatura tem mais ela conhece o tempo?

É, ou mais ela poderia conhecer.

Você acha que o tempo existe no mundo e, aí, você que tem que ser inteligente e viver tempo suficiente para poder entender esse tempo que existe no mundo, é isso?

Sim, creio que sim.

O tempo pode ser alterado?

Então, eu já não acredito muito nisso, porque para ele ser alterado teria que viajar no tempo, e como a gente não entende bem o que é o tempo, como é que a gente quer viajar nele e alterar alguma coisa, porque a gente nem sabe se é possível, porque o que que acontece se a gente viajar no tempo? O seu eu daquela época morre ou continua lá? A gente não sabe isso direito, então para gente conseguir mudar o presente, a gente teria que alterar o passado e fazer isso com o conhecimento que a gente tem é simplesmente impossível e se um dia isso for possível, pode ser que esse nosso presente tenha sido alterado no passado mais distante.

[pausa]tá.

Sem relógios, como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo?

Então, como eu sou escoteiro, às vezes a gente consegue medir pela posição do sol, mas é uma coisa bem difícil de fazer, leva bastante técnica e precisa de algumas coisas básicas, às vezes a gente usa alguma plantinha para medir a sombra dela e até consegue achar a direção com isso, é bem legal, mas para medir a hora tem que ser uma pessoa bem experiente mesmo porque precisa treinar muito para fazer isso, mas geralmente, percepção do tempo mesmo, mesmo a gente sabendo quantas horas se passam, você sabe mais ou menos a hora que você acostuma acordar e, tipo... quantas horas podem ter passado, então geralmente tem uma margem de erro de duas horas ou para mais ou para menos, mas algumas pessoas... você acaba sentido que horas são, por exemplo, mesmo sabendo que horas são, agora eu sei que deve ser perto das quatro horas pelo tempo, porque eu acordei às dez e eu já tô umas seis horas acordado e isso as pessoas conseguem sentir um pouco.

Então, assim, as pessoas percebem pelas...é... você falou o movimento do sol e também porque você sente, o seu corpo de alguma maneira te fala isso, certo?

Sim, você acaba percebendo.

E se for assim: uma criatura da espécie humana em um lugar totalmente escuro, ela ia perceber que existe tempo?

Então, se ela vivesse a vida inteira em um lugar escuro aí depende porque ela sozinha, sem contato com nada, ela nem questiona se ela saberia, sei lá, o que ela é, não sei se ela saberia exatamente o que é o tempo, porque ela não teria convivência com nenhum outro humano, ela não saberia nem o que é a própria vida, o que ela pode fazer.

Mas vamos supor, que é uma pessoa como você! Aí eu te fecho aqui, tudo escuro, não tem barulho, nada, você vai achar que o tempo...

Então, então eu saberia que o tempo em si está passando, mas eu não faria a menor ideia do que seria o tempo, eu não ia saber que horas são, eu não ia saber quanto tempo fazia que eu estaria ali, quanto tempo eu ainda tinha.

Mas você ia perceber que o tempo tá passando? Como?

Sim, com certeza, mas eu não saberia, por exemplo, o dia que é, não saberia nem a minha idade mais, dependendo do tempo que eu ficasse aqui, mas que ele está passando, talvez até ele fosse alterado um pouco porque quando você está em um local escuro sem ver nada e sem fazer nada, tudo o que você consegue fazer é pensar e quando você pensa às vezes você se distrai e o tempo passa parece que em uma velocidade diferente, então você não saberia exatamente mais quanto tempo passou desde que você começou a pensar, então o tempo para

você passaria em uma velocidade diferente, às vezes passasse um dia inteiro e você só teria passado três horas, não ia ficar nem um pouco preciso.

vamos supor também que você quer medir o tempo neste escuro

Então, talvez...

Mesmo que de um jeito bem precário, você acha que é possível?

Então...

Você falou que você sente o tempo!

Sim, tem um... tem um jeito que a gente usa para contar os segundos que é falar o numero e depois falar Mississippi, porque dá o tempo certinho, você fala um e depois Mississippi, dois Mississippi, três Mississippi e isso é um...dois...três...como no relógio, daria para medir, mas depois as pessoas cansariam, mas daria certamente para medir o tempo.

O tempo vale alguma coisa para você?

Então, eu acho que ele vale sim porque quando você usa o tempo para fazer alguma coisa que você gosta ou que é importante para você, por exemplo, você tem um dia livre, por exemplo, você tem 24 horas para fazer o que você quiser, uma parte disso você usa para dormir, que é para repor as energias que você vai gastar, uma parte também é para comer mas outra você tem livre, mas você não precisa fazer nada que não queira, tecnicamente, você pode, por exemplo, ir num parque ou fazer uma coisa que você gosta tipo andar de bicicleta ou assistir um programa que você gosta ou quem sabe ir no cinema, por exemplo, sexta-feira passada minha aula foi cancelada e eu fui ver um filme e eu nunca tinha ido ver um filme sozinho, mas foi assim horas que eu passei sozinho que eu me senti muito bem, eu fiz uma coisa que eu gostava e não tinha ninguém lá para me importunar, então o tempo, você pode fazer ele ser muito produtivo fazendo alguma coisa que você gosta ou fazer uma coisa que é importante e talvez você não goste tanto, por exemplo, estudar, eu, meu objetivo de vida é ser professor, eu não gosto muito de estudar, mas eu sei que preciso para conseguir passar esse conhecimento adiante quando eu me tornar um professor e para me tornar um professor, eu preciso estudar muito, então mesmo que eu tenha um tempo livre, se eu usar esse tempo para estudar, no final do dia eu vou ver que aquele tempo valeu a pena, que realmente aprendi e que me tornei uma pessoa melhor, aquele tempo fez, uma mudança em mim, eu não era a mesma pessoa um tempo atrás, então aquele tempo fez uma diferença em mim, o tempo tem um certo valor.

Ah, legal!

[pausa]

o que significa aproveitar bem o tempo para você? Você comentou... fazer uma coisa que você gosta...

Ou que no fim do dia se você olhar para trás, você vai ver que valeu a pena, de qualquer jeito, se valeu a pena, você vai ver que fez bem para você, de algum jeito, aquilo fez você aproveitar o seu tempo.

[pausa]

Você conhece ou já ouviu falar alguma determinada faixa etária ou comunidade, alguém que aproveitar bem o tempo não implica em produzir alguma coisa, estar fazendo alguma coisa produtiva?

Então, é... que eu saiba, já ouvi falar, acho que os hippies nos Estados Unidos, naquela época que foi febre, eles não ligavam de trabalhar e fazer coisas que a sociedade mandava, eles só se reunia, tocavam música, que era o que eles gostavam de fazer, conversavam, e eles aproveitam do jeito deles e o jeito deles era, literalmente, não fazer nada que fosse, é... alguém que obrigasse eles, eles só faziam o que eles queriam o tempo todo e faziam do jeito deles, aproveitar o tempo, eles não trabalham, não se casavam, eles só... eles tinham uma espécie de união deles, mas não se casavam, porque aquilo era o que, entre aspas, a igreja

obrigava eles a fazer, eles eram completamente contra serem obrigados a qualquer coisa, então o jeito deles de aproveitar o tempo era mais ou menos esse.

Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura?

Então, eu acho que quem valoriza bastante o tempo é... uma pessoa que trabalha com o que ela gosta de fazer porque esse se prepara para fazer aquilo que gosta de fazer e na hora de trabalhar você faz aquilo que gosta de fazer e na hora de parar, você não se sente cansado porque você passou o dia inteiro só fazendo aquilo que você gosta e no tempo livre, você ainda pode fazer o que você quiser, eu acho que uma pessoa consegue fazer isso, ela realmente aproveita muito o tempo dela, porque uma vez que eu li em um lugar, “trabalhe com uma coisa que você gosta de fazer que você nunca vai precisar trabalhar.”, eu acho que uma pessoa que faz isso todos os dias, ela aproveita muito bem o tempo dela.

Mas assim, em termos de valorizar o tempo, de falar assim “nossa! Meu tempo é precioso”. Então, eu acho que talvez alguém que perceba que desperdiçou muito o tempo ou que sobra pouca, por exemplo, pessoas com doenças terminais que tem menos de 2 anos de vida que eu já ouvi falar em casos assim, que fizeram uma lista de 20 coisas e falaram “antes de morrer, eu vou fazer isso!” e eram coisas, completamente, tipo pular de bung jump, treinar até ficar um minuto sem respirar debaixo d’água, tipo listas que as pessoas fizeram para elas mesmas e como tinham pouco tempo, queriam vencer todos esses desafios antes que o tempo acabe, então, talvez essas pessoas valorizem mais o tempo do que as outras, eles percebem que tem menos tempo.

Nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Como o tempo era valorizado?

Então, eu acho que eles valorizam o tempo mais como uma mercadoria, tipo o tempo que você trabalha é o que você receberia, por exemplo, tipo nas sociedades mais antigas que tinha as pirâmides sociais, as classes menos favorecidas tinham que trabalhar muito tempo sabe?! Só para ter o que comer, tempo era visto mais como mercadoria, tipo o tempo que você tem no dia é o quanto você consegue trabalhar, é mais ou menos isso que eles vinham.

hoje ainda tem bastante disso?

Tem bastante, gente que trabalha o dia inteiro, chega em casa e assiste globo, porque é o que pega o melhor sinal, aí no dia seguinte vai trabalhar de novo, aí no fim de semana vai no shopping comprar alguma coisa e segunda já tem que trabalhar de novo, tem gente que a vida é só isso.

Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Então, eu acho que a espécie humana, como um todo, é... até os 17 anos, todos os pais obrigam a ter o ensino médio completo, então até os 17 o que você tem fazer é estudar para se graduar, mas como não é muito difícil, dá para conciliar estudo e lazer, super facilmente, então você estuda 2 horas por dia é mais do que o suficiente para aprender o conteúdo do ensino médio, porque aquilo é repetido, mastigado, tem trabalho, tem lição de casa, tem as provas, então tudo ajuda você a aprender, você vê várias vezes, você aprende aquilo com mais facilidade, então a maior parte do tempo para socializar com os amigos, sair, praticar esportes que é o que muitas crianças fazem hoje em dia e depois do ensino médio, é... muitos vão para a faculdade, os que conseguem e os que não conseguem, vão trabalhar, porque meio que a sociedade obriga a gente a ganhar dinheiro, seja ou trabalhando desde cedo para conseguir se manter vivo, ou você estudando para depois de concluir seus estudos, você conseguir um trabalho melhor do que aqueles que não conseguiram estudar o suficiente, então... o tempo para a humanidade é, diria que você tem que se preparar para depois você conseguir continuar vivo sozinho, sem ninguém te ajudando, praticamente isso, aí quando você conseguir, terá sua família, prolifera a espécie humana, que é o que toda espécie tem em mente no seu instinto fazer, aí a sua cria passa a cuidar de você, porque você já passou a sua vida inteira cuidando de você mesmo.

Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

[pausa] eu não entendi muito bem assim.

Você estudou o tempo aqui ou na escola?

Eu estudei na história, quando a gente viu as civilizações antigas, aí apareceu com esse termo, civilizações, que era nada mais do que a espécie humana, mas um tempo grande, ou nem tanto um tempo atrás, tipo civilizações egípcias, que hoje não existe e é só a espécie humana que vive no Egito, a gente estuda várias coisas ligadas a civilização.

Mas assim, ligado as matérias, ligado a física?

Então, na física a gente estudava mais, tipo...situações e essas situações aconteciam em determinado tempo, tipo colisões que precisam de um certo tempo para acontecer ou em movimento, aí o tempo aparecia bastante, as vezes em gravitação, a gente via, tipo tempo em anos, por exemplo, o tempo que dois planetas levavam para colidir, mas geralmente era uma situação e a gente analisava o tempo daquela situação, tipo que ocorria em tal instante de tempo, mais ou menos para isso que a gente usava o tempo.

Você falou que o tempo tá ligado ao movimento.

Sim, o tempo... o movimento precisa do tempo para acontecer porque ele não pode acontecer sem o tempo, porque sem o tempo ele está parado, então para ele acontecer, para se locomover ele precisa de uma velocidade e a velocidade é o espaço que ele percorre em um determinado instante de tempo, porque se não tiver um instante de tempo, ele tá congelado.

Então tá ligado à velocidade, ao espaço né?!

Sim.

[pausa]

Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado?

Então, eu acho que não, não seria modificado, mas ele... ele só passaria rápido, porque quando você está em uma velocidade alta, o tempo em si não muda, mas sua percepção do tempo muda porque você faz uma coisa que não é para você fazer tão rápido, muito rápido, por exemplo, você viajando no espaço como exemplo disso não é para você chegar lá tão rápido, as pessoas estão acostumadas no máximo com a velocidade de um avião que é mil quilômetros por hora, vamos dizer assim e isso a gente chama de fuso horário, o tempo praticamente não muda para você, você está acostumado a acordar a uma hora e para onde você está indo, essa hora não é a mesma, então esse tempo para você ele muda, mas o tempo em si, ele não sofre nenhuma mudança, você que está mudando dentro dele, então quando você faz essa viagem nessa velocidade muito longa, você vai para um outro lugar que o tempo é outro muito rápido, então o tempo para você, ele muda, mas o tempo em si, ele continua o mesmo.

Sim, verdade e se não for na Terra, sair do planeta, aí você não tem mais fuso horário...

Então, aí ele continuaria igual, porque para onde você vai ninguém sabe que horas são, que dia é, então o tempo ali, ele é totalmente desconhecido, ele existe ali, mas ninguém sabe, então quando você chegar ali, vai ser o seu tempo, o que você falar, a medida que você falar do tempo, vai ser aquela, então por exemplo, as diferenças entre segundos, dias, tudo mais, ninguém vai saber, o tempo ali é só uma coisa que ninguém sabe o que é, então quando você chegar lá, vai ser aquilo, vai se tornar aquilo, então a mudança dele vai ser do nada para quando você chegar.

Você diria que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Pode ser curvo?

Então, eu acho que ele não tem forma, ele é uma coisa que tá em todo lugar, eu não sei se é certo disser isso, mas o tempo todo, e acho que nada poderia esticar ele, tipo fazer ele em si passar mais devagar ou não sei... dizem que no buraco negro, o tempo não passa, como se

não tivesse tempo lá e eu não sei se isso é possível porque eu não sei muito sobre buracos negros, mas talvez ele seja uma coisa, se ele pudesse ser sugado pelo buraco negro, ele é alguma coisa, mas eu acho que ele não tem forma exatamente, talvez ele seja como a água que não tem forma, mas aonde você colocar ela vai aderir a forma, tipo se você colocar num copo triangular, vai ficar no formato triangular, mas se você jogar em algum lugar, aí não tem forma em si, talvez o tempo seja parecido de alguma forma.

você acha que o tempo é uma ideia ou ele...

Eu acho que ele existe, mas não sei exatamente do que ele é feito, mas eu acho que assim como a água, ele vai se encaixando onde dá, tipo se aparecer um... sei lá.. um vácuo que não tinha antes, vai entrar alguma coisa ali, seja ar, seja água, qualquer coisa e vai entrar o tempo, tipo onde der ele vai... assim que aparecer a chance, como se tudo fosse um recipiente, ele vai preencher da forma que é, ele não vai... atravessar uma dimensão, nem nada, onde faltar tempo, tipo vai preencher, digamos assim.

É, com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física? Você acha que eles aparecem?

Então, eu acho que... o futuro, ele não.. ele não aparece muito, porque o futuro é o que ainda vai acontecer, o que a gente estuda, eu diria que está entre o passado e o presente, porque assim, o que a gente quer, por exemplo, é o acontecimento, a gente estuda esse acontecimento praticamente quando ele acontece na nossa mente, porque na verdade a maioria dos problemas da física, eles não ocorrem, eles são perguntados para que se caso eles ocorressem como seria, por exemplo, se um trem estivesse em uma velocidade tal, ele bateria, por exemplo, na parede com qual força, é se isso acontecesse, então ele não acontece realmente, mas quando a gente vai estudar ele, a gente estuda ele conforme ele vai acontecendo na nossa mente então o que a gente tá vendo na hora seria o presente e o que já aconteceu da situação seria o passado, porque, por exemplo, é... o futuro não está em questão agora, o que a gente tá falando agora é o presente e quando eu comecei a falar dos problemas já é passado, então é isso que a gente estuda praticamente na física, é o presente e é o passado, o que a gente analisa no momento e o que a gente acabou de analisar.

O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida do ser humano? Tem utilidade aprender o tempo nas várias matérias?

Então, na minha vida, exclusivamente, e na dos professores de física, sim, porque é uma das coisas que a gente vai ter que ensinar, mas eu acho que para a maioria das pessoas, isso não faz tanta diferença assim, porque, por exemplo, para um professor de biologia, ele tem que explicar, por exemplo, todo o corpo humano, mas ele não tem que explicar porque, por exemplo, as pessoas só vivem 80 anos, ele fala dos fatores biológicos que fazem isso acontecer, tipo as pessoas envelhecem e elas morrem, mas ele não tem que explicar o tempo em si, ele tem que explicar o que acontece durante esse tempo, então eu acho que o tempo só serve na vida de uma pessoa, saber exatamente o que ele é, se você tiver que explicar isso para alguém, que por exemplo, eu sei muita coisa sobre civilizações antigas, mas na minha vida não faz muita diferença porque essas civilizações já não existem mais faz tempo, a única coisa que isso seria útil era se alguém, algum dia, me perguntar, aí eu iria explicar para ela, mas se não for para explicar para pessoa e já foi faz muito tempo, você não precisa, entendeu?! É a mesma coisa com o tempo.

Mas aí seria inútil?

Então, não seria inútil, mas seria uma coisa que assim não traria muitos benefícios se você não precisa, por exemplo, uma pessoa bilionária, ela já tem dinheiro para viver o resto da vida dela gastando o que ela quiser, faria sentido ela ter o dobro disso?! Não faria sentido porque aquilo não traria nada a mais, a mesma coisa você saber o que é uma coisa, se aquilo não faria muita diferença, tipo você não vai usar a definição do tempo na sua vida nunca,

mas você sabe, é um a mais, mas que não faz diferença na sua vida, já que você não precisa dela para viver.

Você acha que o espaço e o tempo estão relacionados dentro das teorias da física?

Eu diria que sim justamente pela velocidade que é quanto de espaço você percorre em determinado tempo, acho que isso tem tudo a ver com a física.

E, assim, o tempo se desdobra numa ordem, assim ele se desenrola sempre do, é... aparentemente do passado para o futuro né?!

Sim, sempre na ordem cronológica.

É, você acha que tem alguma razão física para isso?

Então, talvez seja aquilo que falei antes de voltar no tempo, talvez se não fosse nessa ordem é... talvez alguma coisa que não devesse, não pudesse ser alterada, tipo o que não aconteceu ou já aconteceu, a gente não pode mais mexer, mas se talvez, é... fosse tudo bagunçado, tipo o tempo não tivesse uma ordem, por exemplo, a gente nascesse e não tivesse um... tipo a gente nasce, tem 40 anos e depois volta para os 20 como se não tivesse uma ordem nenhuma, talvez isso pudesse mudar alguma coisa, porque se a gente vê o que a gente vai ser em 40 anos e depois voltar para os 20, a gente não pode fazer alguma coisa para melhorar aqueles 40, então talvez a razão da gente ter tudo numa ordem é para a gente nunca mudar o que aconteceu e decidir o que vai acontecer e sem saber o que é, tipo eu tô estudando para ser um professor, o meu futuro, na minha mente, vai ser ser um professor, mas eu não sei onde eu vou dar aula e nem se eu vou ser um professor bem sucedido, eu só tô fazendo o meu presente de acordo com o que eu quero que seja o meu futuro.

porque você não tem como influenciar né?

É, no próprio tempo, porque se, por exemplo, você vê que... uma pessoa que sabe que é uma má pessoa vai comandar uma missão por exemplo, ser presidente ou ministro e aí, do nada, você volta para o passado, você vai fazer alguma coisa para impedir que aquele aconteça, então o tempo tem essa ordem para você justamente não interferir nele.

Não dá para interferir né?! Ai, por exemplo, a gente vê um presidente ser “impechado” e não ver ele ser “desimpechado”, você vê que uma porcelana cair e quebra.

Não vê ela voltando para cima da mesa e consertada, não seria possível, seria como se o tempo acontecesse em vários tempos, ao invés dele passar, ele está voltando, aí tudo aconteceria ao contrário, tipo a gente nasceria velho, viveria em um movimento totalmente reverso, fazendo as coisas totalmente ao contrário, seria impossível.

Você nunca chegou a ver nada na física que falasse dessas coisas assim né?!

Não, nunca.

Você acha que o tempo está relacionado a energia? Sua conservação?

Então, eu nunca parei para pensar nisso.

Algum curso abordou essa questão?

Não, ninguém mencionou por esse lado ou pegou essa abordagem da, da matéria em si, ninguém chegou a falar alguma coisa nesse sentido.

Se alguém fala para você: “Ao seu lado o tempo passa mais depressa!” Como você a interpreta?

Então, seria como eu falei já, como se você fosse para... para o lugar que tem um tempo diferente, só que o tempo passa diferente, tipo se você fosse de carro, o tempo passaria na velocidade “que se deve”, mas se você vai de avião o tempo passa muito mais rápido, para você, tipo o que você vai ver, por exemplo, você viaja daqui para a Turquia, por exemplo, são 13 horas de avião, você sai daqui de noite e você chega lá tá de noite de novo, mas em 13 horas você não fez nada e já passou um dia inteiro, então o tempo passa muito rápido para você.

Então, e assim, uma coisa até mais simples, você está na cadeira do dentista... [risos]

Ai demora, você tá ali, faz mil coisas, parece que passou um ano, nunca acaba e você ficou ali 5 minutos deitado ou então quando você tá ali com a pessoa que você gosta, você vai ver vocês passaram 2 horas conversando parece que vocês sentaram fazem 20 minutos, o tempo passa muito rápido ou muito devagar, dependendo do que...

Não é o tempo, é a sua percepção do tempo que passou muito ou pouco tempo parece, mas na verdade passou o mesmo tempo, você que não estava prestando atenção ou prestando atenção demais, tipo no dentista. [risos]

ESTUDANTE 13, ÚLTIMO ANO

Para você, o que é tempo?

Para mim?! [pausa] não tem resposta certa ou errada.

É... muito difícil, me vem várias ideias, tanto é que assim eu já fiz... teve uma disciplina aqui que a gente apresentou um seminário sobre tempo, a gente fez uma...é...algumas classificações que são comuns, de diferentes tempo, físico, psicológico, esse tipo de coisa...bom nesse trabalho, eu já amadureci alguns questionamentos e tipo, é mesmo na física, não existe um tempo único, cada, cada teoria física vê o tempo de um jeito, então na mecânica clássica, tempo absoluto, na relativista, é relativo e na termodinâmica, o tempo tem um sentido preferencial, segundo boltz, então...e na mecânica quântica, fica tudo mais esquisito assim, tipo não, eles nem entram nessa questão do que seria o tempo, eu, eu não sei, eu... para mim, o tempo é... é... é algo muito abstrato que até, então tem, acho que é uma frase de Santo Agostinho que fala tipo, sobre o tempo, quando você entende, quando você não precisa defini-lo, o certo é o que que é exatamente, mas quando você tem que expressar verbalmente, você não encontra palavras para isso, eu não consigo encontrar palavras para expressar o que é isso, então para mim, eu diria que para mim, o tempo é uma incógnita, não resolvi ainda, eu me questionei muito mas ainda não cheguei a uma assimilação, então eu diria que para mim é uma incógnita.

As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

Feito do que?! É...bom, como eu já perguntei isso para bastante gente, geralmente elas assimilam ao relógio assim, alguma coisa certa, concreta, até você ficar questionando muito e ela não consegue dizer onde tá ou do que ele seria feito, então acho que, para sociedade, ela entenderia que o tempo... ele está no relógio, eu diria isso, é algo que está no relógio, que ele está medindo.

E ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

A natureza do tempo?!

É, a mesma pergunta, só que de uma outra civilização, outra comunidade...

É, então, coisas que eu sei que, por exemplo, os maias, eles tinham a ideia de que o tempo é cíclico que é uma ideia diferente então, eles tinham uma concepção de que em algum momento a história se repetiria porque o tempo tem um caráter cíclico, pelo menos é o entendimento que eu faço disso e da interpretação maia sobre o tempo.

Cíclico, mas assim porque?

Porque?! Então, eu sei que eles tinham muito conhecimento em astronomia, mas geralmente, bom, assim, o que eu interpreto, é que nos antigos, eles tinham a ideia de tempo por conta dos astros, observando primeiro os ciclos da natureza, então o ciclo do dia e da noite, então primeiro foi uma constatação de que uma percepção de tempo, observando que alguns eventos ficam repetindo na natureza, então percebendo que as pessoas morriam, havia um certo fim da vida, então haveria um certo fim do tempo para cada pessoa, agora eu acho que assim os maias, é que aí eu não sei, eu nunca li alguma coisa original deles né?! Porque são todas interpretações, então são uma interpretação da própria interpretação deles, conheciam esses eventos que se repetem, eles tinham uma ideia de anos e de repetições, só que tinha, tinha uma outra coisa, uma coisa mais mística que é...com o passar de certos, certos eventos,

ia ser como que um ciclo comportado, então essa ideia de tempo, o cíclico, remeteria você, é... por civilizações, que os eventos passaram, tipo nesse sentido, mas eu não consigo ir muito fundo, mas para mim, a ideia era mais ou menos isso, diferente de uma concepção que é mais arregrada a gente assim, no sentido, de ir sempre para o futuro, no caso deles, eu acho que o tempo ia sempre passando, só que em algum momento ele ia voltar, as coisas se repetiriam e a gente, a concepção que eu tenho, pelo menos do Boltz, é olharem para o futuro, sem volta, sem retorno.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por mais tempo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

Eu acho que sim, eu acho que totalmente, até, para mim, assim, uma...uma coisa que faz muito sentido para mim, as crianças, elas nascem e não tem uma concepção de tempo, você fala para elas, você vai, elas perguntam algo coisa, “ah, quando é o natal?”, ah daqui três meses, sei lá, aí passou algumas horas e ela vai perguntar de novo, “o natal já chegou?”, elas não tem concepção de tempo, elas aprendem a fazer isso, porque... é interessante, uma coisa que mais me intriga, em crianças, é uma coisa que elas aprendem mesmo com a gente a perceber o tempo dessa forma, então outras espécies, sei lá, talvez, não sei... talvez isso nem faça parte, essa ideia do tempo, talvez para as espécies, outras espécies não faça sentido como para as crianças.

Tá, mas e se fosse uma criatura que tem consciência

Ah, eu entendi a linha de raciocínio, você tá perguntando se seria isso, se outros seres concebessem o tempo, se seria o nosso?

É

Hmmm, delicado, é... Eu sei, eu acho que poderia ser muito mais maluco que, isso que eu não consigo resolver, essa ideia de tempo psicológico e tempo físico, que o tempo físico, a gente associa ao tempo que a gente mede, então a gente assume que um, é um evento que se repete, de forma regular, por exemplo, o movimento de um pêndulo ou alguma coisa do tipo, ou um movimento de rotação da Terra, uma ideia de dia, então a gente assume que isso é, é uma medida do tempo que a gente tem, então eu acho que esse talvez, para esses outros seres, se eles quisessem participar dos eventos desse jeito, talvez o tempo que eles medissem talvez pudessem ser comparado, tipo poderia ser dito que seria o mesmo que o nosso, que nós medimos, por um tempo ou qualquer coisa do tipo ou um relógio, mas eu acho que é... a ideia de tempo psicológico que é uma coisa mais abstrata mesmo, que a gente não consegue necessariamente conectar com o tempo físico, talvez isso foi mais maluco ainda, eu acho.

O tempo psicológico talvez está mais ligado com o biológico, é isso?

É, então, exatamente, eu acho que, eu apostaria a isso, que é uma reação psicológica, exatamente.

O tempo pode ser alterado?

[pausa] hmmm, alterado?! [pausa longa] tipo, alterado de qualquer forma, no geral.

A pergunta está bem aberta, responda como quiser!

Tá, eu acho que [pausa] eu acho que sim, eu tendo a dizer que sim, é complicado explicar como ele seria alterado né?! Mas eu acho que sim, eu apontaria que assim, o tempo que, que eu meço é diferente do tempo que você mede já, tipo pela relatividade, a ideia de tempo próprio, intervalo de tempo próprio, talvez uma medição do tempo físico, ele vai medir um tempo e para você comparar se você tá em um movimento ou se você se movimenta em relação à essa pessoa já são tempos diferentes, mesmo que seja o mesmo evento, então, eu não sei, cada um vai medir de um jeito, cada um vai ter a sua medida e para comparar as duas medidas para você comparar sua medida com a minha, a gente precisa de uma transformação, então a gente precisa usar de equações, equação de “Lorentz” que é para interpretar o que eu medi e o que você mediu para justificar que no fundo é a mesma coisa,

é... então, eu diria que sim, mas eu acho que... é uma ideia muito abstrata, porque, assim, principalmente pela relatividade, eu acho que o tempo tá muito conectado com outras coisas, ele não é uma coisa isolada... então, a gente fala que é uma grande ideia de espaço e tempo, que é uma ideia que eu acho que é muito profunda que eu não entendo, que é assim, relatividade de algumas coisinhas que é muito mais profunda, tipo essa relação entre espaço e tempo, é uma coisa muito mais profunda e que assim, eu não consigo muito bem ainda, eu tenho que estudar melhor.

você acha que o espaço e o tempo estão relacionados na teoria da física?

Sim, é, eles estão.

Tem essa parte do espaço tempo como um conceito só né?

Isso!

Que você falou que deve ser uma relação bem profunda, que não é explorada... o que quis dizer?

É, exatamente, eu acho que é muito pouco explorado e até a gente fica sempre com a impressão de que essa ideia foi o Einstein que teve pela primeira vez e na verdade, não foi né?! Tipo, foi o professor dele, o “Maiakovski”, foi ele que usou, ele usou o trabalho do Einstein para modificar e chegar nessa primeira ideia, tipo de espaço tempo, então eu consigo perceber que tem uma grande diferença entre relatividade restrita e relatividade em geral, tipo na relatividade em geral, o espaço e tempo, ele é central, tipo todas as consequências vem disso, tem isso como base, eu consigo vê, tipo eu tenho essa percepção, mas nessa relatividade restrita não, você pode no espaço tempo, na relatividade restrita, mas ela não é um conceito tão fundamental quanto é na relatividade geral, porque na relatividade geral, você vai considerar que isso, ele está... diretamente relacionado com a energia, de qualquer coisa, tipo, então, daí que vem, tipo...

Então, você acha que o tempo adquire outra natureza? Tem diferentes naturezas na física?

É, ele é entendido de forma diferente, então há conceitos nas teorias da física, o tempo, então na relatividade ele é entendido como uma coisa que está intrinsecamente associado com o espaço.

Na relatividade geral?

É, na geral, principalmente, porque é, porque é um conceito central ali, na restrita também, mas assim, você consegue entender a restrita e fazer as contas né?! Sem assumir, tipo, ainda pensando, eu acho que é diferente você perceber, na restrita, você percebe que os tempos são diferentes, mas você não, é.. não precisa ficar questionando que essas diferenças de tempo tem uma relação com diferenças no espaço, você faz as contas e pronto. Agora, eu entendo que numa relatividade geral, tipo, existe uma coisa que é o espaço tempo, você já parte de isso e aí você faz outras coisas.

E você já fez relatividade?

Não, não fiz.

Porque não tem na licenciatura?

É, não, ainda não tem.

Só se você fizer a optativa.

Então, para fazer e não aprender também não adianta, eu cheguei nessa conclusão, eu tinha muita, muita vontade de, por exemplo, no bacharelado, mas aí eu vejo que eles não são muito diferente das físicas que tem na licenciatura, então...é, eu ainda quero estudar, mas por vontade mesmo, sabe?! Tipo, ir nas fontes e... não precisa de exercícios e nem nada disso.

Sem relógios, como você e uma pessoa da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo?

Sem relógio?! É, então, observando os astros seria uma forma, observando os astros e fazendo essas relações, por exemplo, no caso do sol, tipo tem relógio solar que remete a isso né?!

Ok! Mas, se o local for totalmente escuro, como uma criatura humana, um ser humano perceberia o tempo?

Isso, aí, então precisa ver né?! Tipo, se a pessoa, ela tá ali desde que ela nasceu ou não, se ela foi colocada ali no escuro, se ela foi colocada ali já tendo contato com o mundo e tal.

É, vamos supor que ela tenha.

Ai, ela poderia ter uma ideia a partir da pulsação dela, da pulsação, das relações, das sensações biológicas mesmo, tipo em algum momento ela vai sentir fome, então ela vai conseguir estimar o tempo de fome que ela sente com o tempo que tá passando que ela está ali no escuro.

O tempo vale alguma coisa para você?

Se vale?! Vale, acho que vale, eu acho que o tempo é... tipo, pensar sobre o tempo é, principalmente, é... que o tempo está acabando, digamos assim, basta você nascer, o seu tempo está acabando, digamos assim, porque há um certo limite [risos]. Eu acho que a gente às vezes pensa pouco na morte, mas a morte é uma coisa certa e eu acho que se a gente se lembrasse a todo instante daria mais qualidade as coisas que a gente faz, tipo se esse for o último momento da minha vida, será que eu estaria aqui, [risos].

Então, eu vejo o tempo mais nesse sentido.

o que significa aproveitar bem o tempo para você?

É, eu acho que para mim aproveitar bem o tempo tem uma relação com isso que eu acabei de falar e não me sentir arrependido pelas coisas que eu fiz, tipo assim, quando não estou afim de assistir uma aula aqui e o professor dá essa possibilidade, e não fica pesando, passando lista, eu não venho, porque eu prefiro, é... eu prefiro usar meu tempo com alguma coisa que faça sentido para mim, então como eu sei que não vou tá afim eu nem apareço, tipo procuro não me sentir, fazer as coisas para não me sentir arrependido, então, tipo essa... essa... essa condição de contorno, quando eu consigo fazer isso, para mim, eu estou usando bem meu tempo, se eu não estou arrependido então significa que eu estou usando bem meu tempo.

Você acha que é... usar bem o tempo é fazer alguma coisa produtiva ou não, necessariamente?

Não.

Mesmo que seja dormindo, pode aproveitar...

Isso! Às vezes, você precisa dormir para se sentir bem, ou não fazer nada, ficar olhando para o nada e isso te traz às vezes eu faço isso quando eu vou em algum parque, eu gosto muito de ficar sentado ou caminhando sem fazer nada, às vezes eu sento só e de ficar ali sentado, eu me sinto bem.

Você conhece ou já ouviu falar de alguém de uma comunidade ou de alguma faixa etária na qual aproveitar bem o tempo não implica em produzir algo?

É, eu já ouvi falar que algumas comunidades indígenas, eles não tem concepção de tempo, tipo eles são como as crianças mesmo, eles não concebem o tempo, eles apenas se organizam mas sem, sem essa ideia de que existe um tempo passando, eu acho isso muito curioso.

[pausa]

Quem mais valoriza o tempo na sua sociedade e cultura?

Quem eu acho que mais valoriza o tempo?! [pausa] não sei, a primeira coisa que eu pensei foi na escola, eu acho que as escolas enfatizam muito o tempo, você ficar usando o tempo, tipo não sei, não sei dizer quem, mas acho que as instituições de ensino elas enfatizam muito essa questão, tipo não basta você vir, tipo passar o seu tempo, você precisa estudar fora daqui, aí tipo te passa um monte de coisas para serem feitas fora do ambiente, fora do

momento que você está ali, então isso, isso acaba fazendo uma... tipo aí existe uma relação entre super valorizar o tempo, é de uma forma estabelecida ali, tipo como uma imposição, você usar bem o tempo, aí isso vai te garantir coisas no futuro, eu acho que a escola se faz muito do tempo no sentido futuro, eu acho que existe um, é, isso é muito divulgado atualmente, você precisa se preparar, estar sempre se preparando para o futuro, aí você se preparar é estar em alguma instituição de ensino, então, eu acho que a escola sempre coloca uma seta do tempo na vida das pessoas, a escola vai te ajudar nas coisas lá na frente, aí às vezes, eu percebo que os jovens, eles, atualmente, alguns ficam muito desconsertados com isso porque eles querem as coisas agora, eles pensam agora, tipo o que a escola pode me dar agora, que qualidade ela pode trazer para minha vida, agora, não no futuro, eles não querem saber e às vezes não tem, às vezes você tem que ficar lá fazendo exercícios, provas, tudo coisas que vão te ajudar no futuro, porque essa é a promessa.

Mas você diria que alguém, alguma situação que alguém falasse “meu tempo é precioso”?

É, eu acho que é, a nossa... eu acho que é, eu acho que é da cultura geral, tipo assim se pegasse São Paulo, principalmente, se a gente pegasse as pessoas da cidade de São Paulo que ou vivem aqui ou estão aqui diariamente, elas vão ter isso daí, eu não posso perder meu tempo, então você já rápido, seja breve, se você tiver que falar comigo, seja rápido, seja breve, eu não posso perder meu tempo com você não.

Você se lembra como o tempo era valorizado em outras civilizações?

Deixa eu ver...é... eu citei dos indígenas, tem os maias, algumas culturas indígenas eu já ouvi falar que eles não concebem o tempo do jeito, eles não tem essa ideia, então eu citaria esses dois, os maias e os, algumas culturas indígenas.

Como o ser humano como espécie valoriza a questão do tempo?

Eu acho que a sociedade [pausa] para garantir as coisas no futuro, eu acho que é muito isso, a sociedade capitalista é literalmente tempo é dinheiro, é colocado dessa forma e o dinheiro é uma coisa que te mantém, que mantém a sua sobrevivência, você não sobrevive no sistema sem dinheiro.

Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos ou conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

Eu acho que tipo, do espaço, bom o que uma outra coisa, que no caso está relacionado e uma das que mais me intrigaram e continuam me intrigando é que umas das condições da relatividade geral é que o tempo é afetado pelo campo gravitacional, então para mim, isso é algo muito absurda, porque denota que o tempo e espaço estão muito ligados, por isso que a consequência é de você estar no nível do mar, tipo lá o tempo passa de um jeito, e se você está no topo das montanhas o tempo passa de outro jeito, porque ele é afetado pela massa, a gente poderia dizer né, pela massa do planeta, eu acho isso uma ideia muito absurda, então, tipo relacionar é... gravitação, campo gravitacional com o tempo, eu acho que é uma abstração muito gigante que assim, é...

Isso tudo você não estudou em nenhuma disciplina né? Você leu por conta?

É.

E esse tempo aí é diferente do tempo de Newton?

Isso, totalmente diferente, é outra coisa.

Você saberia falar qual é a diferença entre um e outro?

Então, que a diferença principal é que Newton entendia o tempo de forma absoluta né?! Então, o mesmo tempo que você mede é o mesmo tempo que eu meço e não, tipo, quando você diz que, quando você medir o tempo no nível do mar, se você estiver um relógio muito preciso que meça alguma coisa no nível do mar e comparar com uma medição feita nas montanhas, se você tiver um relógio muito preciso, você vai conseguir é, perceber, que há

uma diferença aí, então isso mostra que o tempo não é absoluto, então ele tem uma natureza diferente do que Newton concebia.

Entendi.

Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado? Como sua sociedade e cultura poderiam saber?

Ele sai daqui e vai para outro planeta é isso?! Ele vai para outro lugar?!

É, ele vai viajando numa velocidade altíssima no foguete pelo espaço.

Certo. É, pelo que eu conheço de relatividade, o tempo para ele passaria diferente, então no caso, ele estando na nave, para ele, o tempo ia tá normal, não haveria nenhuma alteração, agora se em algum momento, ele voltasse para a Terra...

Vamos supor que desse para comparar vai...

É, se tivesse como comparar, então como ele está em movimento em relação à Terra, então a gente diria que os tempos, eles são diferentes, então no caso, o tempo dele passaria mais devagar por conta do movimento que ele tem.

E você acha que isso do tempo passar mais devagar, você acha que é só teoria?

Eu acho que acontece de fato, eu acho que o problema está justamente em como a gente faz para deixar de ser só teoria, assim, eu acho que o esforço, o esforço que às vezes eu tento fazer é, do tipo, não assumir isso só como uma coisa teórica, porque isso é uma coisa que pode ser medida né, o problema é que as medições que são feitas são sob partículas e são intervalos de tempo que são muito curtos para a gente conseguir assimilar, geralmente, que nem no caso que eu te citei, a gente comparar uma medida que é feito no mar e nas montanhas, é um intervalo de tempo muito curto que você vai ter ali e isso num, é não é uma coisa perceptível, eu acho que se a gente pegasse duas gêmeas, e deixasse uma nas montanhas e outra na praia, por vários anos, eu não sei, seria uma maneira de colocar isso em termos mais concretos, mas eu não imagino que ia dar para observar uma diferença biológica entre os dois assim, tipo, que um estaria mais velho que o outro, entendeu?!

E assim, tudo bem, uma pessoa viajou próxima da velocidade da luz e nós ficamos aqui na Terra, aí o relógio para a pessoa passa mais devagar do que comparado com o nosso aqui né?!

Isso!

Mas você acha que existe um tempo no Universo, tipo um tempo como um todo que continua igual ou não?!

É, então, essa é a minha dúvida, porque...

Você acha que existe um tempo externo?

Então, essa é minha dúvida, eu tenho mais a tendência de achar que não, que é muito essa questão de cada um, é, cada um ter um intervalo de tempo próprio, que assim a única aproximação que eu consigo fazer de tempo físico com o tempo psicológico é que quando você mede o intervalo de tempo, quando você mede algum evento, você mede num sistema de referência que você tá, que na relatividade a gente fala intervalo de tempo próprio e aí eu acho que a única coisa que faz sentido com o tempo psicológico é isso, ou que talvez esse intervalo de tempo próprio representasse o tempo psicológico que você tem nesse referencial assim, tipo [pausa] mas para mim, a conceituação de tempo, ela, tipo, o tempo para mim é um conceito ainda, eu não consigo, não consigo afirmar com toda certeza que há algo intrínseco na natureza, porque aí é justamente o que você perguntou, se existiria um tempo único, eu acho que essa ideia de pensar em um tempo único é, é, seria a de voltar para a ideia de Newton de um tempo absoluto, eu acho que não tem isso.

Porque tem alguns alunos que falam que o tempo como um todo não muda, é o tempo externo, não é o tempo do relógio do astronauta...

Não, não é isso.

Você acha que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Ou pode ser curvo?

É, aí é relatividade né?! [risos] então, dentro da teoria da relatividade, considerando isso, eu afirmo que sim, que ele, é, assim, ele pode ser curvado é estranho, mas que ele é deformado, que ele pode se deformar, que é uma das coisas né?! Então, é... se ele tem forma é difícil, eu diria que assim, a gente às vezes fala que pode se deformar né?! Então quando ele se deforma a gente pode comparar isso com deformações no espaço então a gente fala que uma coisa tem, se mantém inalterada, e esse inalterado é o espaço tempo, que no fundo é uma conta que você tá fazendo, se o tempo aumenta, o espaço diminui, aí você diz que há uma constância aí, é, agora pensar numa forma para o tempo, isso, eu não consigo conceber, nem se ele se curvaria.

Nem por conta da ação da gravidade assim.

Então, aí pensando, aí nós pensamos só no tempo, mas pensando no espaço e no tempo, aí sim, aí o espaço e o tempo se curvam, dependendo da massa, ou da energia que tem no local né?! Que massa e energia é a mesma coisa, e outra coisa, um nó, mas sim aí nesse caso, pensando no tempo como uma coisa que não está isolada, no fundo algo que a gente poderia chamar de espaço tempo, aí esse espaço tempo, ele se curva, dependendo de onde ele está, uma coisa mais abstrata.

Com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Passado, presente e futuro?! Sim, é... então, pelo que eu sei, se você pega a mecânica newtoniana, as equações, elas não mostram, então, o que eu sei é que ela tem a noção de tempo absoluto, você faz as contas lá, é... o tempo poderia ir e voltar, não existe um sentido preferencial para o tempo, então essa ideia que a gente tem mais psicológica que o tempo está sempre indo para o futuro, na teoria newtoniana, ela não faz sentido, porque pelas equações você consegue inverter e ainda assim, as coisas, no fundo, a força, quando você calcula a força, invertendo o tempo, colocando o tempo negativo, a força continua sendo igual a MA, então a lei de Newton, ela não se valida né?! Agora, eu sei que o esforço que o “Bolstam” fez foi tentar é, usar a termodinâmica, a mecânica estatística para dizer que o tempo tem um sentido preferencial que aí, para fazer mais sentido para nós mesmo, que aí, a gente tem uma sensação psicológica que ele está indo sempre para frente e ele conseguiu, é mostrar que isso fazia sentido.

Você lembra de ter parecido em mais alguma situação?

É, então, é... [pausa] se não me engano, eu já li em algum lugar, quando... ah tá, tem uma coisa que eu já li que para mim não faz sentido nenhum, mas que eu sei que tem a ver com relatividade, é, aí eu só nunca vi nenhuma conta que mostrasse isso, nenhuma, tipo parte da relatividade, nenhuma equação da relatividade para mostrar isso, mas eu já ouvi, é, frases, coisas que eu li dizendo que se você conseguisse fazer um objeto ir além da velocidade da luz, aí seria possível você voltar para o passado, seria uma das consequências assim, uma coisa sabida pelos caras que estudam isso, para mim, não faz sentido nenhum, até porque só foi tudo teórico, não foi, não vi nenhuma conta nesse sentido, mas que falava assim que se você conseguisse é... fazer com que algum objeto superasse a velocidade da luz seria possível voltar no passado, então eu acho isso muito interessante, muito bizarro, mas agora, eu tipo, nunca fui atrás para ver qual o formalismo disso.

O tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida do ser humano? Para que serve saber tais interpretações do tempo?

Eu acho que traz uma qualidade, assim, a primeira coisa, eu acho que tudo isso daí e até a maneira que eu entendo a física é que isso pode trazer, é... a gente pode pensar num sentido mais concreto que é assim, você e a sociedade está aí, muitos avanços que foram feitos em tecnologia principalmente, foram feitos a partir de conhecimentos científicos, então,

geralmente, quando eu vejo alguém justificando estudar ciências é por conta das mudanças várias, remetendo muito à tecnologia, a importância de estudar ciências e que para mim, não é tão válido, para mim, o que faz mais sentido é, para mim, é estudar ciências justamente para você mudar o seu pensar, para você conseguir olhar as coisas de forma diferente mesmo, então você conseguir de ver as diferentes interpretações de tempo, mesmo na física, isso não vai garantir nenhum emprego diferente para você, não vai garantir nada muito, é... muito normal assim que a gente costuma associar com o conhecimento, associar com o conhecimento é tipo assim, você conseguir coisas, você, é, eu acho que é mais uma mudança no seu pensar mesmo, é isso daí seria mais uma, tipo achar isso bizarro, uma coisa estranha e que é interessante entrar em contato com isso, afinal foram pessoas que pensaram isso, você é uma pessoa, acho que faz, aí faz parte da cultura e aí quando você se apropria, você se sente mais humano.

[pausa]

porque você acha que o tempo se desdobra numa única ordem, do passado para o futuro?

É, por essa interpretação é isso, porque eu acho que tem um sentido, é, eu acho que isso tem um sentido, tipo dá um conforto psicológico para gente, porque psicologicamente, eu acho que a gente já associa isso, que as coisas já estão indo para frente, a gente tem uma certa sensação de que as coisas estão indo para frente e aí a teoria do Boltzman, tipo, é uma teoria física que meio que dá uma confirmação para isso, mas ela meio que entra em conflitos com outras.

Você acha que o tempo está relacionado à energia e sua conservação?

Hmmm [pausa] eu acho que tem uma relação com isso... hmmm... não consigo explicitar diretamente o que que é, por exemplo, a termodinâmica, a gente associa a passagem do tempo com entropia, entropia não é energia mas tem uma relação, é... e no caso da relatividade geral, o que a gente concebe isso como espaço tempo né?! Então, o espaço tempo, ele está intrinsecamente relacionado com a energia, então mudanças na energia afetam a estrutura do espaço tempo e vice versa, então eu entendo que tem sim, o tempo tem uma relação, pensando na ideia de espaço tempo, ele tem uma relação com a energia, mas em termos da conservação da energia que eu fico em dúvida assim, tipo...

Nos cursos não aparecem?

Enfatiza uma relação entre energia e tempo, eu nunca vi alguém enfatizando isso, não me lembro, mas eu, eu concebo que sim, tem uma relação.

Imagina que uma pessoa fala para você: “Ao seu lado o tempo passa mais depressa!”. O que ela quer dizer?

Ah [risos] é, então, das duas, mais depressa?! É como se fosse do seu lado o tempo passa diferente de onde você está né!?

Assim, na sua companhia, eu nem vejo o tempo passar, ou se ela pensasse na cadeira do dentista, o tempo passa...

Ah demora muito para passar...

Isso!

Ah! Muito interessante, é isso tem a ver com a ideia do tempo psicológico né?! E é muito interessante, eu acho que é assim, eu fico na dúvida, ou o tempo é uma criação, a gente cria para ordenar as coisas e fazer algumas coisas terem sentido, é literalmente uma criação, não existe de fato o tempo, ou se existe o tempo, isso tudo vai ter que ser sintetizado, então eu acho que se esse tempo, é uma coisa que tem uma forma intrínseca na natureza, eu acho que em algum momento vai haver uma síntese, e ela vai ser tanto no ponto de vista de sintetizar as teorias físicas delas concordarem uma com a outra do que é o tempo ou também ter uma relação com a psique, porque quando a gente vai falar, é para não deixar mais confuso, então a gente define que existe um tempo físico e um tempo psicológico, eu, tipo, coloco isso como

uma dualidade mesmo, ou o tempo não existe, ele é uma criação ou se ele existe, em algum momento, isso vai ter que ser sintetizado, então tem o tempo físico e psicológico, eles vão ter que ser interpretados, concebidos da mesma forma, é isso.

ESTUDANTE 16, ÚLTIMO ANO

Para você, o que é tempo?

Tempo?

[pausa] Tempo, tempo [pausa] marca, marca história, marca o crescimento, marca o desenvolvimento, tempo é o, é a... vai acontecendo, é difícil definir sem usar a palavra tempo, é complicado, é algo que passa, não tem retorno, e marca desenvolvimento, marca amadurecimento, transformações que não, não voltam. Para mim, o grande marco é esse, transformações que não tem como voltar, ou para o bem ou para o mal, aconteceu, e depois que aconteceu, virou passado e você não consegue mais acessar.

As pessoas da sua sociedade e cultura acham que o tempo é feito do que?

O tempo seria feito... ah, das vivências, do que aconteceu, seria meio como se fosse a história pessoal, muitas vezes acaba sendo atrelado a questão de, de compromissos, calendário apertado, de muita coisa para fazer, pouco tempo disponível, coisa assim, então, seria muito marcado por aquela questão de, da história pessoal e daquela questão de organização de... de eventos.

E você, você diria que o tempo é feito de alguma coisa?

Seria assim, montado em alguma coisa, se teria alguma estrutura?

É!

Não sei se ele chega a ter uma estrutura, mas eu, eu tenho a percepção que a gente consegue perceber, passando, mas, o que é esse algo que eu percebo passando, eu não sei definir.

E o que está passando?

É o que que tá passando, porque eu percebo que tá passando porque, aquela coisa, tem algo que tá distante, num futuro, logo chega, logo ficou pra trás, e, tá cada vez mais para trás, então tem essa percepção de que tem um movimento, tem uma dinâmica, tem alguma coisa que vai para frente, que não volta, mas, não sei definir o que é isso, é algo que realmente passa, mas, não sei se é, tipo, líquido, ou alguma coisa assim, que daria pra eu chegar lá e pega, eu acredito que não. Seria mais essa percepção muito mais abstrata, muito mais, né, porque eu tô mais organizando as coisas, eu que percebo as coisas acontecendo em volta.

Você acha que o tempo é uma ideia?

Então, nós temos uma ideia do que é o tempo, se ele apenas é uma ideia, não, não acho que seja apenas uma ideia, porque, mesmo coisas que não tem essa questão de ser e nem a pergunta, se tempo existe ou tempo não existe, sofre os efeitos do, do transcorrer, porque, ah, por exemplo, uma, alguma coisa que queima, o tempo passa, pode ser o tempo da minha visão, mas, ele também passou e ele me marcou, marcou a vela, marcou as pedras, que viram areia, foi uma... as coisas acabam sendo marcadas, então eu acredito que o tempo seja, real, não apenas uma ideia, mas cada um tem a sua ideia.

Ao longo da história, você saberia dizer como as pessoas compreendiam o que era o tempo, em termos de sua natureza?

Eu acho que o... hmm, eu acho que a única coisa que eu percebo de tempo assim, que foi percebendo, foi a questão de ajuste de... essa preocupação de ajuste com calendário, com data, com... mas muito mais uma organização do tipo, para manter, para você conseguir manter eventos e ter pessoas simultaneamente no mesmo momento do que realmente uma discussão mais profunda do que significa que seria o tempo ou não. Isso, eu acho que acabou por ficar restrito em alguns círculos, não numa sociedade como um todo, acaba criando um círculos de pessoas que se preocupam com esse tipo de, para pensar o tempo é ou não uma ideia, é ou não é real, acho que num contexto mais geral, ao longo da história, o tempo virou uma coisa de questão de organização de calendário do que alguma coisa como a discussão,

será que isso é algo abstrato, criado pela mente humana ou se ele é realmente um ente que veio da natureza e tá aí para gente.

Existem espécies de mariposas que vivem menos de 24 horas. A espécie humana tem capacidade de viver por tempo mais longo. Você acha que a nossa fisiologia e o fato de sermos humanos influi na nossa compreensão do que seja o tempo?

Sim, cada, cada um vai ter uma percepção, essa mariposa que tem o ciclo de vida de um dia, e a gente que tem um ciclo de, aproximadamente 70 anos, a gente tem uma percepção completamente diferente do que é um segundo, a gente define o que é um segundo como, uma coisa praticamente pequena, para quem tem um ciclo de vida de um dia, cada segundo é algo bastante, então o organismo mudou muito neste um segundo, enquanto o nosso, apesar de ter mudado bastante, a gente tem 70 anos pra continuar mudando, então, a percepção de como ele passa, se existisse, se existe uma consciência dentro da... acho que seria diferente.

E assim, se acha que, o fato que, a nossa biologia influencia no que é o tempo?

Não sei, acho que não seria diferente, porque a forma como a gente passou a perceber o tempo passou muito mais por coisas externas a nossa biologia, que a, a gente passou a perceber muito o tempo, por questões do tipo, dia, noite, chove, não chove, quente e frio, então se a gente de repente tivesse num outro planeta, numa outra estrutura, não tivesse um dia com, claro, escuro com a mesma proporção do que o nosso, talvez o nosso, o nosso dia, a nossa percepção de passagem também seria diferente, mas o biológico, não sei, se eu tivesse um rabo mudaria ou não a percepção de que, agora é um segundo, tipo, então mudou.

O tempo é independente do ser?

É, acho que mais uma coisa de fenômenos fora, ele existe e a gente percebe, a gente marca essa questão da passagem dele de acordo com questões externas, ficam só razoavelmente comuns a todos. Todos percebem o claro e o escuro, todos, eu to generalizando demais, mas, às vezes, a grande parte percebe o claro e escuro, isso é comum pra todo mundo, isso vai marcar o tempo, isso vai marcar que, um dia depois o outro, vai marcar uma estação depois a outra.

Sem relógios como você e as pessoas da sua sociedade e cultura poderiam medir o tempo?

Seria o mesmo, voltando aquela questão de claro e escuro, posição de outras coisas mais, definir bonitinho eu não sei.

Claro e escuro, posição de outras coisas, como assim?

Posição, do que a gente tem hoje é sol, né? Mas eu não sei se, tipo hoje, se eu ficar sem relógio, se eu tiver que me virar e olhar pro céu, não, não sei! Só sei que já passou do meio dia ou não passou do meio dia. Fazer, no máximo esse tipo de coisa, mas exatamente, sem relógio não, mas eu teria uma percepção mais ou menos, seria mais macro assim, do que eu ia saber. Eu não saberia que são duas e quinze, eu saberia que são mais de meio-dia.

Tá, e se não, se tiver totalmente escuro, como uma criatura da espécie humana, num local totalmente escuro, perceberia o tempo?

Perceberia o tempo? Aí fica mais difícil! Essa percepção de tempo muda, começa a se tornar uma coisa mais psicológica, ele sentiria vendo outras coisas acontecendo, ele ganha uma dimensão diferente, mas não sei o quão diferente isso seria.

Mas a pessoa consegue perceber o tempo, que está passando?

Consegue, consegue perceber.

E como ela percebe, assim?

[pausa]

Por exemplo, se eu te deixar aqui e fechar toda a sala, vedo tudo! Totalmente escuro, totalmente, te deixo aqui um tempão, você vai perceber que o tempo tá passando?

Vou perceber que o tempo tá passando, é teve um tempão, o quanto foi esse tempo, não sei se consigo definir, definir o quanto, o que daria era pela quantidade de hora, alguma coisa assim.

E como você percebe?

Meio que, eu acho que para mim é meio instintivo assim, eu tenho uma percepção, de coisas que eu faço, eu conto mais ou menos, eu demoro e isso acaba me dando essa percepção de quanto que é esse tempo, mesmo sem marcação externa.

por intuição?

Isso, é, instinto, intuição, algo nesse sentido.

Tá. E... e o tempo vale alguma coisa para você?

Vale?! Valor tem, tem sim, cada tempo é novo, ou já passou, algo que vai ficar para minha memória, coisas mais simples acabam se perdendo a longo prazo, vai, mas há vezes que acontecem e ficam, ficam na minha memória, isso para mim tem um valor, porque é minha história, é minha vivência, o que aconteceu comigo né? Foi o que me fez ser do jeito que sou hoje, foi de vivências passadas, construiu o que eu sou hoje, então tem um valor, tem um valor sim. Se fosse valor, em outra questão, para mim seria mais o lance da minha construção.

Tá, ah, legal e o que significa “aproveitar bem o tempo” para você?

Aproveitar meu tempo?! Ahhhh [pausa] Realizar atividades que eu gosto, que me dão prazer, fazer uma coisa que eu me sinta bem, então o tempo gasto nessa atividade, no que eu estou fazendo, que me dá um resultado positivo, que eu gosto, isso para mim é aproveitar o tempo, então fazer atividades do tipo obrigação, que eu não concordo, coisas que vão contra, uma coisa, um princípio que, alguma coisa que me incomode para mim é perder o meu tempo, to fazendo algo que não acredito, que não quero, que...passa a ser um perdi meu tempo.

Ahh, é...e assim, você já ouviu falar alguém, alguma faixa etária que considera aproveitar bem o tempo, porque às vezes a gente pensa, acha, é...você falou de aproveitar bem o tempo, é tá ligado à alguma coisa que te agrada, que você gosta de fazer né?! E, muitas vezes, as pessoas falam, para aproveitar bem o tempo tem que estar produzindo alguma coisa.

Sim, é comum, eu vejo muito isso, desse tipo...eu já cheguei a ter esse tipo de pensamento também, de produção, de pensar que, tem plano que te leva a algum lugar, que te faça alguma coisa, mas eu percebi que tenho meu ganho quando faço o que eu quero, porque eu, eu faço, eu continuo, vamos dizer assim, mais feliz, eu...é um ganhar de uma maneira mais subjetiva, eu tô ganhando porque eu não tô, eu tô fazendo o que tá legal, para mim eu tô produzindo, querendo ou não, alguma atividade, alguma produção, eu tenho, então, eu não me preocupo com a produção que eu tenho, eu me preocupo mais com a satisfação em ter que fazer. É mais nesse sentido, nessa questão do produzir, eu acredito que estou sempre produzindo, que estou fazendo alguma coisa, só não me preocupo muito se tem um valor agregado, que tem um valor dentro da sociedade ou que seja um valor meu, esses dois valores para mim não importam diretamente, o que importa é o que eu tava fazendo, a atividade que eu estava, foi algo agradável para mim.

E, assim, você sabe de mais alguém, algum grupo, comunidade, que não acha que o tempo precisa ser usado para produção...

Hmmm, alguns, o tempo...tem uma percepção parecida com a minha, de um grupo de amigos mais próximos, querendo ou não, o fato de como eu encaro as atividades, como eu encaro...o que eu faço, está diretamente relacionado com as pessoas que acabo criando vínculo, que acabam pensando de uma maneira razoavelmente parecida, muitos amigos que eu tenho também tem uma relação parecida com o tempo, se existe todo um grupo, toda uma sociedade que pense dessa forma, eu não sei dizer, nunca procurei, pesquisei, não chegou a ser uma questão que eu buscasse, que eu faça parte de um grupo que tenha os mesmos

caprichos, não, eu acabei me aproximando de pessoas que tem mais ou menos os mesmos hábitos e que acaba se encontrando para gastar esse tempo juntos.

Quem você acha que valoriza o tempo na sua sociedade e cultura?

Quem valoriza mais o tempo? Então, eu percebo mas não como um grupo de pessoas, mas eu vejo que pessoas mais velhas passam a valorizar mais o tempo que tem disponível, passam a trabalhar melhor, a buscar melhor o que tá acontecendo, então passa a ser uma coisa mais ligada a experiência e maturidade da pessoa do que realmente um grupo específico, é o que eu vejo né?!

Nas civilizações humanas ao longo da história, como o tempo era valorizado por elas?

Hmmm, do pouco que eu vi na questão de história, o tempo acaba tendo alguma criação, porque vários, pelo menos algumas civilizações mais politeístas, acabam criando uma entidade para o tempo, chegou a ser criado um deus, uma divindade para falar sobre isso então deve ter algum valor agregado, o quanto não sei, só sei que existiram os gregos, pelo menos, romanos, alguns da região mais nórdica, celtas, tinha uma coisa mais relacionada com o tempo, o quanto era importante, precisava do tempo, o que é o tempo não sei, mas precisava de um deus ou se era alguma coisa que realmente era valorizada ou com um deus.

Como o ser humano, como espécie, valoriza a questão do tempo?

Como espécie?! Ele valoriza muito mais a perspectiva quando percebe que o tempo dele está acabando do que realmente uma valorização nata dele, desde que ele tenha, que eu vou fazer isso, porque muitas vezes acaba nem percebendo a passagem do anos, a passagem do tempo que ele tem disponível, então ele acaba sendo relapso com o tempo que ele tem, para o fim da vida, ele começa a ser o mais produtivo possível, porque ele começa ter uma dor na consciência, pensando que não fez nada e que agora precisa fazer alguma coisa, não, você fez escolhas, você fez alguma coisa, depende do que agora você tá querendo produzir do que não foi produtivo, eu vejo muito assim, a pessoa sempre tem um acordo com o tempo, ela sabe o que está fazendo, só que essas questões, os valores, o quanto isso tem que ser o u não produtivo vai variando conforme a vida, o amadurecimento vai chegando.

Aí, o produtivo que você fala no sentido de fazer alguma coisa que agrada o cara né?!

É, o produtivo para mim é sempre seu agrado para o indivíduo, não o que é importante em valor monetário, não!

Durante sua vida de estudante, quais outros conceitos e conhecimentos estavam diretamente ligados ao tempo?

Tá ligado ao tempo? [pausa] Esses processos biológicos estão ligados ao tempo, a própria física tem a relação com o tempo, usa como uma medida para ver a dinâmica das coisas, como acontece um movimento, como se propaga uma energia, então o tempo tá relacionado aos eventos da natureza, então ele acaba tendo um valor dentro da física e mesmo dentro da psicologia, da filosofia, coisas que eu leio ao acaso, acabam tratando a questão do tempo, acabam se relacionando a ele, mas aquela pegada sobre os aspectos sabe?! Estados psicológicos de como encaramos o tempo, qual que é a perspectiva dele, mas eu acabei tendo mais contato com a parte física, ao tempo que passa, a velocidade que gera uma aceleração, potencia, então para mim o tempo acabou virando uma unidade de medida de algo que eu consigo calcular, fixo, um negócio que passa a ser algo mais frio com o passar do tempo.

Em relação aos conceitos físicos, você falou agora vários, velocidade e se for falar qual que está ligado ao tempo, aí você falou velocidade, aceleração, potência, é...

Coisas que acabam tendo alguma variação, coisas que tem variação acabam tendo alguma relação direta com o tempo, então tem exemplos na mecânica, tem exemplos em outras áreas da física, eletromagnetismo, termo, então todos eles acabam caindo sempre, mais ou menos, na mesma coisa, de fluxo, de continuidade, de mudança.

Considere a seguinte situação: um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial muito distante da Terra a uma velocidade extremamente alta. O tempo seria modificado?

Então, dentro do conceito de relatividade, a gente tem aquela questão que quanto maior a velocidade tem uma dilatação do tempo, então teria uma percepção de passagem mais lenta, mas eu não sei se a pessoa que tá dentro dessa alta velocidade tem essa percepção à ela, ou para ela a coisa está acontecendo como sempre aconteceu e simplesmente alguém q tá vindo de fora acha que para ela está vindo ao contrário.

É, porque dá para comparar! Então, para ela o tempo passa mais devagar?

Sim, ela teria um alongamento, o que a gente tem um segundo aqui, seria dois, três, quatro, dependendo de como tá..

Dois, três, quatro o que?

Segundos.

Ahh, tá.

Um para quatro, um para cinco, dependendo de quanto, isso é meu conhecimento de relatividade já saindo, sem mesmo pensar muito, sem pensar muito na questão, já saindo assim. Meio que, não sei se tem, tem uma análise própria que eu acredito que seja verdade, mas, eu já tenho uma ideia mais formada sobre isso, então não passa a ser mais uma questão de análise de percepção, mas já...isso aqui já acontece, porque já tem velocidade, é algo mais estrutural.

Ah, entendi. Você acha que essa coisa do tempo passar mais devagar para o sujeito que está viajando mais próximo da luz é, isso acontece mesmo ou é mais teórico?

Então, eu acredito que aconteça sim, por causa que a luz, é o...o fluxo de informação viaja com a velocidade da luz, então teria como ter tanta informação acumulada nele se ele está viajando a uma velocidade próxima da luz, então ele tem um ritmo menor de informações acontecendo para ele do que para mim que não estou em uma velocidade tão grande, então eu acredito que seja verdade, no meio, aí já passa um aspecto mais abstrato meu, como um fluxo de informação, eu tô, para mim, as informações estão, correm de uma forma muito mais farta do que para ele que tem uma limitação, porque eles não conseguem ter, essa informação não consegue se expandir tanto porque não tem como ser propagada, porque “energia” para isso acontecer está sendo usada para ele.

Ai o tempo aqui na Terra estaria passando como?

Isso, mais devagar, aqui na Terra não seria alterado, seria uma percepção natural que já existe desse tempo, que nós já criamos da...de quanto dura cada unidade desse tempo, para gente não teria essa alteração, o que teria seria nós percebendo que para ele a coisa acontece numa câmera mais lenta.

Você acha que existe um tempo no universo, assim o tempo como um todo continua igual, só mudou o dele?

[pausa]

Eu acho que tem uma alteração no dele, justamente por estar nessa velocidade tão grande, porque eu acredito que existe uma fronteira onde existe o tempo que seria essa coisa da expansão do universo, ou seria a “fronteira” lá seria sempre o tempo inicial, e tudo que está para dentro seria o tempo diferente, então como ele está numa velocidade da luz, ele está atravessando uma região que tem muita informação, e como ele está atravessando muito rápido, ele não tem acesso à ela, então para ele o tempo realmente tá passando de uma forma diferente.

Você diria que o tempo tem forma? Ele pode ser esticado? Pode ser curvo?

Forma? Forma, não sei. Forma, não, não tem. Eu percebo ele como um fluxo, não percebo ele como tendo uma forma, ou esse passar sendo um determinado modo, só consigo perceber

ele passando, consigo perceber que ele passe e que tenha velocidades diferentes esse passar. Forma redondo, quadrado, triangular, não...não vejo.

E com relação ao passado, presente e futuro, como você considera que eles aparecem dentro das teorias da física?

Eu acredito que sim, porque passado é uma informação que já existe, futuro é algo que tá em construção, o presente é o que estou desenvolvendo, o agora é onde eu tenho possibilidades de escolha, o passado foi o que eu já fiz, já... a informação que já existe e o futuro é uma página em branco, então você vai lá construindo, fazendo as coisas, onde você vai chegar nesse futuro não tem muito como saber ainda, são os caminhos, as ações que você vai tomar até chegar nesse futuro, você pode prever alguma coisinha do tipo daqui dois ou três anos, eu vou estar morando em outro lugar, mas você não consegue saber se a casa que você vai estar morando vai ser uma casa amarela, vermelha, verde, você pode conseguir pensar que daqui uns anos você vai estar morando em algum lugar.

É...e você acha que esse tempo que você aprende na física, nas diferentes disciplinas, é útil para a vida do ser humano? Tem utilidade aprender o tempo nas várias matérias?

Como aplicação pratica, eu não vejo tanta não, mas eu acho bacana essa questão de conseguir a abstração, porque para mim o que mais diferencia os seres humanos de outros seres que habitam no mesmo planeta, é que a gente tem essa capacidade de abstrair, de olhar para alguma coisa e conseguir pensar nela, fazer o modelo, compreender o que está acontecendo e não apenas visualizar e dizer que foi bonito, foi feio, foi relevante ou não, se eu conseguir fazer uma análise, compreender, ter essa questão de critica, então pensando que esse é o grande diferencial do ser humano, aprender como uma abstração, entender qual é a definição do tempo dentro de uma ciência, eu acho, eu acho bacana, se tem uma utilidade pratica, “ai eu consigo fazer um método melhor para fazer alguma coisa”, eu não acredito, não vejo muito, mas eu acho que vale a pena o tempo por causa dessa ampliação de... de consciência, da capacidade de análise da minha capacidade de análise dentro do mundo que eu vivo.

E...você acha que o espaço e o tempo estão relacionados dentro das teorias da física?

Espaço, tempo, eles sempre estivera, relacionados, pensa-se que ele era, que eles eram isolados, independentes, depois colocaram dentro do mesmo pacote, transformando espaço, tempo em alguma coisa, como quatro direções, no fim, todos eles sempre estiveram atrelados, só que de maneiras diferentes, porque querendo ou não para você ter o encontro de alguma coisa não basta só ocupar o mesmo lugar, tem que estar no mesmo lugar ao mesmo tempo para ter realmente a questão do encontro, então essas questões de tempo e espaço, eu vejo que antes eram tratadas separados mas muito mais porque não tinha a percepção de que eles eram uma coisa una, única, e com o desenvolvimento, percepção melhor da natureza que cerca, finalmente chegaram nessa questão que é uma coisa, eles andam juntos mesmo, então se você estica um, você puxa o outro, então eu acredito que eles sejam uma coisa única, mais nesse sentido de acreditar que eles são entidades diferentes, mas se comportam de maneira junto.

Você falou que o tempo vira uma dimensão né?!

Isso.

O que você acha, como assim o tempo uma dimensão? Como você entende isso?

Eu entendo como o...uma...uma complementação, existe a área ou o espaço onde os eventos acontecem, mas o evento acontece em um determinado momento, então o tempo acontece dependendo da ação e de quando esse evento está acontecendo, é como se fosse o tabuleiro onde isso acontece, então o tempo marca quando esse evento acontece, e o espaço é esse tabuleiro onde está acontecendo.

Porque você acha que o tempo se desdobra numa única ordem, sempre passado, presente, futuro?

[pausa] porque que ele vai... então, algo, eu entro muito no campo, vejo, vejo como um...uma evolução, atos que você fez, coisas que aconteceram geram efeitos que você não tem mais como controlar, você cria alguma coisa que você propaga no espaço, como você não consegue recuperar todo o potencial de coisas que você fez, então por isso que ele corre sempre em um único sentido, é mais por essa questão que você teve uma ação que foi por um determinado tempo, mas consegue juntar de forma completa todos os elementos para fazer com que eles voltem e você tenha de repente, ou fazer de outra forma, ou simplesmente repetir.

O tempo pode ser alterado?

É, ele vai, ele segue o fluxo, eu não acredito que ele possa ser mudado, o máximo que eu consigo acreditar é que você possa de repente rever como nós no cinema, a gente consegue ver o que tá acontecendo, mas a gente não consegue interagir com o que acontece lá, como isso seria possível, não sei.

Mas e mudar a passagem do tempo?

Acelerar ou diminuir o ritmo?

É.

A gente consegue, tem aquela questão, por exemplo, que a gente falou agora a pouco, da, de viajar em outras velocidades, da questão do que eu falei agora a pouco do limite, do que seria uma borda no universo, que estaria sempre no tempo zero, eu vejo como isso, tipo ele tem uma estrutura que passa de uma maneira contínua, mas ele tem, teve sim, começo e acredito sim que terá um final, não existe nada que tenha uma pilha eterna, vamos dizer assim.

Você acha que o tempo teve um início, teve um fim?

Eu acho que sim, teve um início, eu acredito também que teve uma coisa assim, que ele seja meio que, que volte, que seja uma coisa razoavelmente simples, percebe ele daqui da Terra, eu percebo dia, noite, dia, noite, então só que essa questão do tempo, a grandeza como um todo, ele deve ter uma proporção tão maior que não consigo enxergar como é o ciclo dele, então meio que isso é meio que uma visão que tenho dele.

E a humanidade, você acha que a humanidade pensa dessa forma?

Eu não sei se muita gente compartilha dessa forma, do mesmo pensamento que o meu, eu já ouvi falar muitas vezes que o tempo vai ser contínuo e infinito, é que eu tenho muito problema em dizer que alguma coisa vai ser realmente infinita, acho que é presunção demais dizer que uma coisa será infinita, é muito poder, uma coisa não humana, natural, tem muito poder, eu acho que não exista algo tão forte, mesmo na natureza, ser algo muito poderoso, então o tempo será uma coisa muito poderosa que marca a evolução de tudo que tá dentro desse espaço, então é muito! Eu não consigo ver, não sei se é uma questão minha, de achar que tudo tem que ser finito porque eu sou finito, mas...não que seja nesse sentido.

Você acha que o tempo está relacionado à energia e sua conservação?

Eu acredito que tenha relação sim, porque como ele marca a passagem, ele marca o, a... o encadeado desses eventos, como ele marca a questão da revolução de um determinado sistema, ele também da relacionado de como os eventos acontecem, deles poderem acontecer, então tem sim uma... uma relação entre as duas coisas, um fluxo tá próximo do outro, eles coexistem e se relacionam de alguma forma.

[pausa] E com a termodinâmica, você acha que o tempo é parecido?

Eu acho que a termodinâmica, ele aparece de forma mais implacável, que é onde você percebe que existe um sentido único, onde você percebe que uma ação aqui você não consegue voltar atrás, você alterou o sistema de uma forma definitiva, por mais que seja um negócio pequeno, de uma forma meio que incontrolável, se o homem tem a temperatura dele, eu mudei o estado inicial dele, ele nunca mais vai ter a mesma forma que ele tinha antes, eu posso voltar, ter a mesma quantidade de energia que tinha antes, posso voltar a ter a mesma temperatura, mas as minhas, as minhas partes vão estar distribuídas de outra forma, energia

vai tá distribuída de uma forma diferente lá dentro, não vai ser mais aquilo que foi há tempos atrás, eu posso até voltar a ter a mesma quantidade total, mas como isso está distribuído lá dentro não!

E essa ideia, de que tipo esse celular, ele pode se espatifar, mas não se desespatifar né?

Isso, ele não consegue voltar e se remontar. Eu sei que uma vez que o negocio aconteceu, a informação foi, você não tem como voltar, alguma coisa se perde nesse momento, que você não tem o vínculo para trazer de volta, fazer o caminho de volta, você consegue ver os rastros do que aconteceu e entender o que está acontecendo, mas você não consegue voltar de forma que “ah, vou consertar isso voltando.” Não, você teria que fazer esse conserto de outra forma, para que esses eventos, então no futuro vão estar consertados, mas não porque você voltou para forma não quebrada.

Isso aí a gente vê em termodinâmica né?

É, essa questão da coisa que depois que aconteceu, você pode até tentar voltar, mas você tem um gasto disso também.

Imagina que uma pessoa fala para você: “Ao seu lado o tempo passa mais depressa!”

Como você a interpreta?

[pausa] Ahhh, existe uma subjetividade quando a gente fala do tempo, eu acredito, eu vejo que existe um tempo que é contínuo, passa sempre da mesma forma, mas a minha percepção de tempo altera muito com a...com o prazer, quando eu faço alguma atividade, coisas que você faz de bom grado, ou quando você tá com alguém que realmente te agrada, você não sente esse tempo passando, você está tão atento à outras coisas, que o tempo passa a ser uma coisa secundária, já que você tá fazendo uma coisa que você não quer, o tempo passa a ser uma coisa primordial, que você quer que acabe, então no primeiro momento que você puder falar “não preciso mais fazer isso”, você simplesmente vai deixar, então o tempo passa a ser uma coisa que você presta muita atenção, então você vê o passar dele de uma forma completa, já quando você está fazendo outras atividades, você não, não está pensando nele, você não vê ele passando, mas ele está lá, acontecendo.