UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Biociências

Faculdade de Educação

Paulo Henrique de Souza

**Epistemologia e cultura no ensino de física:
desvelando os conceitos de tempo e espaço**

São Paulo

2014

PAULO HENRIQUE DE SOUZA

**Epistemologia e cultura no ensino de física:
desvelando os conceitos de tempo e espaço**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. João Zanetic

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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

Souza, Paulo Henrique de

Epistemologia e cultura no ensino de física: desvelando os conceitos de tempo e espaço. São Paulo, 2014.

Tese(Doutorado)– Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr.João Zanetic

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Perfil epistemológico; 3. Cultura; 4. Bachelard e Freire; 5. Tempo e espaço.

USP/IF/SBI-025/2014

AGRADECIMENTOS

Talvez seja uma tarefa tão difícil quanto a pesquisa, a de dimensionar e lembrar as pessoas que foram importantes e fazem parte deste trabalho. Traduzir isso em palavras também é muito difícil, porém nunca podemos deixar de fazer.

Como cristão que sou, agradeço a Deus pela vida, saúde, equilíbrio e paciência tão necessários em nossos dias, marcados pela falta de tempo e espaço nas relações profissionais e pessoais.

Agradeço ao meu amor, à minha flor, à minha vida, à minha amada esposa Mariangela que, desde o dia em que a conheci, ainda como amigos, há mais de 20 anos, sempre me incentivou a estudar. A ela eu devo cada folha escrita, cada leitura realizada, cada entrevista feita, cada reflexão compartilhada. Sem ela eu nunca conseguiria concluir essa etapa da minha vida.

Agradeço aos meus amados filhos, que imprimem vida na minha vida. Ao meu amado filho Sávio, pela sua simplicidade, humildade, sabedoria e pelo carinho em cada dia, que se traduziram em estímulo. À minha amada filha Laura, pela pureza, pelo companheirismo, pela inteligência e dedicação, que sempre me orientaram. À minha amada filha Lara, pela inocência, pelo olhar amoroso, pela renovação, que me encheram de esperança. Cada tempo de realização deste trabalho a eles pertencia e foram, na alegria de seus olhares, fraternamente doados a mim. O olhar e o carinho de cada um deles sempre foi o meu conforto nas dificuldades e estímulo em cada recomeçar.

Agradeço ao meu pai Ademar e à minha mãe Eva, que mesmo à distância e sem talvez entender exatamente o que eu tanto lia e escrevia, são os grandes responsáveis pelas oportunidades de estudo, fazendo muitos sacrifícios pela minha vida e educação. A eles sou grato para todo sempre, pelo amor, pelo exemplo e dedicação.

Agradeço ao meu sogro Marcelino, à minha sogra Maria Luiza, minhas cunhadas Marília e Márcia, que sempre me apoiaram e ajudaram nas dificuldades. A eles a minha eterna gratidão.

Agradeço ao meu orientador e amigo João Zanetic, pela oportunidade e confiança, pelo apoio incondicional, pela amizade e paciência. Com ele, entre outras muitas coisas que são impossíveis de descrever, eu aprendi que a simplicidade e a autenticidade são duas "pedras preciosas" da formação humana.

A minha gratidão à professora Maria Regina, incentivadora e amiga, que me resgatou para esse caminho lá no final da graduação, levou-me a conhecer pessoalmente

o professor João Zanetic, e sempre e incondicionalmente torceu por mim. A ela o meu carinho e a minha admiração.

Agradeço à Giselle Watanabe, grande amiga de caminhada desde a graduação até a pós, pela amizade, pelo apoio e pela torcida. Ela também faz parte deste trabalho.

À professora Maria Eduarda da Universidade de Lisboa, que acolheu a mim e a minha família com muito carinho durante o meu estágio em Portugal. Agradeço pelas orientações e indicações sempre úteis e relevantes. Torço muito pela sua recuperação. Ainda em Portugal, agradeço à professora Maria Tereza Lino, da Universidade Nova de Lisboa, orientadora de pós-doutorado da minha esposa que, embora seja de outra área, sempre me incentivou e apoiou.

Agradeço a todos os amigos do IFUSP e, em especial, aos do grupo de estudos do professor Zanetic. Ainda que nos últimos meses estivesse distante, sou muito grato às observações e discussões em grupo. Cabe aqui um agradecimento ao Alexandre Bagdonas Henrique pelos auxílios nos relatórios e projetos de bolsa, quando ainda eu estava em Lisboa.

Agradeço aos professores André Ferrer Martins e Luis Carlos de Menezes, exemplos de profissionalismo, pelas orientações e observações, sempre relevantes e pertinentes, no exame de qualificação.

Agradeço à direção, à coordenação e a todos os professores das Faculdades Integrada de Guarulhos, Colégio Integrado de Guarulhos e Colégio Parthenon de Guarulhos pelo apoio e incentivo. Em especial ao professor Sandro Mendes, do colégio Integrado de Guarulhos, pelo apoio nas atividades de sala, e aos professores Edson Nakamura e Leonardo Testoni, do colégio Parthenon de Guarulhos, pelo incentivo e apoio e a professora Monica pela ajuda com o abstract. Agradeço também a todos os meus alunos dessas instituições, de todas as épocas, em especial aos que participaram da pesquisa. A eles o meu muito obrigado.

Agradeço aos professores que fizeram parte da banca de defesa, por aceitar o convite e pelas observações sempre pertinentes.

Agradeço à Capes pelo apoio financeiro por meio da Bolsa de estágio de doutoramento em Lisboa e pela cota institucional.

Dedico este trabalho à minha esposa Mariangela, ao meu amado filho Sávio e às minhas amadas filhas Laura e Lara. A eles, que dão sentido a tudo, a minha admiração, o meu amor e a minha eterna gratidão.

Insistimos no fato de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. É essa dupla particularização que torna um perfil epistemológico interessante para uma psicologia do espírito.

Gaston Bachelard

Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico porque um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estágios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos.

Gaston Bachelard

Descobriria que tanto é cultura o boneco de barro feito pelos artistas, seus irmãos do povo, como cultura também é a obra de um grande escultor, de um grande pintor, de um grande místico, ou de um pensador. Que cultura é a poesia dos poetas letrados de seu país, como também a poesia de seu cancioneiro popular. Que cultura é toda criação humana.

Paulo Freire

Nada ou quase nada existe em nossa educação, que desenvolva no nosso estudante o gosto pela pesquisa, da constatação, da revisão de achados... o que implicaria no desenvolvimento da consciência transitivo-crítica. Pelo contrário, a sua perigosa superposição à realidade instensifica no estudante a sua consciência ingênua.

Paulo Freire

RESUMO

SOUZA, Paulo Henrique. **EPISTEMOLOGIA E CULTURA NO ENSINO DE FÍSICA: DESVELANDO OS CONCEITOS DE TEMPO E ESPAÇO**. 2014. 374f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2014.

Este trabalho tem por objetivo principal investigar a relação entre epistemologia e cultura no ensino de física. Para isso, estudamos dois conceitos de base, tempo e espaço, nos seus aspectos multiconceituais e culturais. Como referência para esse estudo, utilizamos as noções de perfil e obstáculo epistemológico propostas pelo epistemólogo francês Gaston Bachelard. Em sua obra *A filosofia do Não*, ao propor e analisar seu perfil epistemológico do conceito de massa, Bachelard utiliza, nas explicações das diferentes escolas filosóficas que o formam, elementos próprios da sua cultura como, por exemplo, a conduta da balança, identificada com o seu trabalho nos correios e no laboratório de química. No entanto, não se aprofunda nem define a noção de cultura que utiliza. Sendo assim, adotamos a ação cultural freireana como o nosso referencial cultural, pois entendemos que a cultura como criação humana nos possibilita uma análise do perfil epistemológico mais ajustada com a proposta bachelardiana. Além disso, os níveis de consciência apresentados por Freire são referência para a nossa análise da presença da física na cultura, algo que também está em nosso objetivo. O estudo empírico, que tem na construção do instrumento de coleta de dados um dos nossos desafios, foi realizado em duas instituições da cidade de Guarulhos, uma de nível básico e outra de nível básico e superior. Foram 150 estudantes participantes da atividade de sala de aula, na forma escrita, sendo que 25 deles foram entrevistados. Por fim, destacamos o potencial do perfil epistemológico na análise das concepções de tempo e espaço que identificamos nesse estudo empírico, assim como a presença e influência da cultura como elemento importante na constituição dessas concepções, além da presença da física nas áreas racionais desses perfis.

Palavras-chave: Perfil epistemológico, ação cultural, Bachelard e Freire, tempo e espaço.

ABSTRACT

SOUZA, Paulo Henrique. **EPISTEMOLOGY AND CULTURE IN PHYSICS TEACHING: UNVEILING THE CONCEPTS OF TIME AND SPACE**. 2014. 374f. Tese(Doutorado). Universidade de São Paulo, 2014.

The main purpose of this research is to investigate the relation between epistemology and culture on the physics teaching. To show this, two concepts of base, time and space were studied on its cultural and multi-concept aspects. As a reference to this study, notions of profile and epistemological obstacle were used. In his work, *The Philosophy of No*, when the concept of mass was proposed and analyzed, Bachelard uses, within explanations of different philosophical schools which he was formed, elements of his own culture, as for example the conduct of the identified balance with his work on the post offices and chemistry labs. However, the cultural notion is not clearly taken further. So Paulo Freire's cultural action was adopted as a cultural reference, because our understanding is that the culture as human creation enables a profile analysis more focused with Bachelard's proposal. Besides, the levels of consciousness presented by Freire are reference to our analysis of the presence of physics in culture, which is also the aim of our work. The empiric study, which is one of our challenges, was made in two schools in the city of Guarulhos, one basic level and another one basic and superior levels. A total of 150 students took part on written form, but only 25 were interviewed. In the end, it is important to emphasize the epistemological profile in analyzing the concepts of time and space that were identified in this empiric study, as well as the presence and influence of culture as an important element on the constitutions of these conceptions, and the presence of physics on rational areas of these profiles.

Keywords: Epistemological Profile, cultural action, Bachelard and Freire, time and space

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1. EPISTEMOLOGIA, FÍSICA E CULTURA	19
1.1 A epistemologia de Gaston Bachelard: eixo condutor	20
Visão geral.....	20
Obstáculo e perfil epistemológico	24
O racionalismo aplicado e o materialismo técnico.....	38
A "pedagogia" de Bachelard.....	43
1.2 Cultura e educação em Paulo Freire	47
Educação freireana	47
A ação cultural.....	58
1.3 A física na cultura.....	65
A Influência na tecnologia.....	66
A influência na literatura	70
2. PESQUISA, EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE FÍSICA	82
2.1 O ensino de física: reflexões e iniciativas	84
Aspectos gerais	84
Epistemologia e história da ciência	94
Educação dialógica.....	103
2.2 A pesquisa em ensino de física.....	106
Linhas de pesquisa: breves reflexões	106
Epistemologia de Bachelard e a pesquisa.....	117
3. O CONCEITO DE TEMPO E ESPAÇO: FÍSICA E CULTURA	126
3.1 A física clássica	128
Algumas concepções gregas e medievais.....	128
A mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo.....	137
3.2 A física contemporânea	158
Relatividade e cosmologia.....	158
A mecânica quântica.....	166
3.3 Dimensão cultural e empírica	171
Sociedade e cotidiano	171
Instrumentos de medida.....	178

4. PERFIS EPISTEMOLÓGICOS E A CULTURA.....	187
4.1 Categorias e instrumento de coleta de dados.....	189
Categorias epistemológicas e culturais.....	189
O instrumento de coleta de dados.....	196
4.2 Obtenção de dados e caracterização	199
As Instituições	199
As atividades e seus participantes	202
4.3 Atividades de sala de aula: análise e discussão	207
Bloco 1: Conceito de tempo e espaço.....	207
Bloco 2: Práticas culturais.	236
4.4 As entrevistas: apresentação e análise	239
Parte 1: A cultura.....	242
Parte 2: O conceito de tempo: escolhas das figuras	272
Parte 3: O conceito de espaço: escolhas das figuras.....	289
4.5 Discussões dos resultados: epistemologia e cultura	308
Os perfis epistemológicos.....	309
Obstáculos epistemológicos	320
Cultura e o perfil epistemológico: discussões e possibilidades.....	322
DESVELANDO E CAMINHANDO	338
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	343
APÊNDICES	356
ANEXOS	370

INTRODUÇÃO

Pensando no caminho que nos levou a construir esta tese, merecem destaque alguns elementos que determinaram e influenciaram o trabalho. Na pesquisa de mestrado, que é o primeiro elemento que destacamos como influência nesta tese, buscamos estudar o conceito de tempo, tendo motivações que surgiram da experiência docente, a partir do referencial bachelardiano e com um olhar sobre a cultura. Além disso, a inspiração para essa pesquisa, inicialmente, teve a influência dos trabalhos de André Ferrer P. Martins (1998 e 2004), respectivamente dissertação de mestrado e tese de doutorado, que em suas observações sobre a continuidade da pesquisa, em relação ao perfil epistemológico, afirmava que:

[...] Vinculados a isso temos uma quarta questão a explorar: a relação entre o perfil e a cultura. Esse ponto, para o qual, deliberadamente, demos pouca atenção ao longo do estudo, abre novas possibilidades de investigação e de interpretação, tanto das concepções dos estudantes quanto da própria ideia de perfil. (Martins, 2007a, p. 251)¹

Na introdução desse mesmo livro, Martins reforça a necessidade da continuidade da pesquisa sobre o conceito de tempo sob o olhar da cultura. "Considero necessária a tarefa futura de complementar esse estudo, fazendo com que o aporte cultural seja incorporado, e possa clarear ainda mais o processo de construção do conceito de tempo." (Martins, 2007a, p. 12).

A partir dessa referência, sob a orientação do professor Zanetic, passamos a estudar Gaston Bachelard e, com a leitura do livro *A filosofia do Não*, percebemos diversas insinuações de Bachelard sobre a influência da cultura na formatação do perfil epistemológico. A seguir reproduzimos alguns trechos que consideramos mais significativos e alicerçam a nossa tese.

Mesmo numa ciência mais avançada, as condutas realistas subsistem [...] porque ele quer falar mais depressa regressando consequentemente às origens animistas da linguagem, porque não teme o perigo de pensar simplificando, porque na sua vida comum ele é efetivamente realista. (Bachelard, 1978a, p. 15 grifo nosso)

Insistimos no fato de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. É essa dupla particularização que torna um perfil epistemológico interessante para uma psicologia do espírito.

Para melhor nos fazermos compreender, comentaremos o nosso perfil epistemológico, fazendo uma curta confissão acerca da nossa cultura relativamente ao conceito que nos atrai a atenção

¹ A tese de Martins foi publicada na forma de livro pela Editora da UFRN em 2007

No nosso esquema reconhece-se a importância à noção racionalista de massa, noção formada numa educação matemática clássica e desenvolvida numa prática de ensino de física elementar. (Bachelard, 1978a, p. 25, grifo nosso)

[...] a noção de massa sob sua forma empírica. No que nos diz respeito, somos levados a dar-lhe uma importância bastante grande. Com efeito, a conduta da balança foi por nós muito praticada no passado. Foi na época em que trabalhávamos em Química e também numa época mais recuada em que pesávamos, com um cuidado administrativo, as cartas numa estação do correio. (Bachelard, 1978a, p. 26, grifo nosso)

Nesses trechos citados enfatizamos (partes grifadas) os aspectos que, a nosso ver, são apresentados por Bachelard como a influência da cultura na formação do perfil epistemológico, ainda que não apresente uma definição para o conceito de cultura. Portanto, tendo a inspiração de continuidade dada pelo trabalho de Martins, aliada às leituras de Bachelard, o principal objetivo desta tese foi investigar a relação entre epistemologia e cultura, a partir da construção do perfil epistemológico.

Por outro lado, é importante ressaltar que o perfil epistemológico refere-se a um conceito específico. Nesse sentido, esta tese estende o estudo iniciado no mestrado sobre o conceito de tempo, buscando uma maior profundidade na sua construção. Além disso, elementos da nossa vida cotidiana e, portanto, da nossa cultura, também influenciaram a definição temática da tese. Sobre esses aspectos faremos a seguir uma breve reflexão pessoal, com o intuito de ajudar no entendimento de algumas escolhas.

Durante o doutoramento estivemos em Portugal, para um estágio e estudo das obras de Bachelard com a professora Maria Eduarda dos Santos da Universidade de Lisboa. Nesse estágio, que durou seis meses, nossos filhos, de cinco e três anos na época, estavam conosco. Com o intuito de manter o contato com os familiares, utilizávamos o computador e programas de comunicação, como o Skype, que permitem, além da voz, o contato pela imagem. Certa vez, as crianças estavam conversando com seus avós e suas tias e viram, pelo computador, um dos seus brinquedos que ficara na casa dos avós. De repente, pediram para que as tias enviassem os brinquedos e, para nossa surpresa, colocaram a mão na tela com o objetivo de "pegar" o brinquedo. Essa atitude, "normal" diante da nossa vida contemporânea, recheada de tecnologias, nos conduziu a algumas reflexões. Como essa nova geração, crescendo com diferentes "ferramentas" culturais à sua disposição, conceberá o tempo e o espaço? Estávamos naquela oportunidade a muitos quilômetros de distância da casa dos avós e, no entendimento delas, a tela do computador era uma "porta" de acesso para o espaço lá deixado. Outra experiência cotidiana que gostaríamos de destacar, já aqui no Brasil, foi com as televisões digitais. Novamente as crianças, quando na casa dos seus avós foi instalada uma "televisão

digital" na sala, tendo uma "televisão analógica" na cozinha, brincavam de olhar um trecho do programa na cozinha e corriam para ver novamente aquele trecho na sala. Quando as crianças questionaram sobre essa diferença, as tias e os avós "brincavam", dizendo que a televisão da cozinha mostra o futuro e a televisão da sala o passado. Mais uma vez, fomos refletindo sobre essa realidade cultural nova na vida dessas crianças e na nossa também. O lapso de tempo entre as televisões ocorre devido à necessidade de conversão de sinal, mas se você perder um "gol" do time preferido ou parte da reportagem que estava assistindo na cozinha é só correr para a sala que conseguirá "ver o passado".

Portanto, a partir dessa experiência pessoal, adicionamos ao nosso estudo o conceito de espaço, entendendo-o também como uma noção de base. Acreditamos que seria importante e também revelador das relações entre epistemologia e cultura estudar os dois conceitos. Ou seja, buscamos estudar tempo e espaço, nos mesmos moldes estudados por Bachelard, para compreender os conceitos de massa e energia, que a seu ver são conceitos congêneres: "Para tornar mais claro o nosso método, apliquemo-lo ainda a uma noção congênere da noção de massa, a noção de energia." (Bachelard, 1978a, p. 26). Outro aspecto que influenciou a nossa escolha de conceitos para o estudo das relações entre epistemologia e cultura, também está na obra de Bachelard, pois:

[...] só depois de ter recolhido o álbum dos perfis epistemológicos de todas as noções de base é que se pode estudar verdadeiramente a eficácia relativa das diversas filosofias. Tais álbuns, necessariamente individuais, serviriam de testes para a psicologia do espírito científico. (Bachelard, 1978a, p. 28)

Mas, como já afirmamos, Bachelard insinua a relação entre epistemologia e cultura, porém não apresenta uma definição de cultura. Nesse sentido, buscamos um referencial cultural que pudesse compor as nossas referências de análise. Após a busca de referenciais na sociologia e na antropologia, que fazem estudos e análises extremamente relevantes sobre a cultura, com o receio de avançar a nossa reflexão sobre áreas que não dominamos, optamos por um referencial que já havíamos utilizado no mestrado, mas que não foi muito bem explorado. A obra de Paulo Freire possibilitou o uso de um conceito de cultura que julgamos mais adequado.

A cultura como o acrescentamento que o homem faz ao mundo que não fez. A cultura como resultado de seu trabalho. Do seu esforço criador e recriador. O sentido transcendental de suas relações. A dimensão humanista da cultura. A cultura como aquisição sistemática da experiência humana. Como uma incorporação, por isso crítica e criadora, e não como uma justaposição de informes ou prescrições "doadas" (Freire, 2006c, p. 116/117, grifos nossos)

Descobriria que tanto é cultura o boneco de barro feito pelos artistas, seus irmãos do povo, como cultura também é a obra de um grande escultor, de um grande pintor, de um grande místico, ou de um pensador. Que cultura é a

poesia dos poetas letrados de seu país, como também a poesia de seu cancionero popular. Que cultura é toda criação humana. (Freire 2006c, p. 117, grifo nosso)

É importante salientar que, embora Paulo Freire seja alguém conhecido na área de educação, sua proposta de teoria de conhecimento traz nas suas bases referenciais da antropologia e da sociologia, porém a construção volta-se para uma ação cultural que entende a educação como elemento fundamental. Sendo assim, a proposta freireana de acrescentamentos que o ser humano faz ao mundo que não fez, com um olhar que entende toda a criação humana como cultura, fornece um ajuste preciso com a epistemologia de Bachelard nos aspectos da "vertente cultural" que comentamos. Além disso, é importante destacar que existem muitos pontos convergentes, embora as propostas sejam distintas, entre a "pedagogia" de Bachelard e a educação dialógica freireana. Outro aspecto que destacamos é a proposta freireana de níveis de consciência. Embora tenha sido concebida com outros objetivos, nos inspirou como referência para analisar a inserção da física como um elemento da cultura.

Diante do objetivo principal que foi estudar a relação entre a epistemologia e a cultura no ensino de física, por meio dos conceitos de tempo e espaço, surgiu uma dificuldade que se tornou um também desafio. Ainda que a tese de Martins (2004) tenha nos inspirado e fornecido muitas possibilidades e caminhos para a abordagem do perfil epistemológico dos conceitos de tempo e espaço, seus objetivos eram diferentes e olhar o perfil a partir da cultura é algo que carece de outros trabalhos. Portanto, estudar e conceber um instrumento de coleta de dados para essa análise, também se constituiu em um dos nossos desafios.

Outro aspecto que também objetivamos evidenciar é a física como cultura. Se para Bachelard o caminho da ciência vai no sentido de um maior racionalismo, a identificação de um empirismo ativo, racionalismo clássico e surracionalismo, só ocorrerão se a ciência, e no nosso caso a física, for um elemento que fizer parte da cultura do indivíduo, ou seja, a física inserida na cultura poderá ser verificada também na análise dos perfis epistemológicos.

Nossa tese foi organizada em quatro capítulos, sendo que os três primeiros são teóricos e o último aborda um estudo empírico que realizamos. O primeiro capítulo foi concebido para apresentar a epistemologia de Bachelard, eixo condutor da tese, destacando seus principais aspectos e enfatizando relações entre epistemologia e cultura, além de breves reflexões sobre sua "pedagogia". Como referencial para o conceito de cultura, a educação dialógica e a ação cultural de Paulo Freire, se ajustam a

relação entre epistemologia e cultura que defendemos, e também são abordadas neste capítulo. A física compreendida como um elemento da cultura humana é apresentada em outra seção, sendo destacada a sua importância na tecnologia e a relação com outras áreas como a literatura, as artes e a música.

O segundo capítulo aborda o ensino de física, buscando olhar para a realidade da sala de aula, ainda que de forma geral, e destacando a importância da epistemologia e da história da ciência para um ensino de física de qualidade. Nessa linha, destacamos algumas ações e projetos de ensino, centrados na proposta freireana, que podem ser interpretados como exemplos de abordagens que buscam um ensino de qualidade. A pesquisa em ensino de física também é abordada brevemente nesse capítulo, priorizando um olhar a partir da epistemologia de Bachelard. Nesse capítulo discutimos nossa preferência pelo perfil epistemológico em relação ao perfil conceitual.

O terceiro capítulo apresenta uma reflexão sobre os conceitos de tempo e espaço na construção da física, com algumas breves reflexões sobre a relação da física com a história e a filosofia. A abordagem segue uma linha cronológica, ou seja, destacamos as principais concepções de tempo e espaço desde a Grécia clássica até as principais teorias da física clássica. Em um segundo momento, fazemos uma abordagem sobre a física contemporânea, representada pela relatividade e mecânica quântica. É importante salientarmos que fazemos uma abordagem conceitual sobre o tempo e espaço na física e, em outra seção, por questões de organização, os instrumentos de medida de tempo e espaço. Por outro lado, a característica multiconceitual e a cultural desses conceitos, que lhes são inerentes, nos direcionam para alguns "recortes", ou seja, deixamos de lado, por questões de objetivo do trabalho, muitas abordagens interessantes sobre esses dois conceitos. Além disso, também centralizamos a nossa reflexão sobre as concepções de tempo e espaço no pensamento ocidental que está mais alinhado com a abordagem da epistemologia de Bachelard (Martins, 2012).

O quarto capítulo apresenta o trabalho empírico de pesquisa sobre os perfis epistemológicos dos conceitos de tempo e espaço sob o olhar da influência da cultura. Nesse capítulo fazemos uma reconstrução do caminho que trilhamos até a construção do referencial teórico e do instrumento de coleta de dados. Além disso, apresentamos e analisamos 150 atividades escritas e 25 entrevistas realizadas com os alunos de duas instituições da cidade de Guarulhos, uma de ensino básico e outra de ensino básico e superior. É importante destacar a relevância da epistemologia de Bachelard, em especial as noções de obstáculo e perfil epistemológico, que foram importantes e reveladoras das

concepções de tempo e espaço dos alunos. Além disso, o referencial freireano também nos possibilitou analisar e perceber a importância da cultura, e a presença da física na constituição dos diferentes perfis que encontramos, embora o seu "traçado" efetivo não seja realmente possível nessas condições.

1. EPISTEMOLOGIA, FÍSICA E CULTURA

Inicialmente abordamos a epistemologia de Bachelard, porém, longe de ambicionar esgotá-la, pois somente esse tema mereceria uma tese, apresentamos o nosso olhar e os principais aspectos da sua obra, destacando as contribuições para nosso tema central, além de aspectos relevantes à natureza do conhecimento científico. Nessa construção destacamos algumas categorias do pensamento bachelardiano importantes para este trabalho, como: o conceito de obstáculo epistemológico, a noção de perfil epistemológico, o racionalismo aplicado e o materialismo técnico. É importante ressaltar a relação entre obstáculo epistemológico e perfil epistemológico, ou seja, o perfil guarda a memória dos obstáculos superados na evolução de um conceito. Além disso, Bachelard deixa clara, na análise do seu perfil do conceito de massa, a relação entre a componente epistemológica e a componente pessoal decorrente de suas diferentes atividades, insinuando assim a relação entre epistemologia e cultura, que se constituem no eixo condutor desta tese. No final do capítulo faremos uma breve reflexão sobre as ideias pedagógicas de Bachelard. O seu projeto pedagógico é construído em paralelo ao seu projeto epistemológico, sendo gerado com uma noção intrínseca de que a ciência tem de fazer parte da cultura geral, e a escola é o principal instrumento de inserção dessa vertente, chamada de ciência, da cultura humana.

A segunda parte desse capítulo é dedicada, também de forma breve, a discutir a educação freireana, sobretudo no aspecto dialógico e na função do professor como um provocador, um facilitador, alguém que faz parte do grupo de estudos e estabelece um postura de mediador. Além disso, Freire fornece uma definição de cultura alinhada com a ideia de inserção da física como mais um elemento formador da cultura da pessoa e da sociedade, assim como as artes, a religião, o esporte, entre outros elementos.

Por fim, a última parte do capítulo será dedicada à reflexão sobre a física como elemento que faz parte da cultura do indivíduo e da sociedade.

1.1 A epistemologia de Gaston Bachelard: eixo condutor

Visão geral

A obra de Gaston Bachelard (1884-1962), especialmente a vertente epistemológica, ficou por muitos anos quase desconhecida e ignorada dentro do campo dominante da filosofia da ciência. Na França o seu reconhecimento ocorreu há cerca de quatro décadas. Nos países de cultura anglo-saxônica esse conhecimento e reconhecimento são

mais recentes. Na edição alemã de 1978 do livro *A formação do espírito científico*, o sociólogo Wolf Lepenies manifesta a sua estranheza quanto ao desconhecimento da obra de Bachelard, pois a sua elaboração antecede em 20 anos a obra *A Estrutura das revoluções científicas*, que consagrou as principais idéias filosóficas de Thomas Kuhn (1922-1996) (Santos, 1989).

Por outro lado, mas com uma crítica semelhante, Schlanger (1979, apud Santos, 1989) considera surpreendente que Kuhn tenha ignorado a epistemologia de Bachelard em sua principal obra, apesar de mencionar entre suas fontes os livros de Helene Metzger (1889-1944)² também citados por Bachelard. Cabe aqui lembrar que no início da década de 1950, por sugestão do historiador da ciência Alexandre Koyré (1892-1964), que lhe deu uma carta de apresentação, Kuhn fez uma visita a Bachelard em Paris. Em entrevista concedida entre os dias 19 e 21 de outubro de 1995, a última antes de falecer, Kuhn relata a forma e o conteúdo desse encontro:

Entreguei a carta e fui convidado a ir até lá, subir as escadas. A única coisa dele que eu tinha lido era seu *Esquisse d' une probleme physique* [Esboço de um problema de física], acho que esse era o título. Mas eu tinha ouvido falar que ele fizera um trabalho brilhante sobre literatura americana, sobre Blake e outras coisas assim; supus que me receberia e que estaria disposto a conversar em inglês. Um sujeito bem corpulento, de camiseta, veio até a porta e me convidou para entrar; eu disse “Meu francês é ruim, podemos falar em inglês?”. Não, ele me fez falar em francês. Bem, a coisa toda não durou muito. Talvez seja de se lastimar porque, embora acredite ter lido um pouco mais do material relevante desde então e tenha reservas reais a seu respeito, ele era, não obstante, alguém que percebia, ao menos, um pouco da coisa. Mas ele estava tentando limitá-la demasiadamente... Ele possuía categorias, e categorias epistemológicas, e movia tudo em trilhos, sistematicamente demais para mim. Mas havia aí coisas a serem descobertas que não descobri, ou não descobri daquela maneira. [...]. (Kuhn, 2006, p. 344).

Ainda que bem sucintamente e nas entrelinhas Kuhn tenha dado algum valor às ideias de Bachelard, sua epistemologia tem seu valor reconhecido por outros epistemólogos. Chalmers (1985 apud Santos, 1989)³ considera a publicação do *Novo espírito científico*, em 1934 na França, um marco do mesmo nível da obra *Lógica da descoberta científica* de Karl Popper (1902 - 1995), publicada na Áustria no mesmo ano. Lecourt (1974) lamentou a demora na tradução das obras de Bachelard para o inglês e das obras de Popper para o francês, pois a abordagem de pontos semelhantes sendo confrontados enriqueceria ainda mais o debate epistemológico naquela época.

² Têm-se dúvidas sobre o ano de sua morte, pois ocorreu dentro de um campo de concentração nazista.

³ Chalmers, A. F. *What is this thing called science?* Philadelphia: Open University Press, 1985.

Em nossos dias, a obra de Bachelard⁴ ocupa lugar destacado na filosofia francesa e ainda crescente em todo o mundo. Sua crítica ao positivismo, utilitarismo e pragmatismo da época em que viveu, além da luta contra os discursos universalizantes, apontando sua epistemologia na direção de um racionalismo aplicado e de um materialismo racional, centrados nas propostas de continuidade e ruptura e de retificação dos erros, influenciou muitos pensadores contemporâneos. Entre eles destacamos: Koyré, Foucault, Deleuze, Althusser, Bourdieu, Lecourt, Dagognet, Canguilhem, Durand, Maffesoli, Morin, e muitos outros (Barbosa, 1993). É importante ressaltar que apesar da influência de Bachelard, esses pensadores produziram suas próprias teorias. “Bachelard anima uma filosofia da ciência tonificante que quer a aplicação, admite os obstáculos, vive de tensões, do dinamismo do trabalho e da dificuldade.” (Dagognet, 1980, p. 47).

Ao nos debruçarmos sobre a obra é difícil não associá-la com sua trajetória de vida. Porém, as suas ideias e propostas que, para um leitor desatento, parecem complexas, são o oposto de sua pessoa, ou seja, alguém de fácil trato, simples, alegre e gentil. “Não há correspondência entre as virtudes de uma vida e os valores de uma filosofia”, dizia Bachelard na sua obra sobre *Lautréamont* de 1939 (Japiassu, 1976, p. 17). Apesar desses cuidados, é possível olhar sua existência transpassando sua obra. A característica dual, trabalhando em vertentes aparentemente opostas, a científica e a poética, reflete um Bachelard de dois mundos diferentes e complementares. Tendo nascido no século XIX, em 27 de junho de 1884, na Champanha em Bar-sur-Aube, experimentou uma infância rústica de uma cidade do campo, levando consigo para uma Paris cosmopolita toda a experiência vivida próxima aos elementos da natureza. No fim dos seus dias, em uma Paris industrial, já no século XX, como um pensador solitário, viver era, sobretudo, ler.

[...] Diante da folha branca, sobre a mesa atafalhada, o filósofo realizava o sonho tantas vezes confessado: voltar a ser estudante, empreender longas viagens, acompanhar a ciência nas suas dificuldades; em suma, o pensamento dinamizava a sua vida e não o inverso. (Dagognet, 1980, p. 9)

Durante toda a vida, Bachelard viveu um turbilhão de acontecimentos, que podemos relacionar com uma polarização continuidade/descontinuidade. Trabalhou nos correios de 1903 até 1913 e, nesse ano, concluiu a Licenciatura em matemática. A primeira guerra mundial (1914-1918) interrompeu o seu plano de formar-se em engenharia.

⁴ No Apêndice A encontra-se uma lista das obras de Bachelard, epistemológicas e poéticas, publicadas em vida e após sua morte.

Diante da situação sociopolítica da época, em 1919 Bachelard inicia a sua carreira como professor no ensino secundário. Em Bar-sur-Aube teve a oportunidade de lecionar ciência de 1919 até 1930. Naquele contexto os professores eram destacados para lecionar diferentes disciplinas, e Bachelard foi, ocasionalmente, encarregado de lecionar filosofia. Como leitor voraz, dedicou-se aos estudos de filosofia e seguiu sua carreira como professor de filosofia e ciência, tendo autorização permanente a partir de 1922. Em 1927 defende sua tese de doutoramento *Ensaio sobre o conhecimento aproximado* e publica *Estudo sobre a evolução de um problema de física: a propagação térmica nos sólidos*. A Faculdade de Letras de Dijon o convida para lecionar em 1930, e em 1940 assume a cátedra de História e Filosofia da Ciência na Universidade Sorbonne. Nos anos seguintes publica uma vasta obra, inicialmente na vertente científica, conhecida como o Bachelard diurno, e posteriormente na vertente poética, conhecida como o Bachelard noturno. Dagognet (1980) emprega uma reflexão interessante sobre esses dois aspectos do trabalho do filósofo. Como o velho filósofo torna-se um jovem poeta? Apesar da aparente dicotomia das duas vertentes, ou seja, a consciência racionalizante e a consciência imaginante, Bachelard estuda a unidade do homem. “A filosofia bachelardiana está centrada na preocupação de desvelar o homem enquanto totalidade. Seu projeto: construir uma antropologia completa, descrever o homem na sua via onírica e na sua via intelectual.” (Barbosa, 1993, p. 4).

A grande preocupação de Bachelard na vertente científica é criar uma filosofia capaz de se adequar às ciências contemporâneas. Criticando a filosofia positivista da época devido à sua inadequação, ou seja, os conceitos científicos eram pensados como se as ciências contemporâneas não trouxessem nada de novo, além de refletir sobre uma ciência ideal que não existe (Japiassu, 1976). Bachelard posiciona-se contrário das várias “filosofias da ciência” anteriores e contemporâneas à sua obra, como o empirismo, o racionalismo tradicional e o positivismo. Também é contrário a outra corrente filosófica conhecida como espiritualismo que tem em Emile Meyerson (1859-1933) sua principal referência. Essa filosofia critica o positivismo e propõe que o saber científico é um prolongamento do senso comum. “Procura reduzir o diverso ao idêntico, acentuando a tendência para a constituição de invariantes no espírito. Vai mesmo ao ponto de se propor a deduzir Einstein de Newton [...]” (Santos, 1989, p.307).

Sendo contrário a essas correntes, sua perspectiva é um rompimento com as intuições e observações primeiras, ou seja, opõe-se ao empirismo em que a observação da “realidade” seria a base. Por outro lado, seu racionalismo é aplicado, diferente do

clássico, ou seja, cada proposta científica tem um racionalismo próprio, porém ao longo da história da ciência esse racionalismo cresce em sofisticação, construindo realidades científicas e instrumentos de “medida” racionais, em que as verdades são provisórias (Lopes, 1996). Para Bachelard a ciência se constrói através das retificações dos erros, ou seja, os erros são fundamentais para construção de um sistema racional. É na retificação dos erros que se superam os obstáculos epistemológicos que bloqueiam o avanço racional, concepção influenciada pela visão da história da ciência de Alexandre Koyré.

A ciência contemporânea cria um racionalismo que posiciona a técnica nas suas relações. Bachelard é crítico do real dado, porém identifica um real científico, “em que o instrumento da física é uma teoria realizada, concretizada, de essência racional [...]” (Bachelard, 1978a, p. 15). Portanto, Bachelard diferencia o fenômeno daquilo que chamou de fenomenotécnica.

A ciência, na visão Bachelardiana, é algo que se constrói racionalmente a partir do rompimento com o senso comum. A sua proposta epistemológica situa-se na fronteira entre o materialismo técnico e um racionalismo aplicado, ou seja, tem um caráter dialético.

Obstáculo e perfil epistemológico

No seu livro *A formação do espírito científico* (FES), originalmente publicado em 1938, Bachelard apresenta um dos principais conceitos de sua epistemologia, ou seja, o obstáculo epistemológico. Inicialmente, Bachelard situa sua análise na relação entre a experiência e a abstração, indicando-a como tarefa primordial do espírito científico (Bachelard, 1996). Contudo, ao olhar a ciência dos séculos XVIII e XIX, em especial a física e a química, tendo como referência a ciência contemporânea do século XX, Bachelard revela uma insuficiência do processo de abstração, ainda que na época da construção desse conhecimento parecesse suficiente.

Para analisar o pensamento abstrato como algo que desobstrui o espírito científico, Bachelard estuda diferentes ramos da evolução científica, deixando claro os diferentes períodos de maturação das soluções científicas com argumentos apresentados "para permanecer no contato mais preciso possível com os fatos". (Bachelard, 1996, p.09). O primeiro período seria um estado pré-científico, que corresponde à Antiguidade Clássica, passando por todo o Renascimento até o século XVIII. O segundo seria caracterizado pelo estado científico, que compreende a época que vai do século XVIII até o início do século XX. E o terceiro estado, chamado de novo espírito científico, tem

início no começo do século XX, em 1905, com os trabalhos de Einstein sobre a relatividade. Os conceitos primordiais da ciência foram profundamente modificados, iniciando-se assim a ciência contemporânea com um espírito científico completamente diferente do anterior. Esse período histórico [primeira metade do século XX] teria se caracterizado pela ocorrência de uma modificação epistemológica em alguns conceitos científicos. As abstrações são mais audaciosas e representam um indicativo de maturidade espiritual. Como exemplos cita a mecânica quântica, a mecânica ondulatória de Louis de Broglie, a física das matrizes de Heisenberg, a mecânica de Dirac, etc...

Para apresentar a formação do espírito científico, Bachelard utiliza muitos exemplos particulares. Sobre os eixos da reconstrução racional procura mostrar que em qualquer situação, para qualquer fenômeno, é necessário passar primeiro da imagem para a forma geométrica e depois para o pensamento abstrato (Bachelard, 1996).

Seguindo um caminho chamado por ele de via psicológica normal do espírito científico, Bachelard desloca sua análise epistemológica, observando também a formação individual do espírito científico. Portanto o espírito científico passaria por três estágios. O primeiro é o estado concreto, em que o espírito se relaciona com as primeiras imagens do fenômeno exaltando a natureza e a sua rica diversidade. O segundo estado é o concreto abstrato, algo ainda paradoxal, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos, apoiando-se numa filosofia da simplicidade. O terceiro estado é o abstrato, em que o espírito adota a informação distante da experiência sensorial. Esses estágios do espírito científico, a princípio, parecem ser os precursores das ideias de caracterização do perfil epistemológico que será abordado mais adiante.

Ao analisar a evolução histórica do conhecimento científico e a construção individual do espírito científico, Bachelard situa sua epistemologia destacando também que:

[...] Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? A experiência científica é portanto uma experiência que *contradiz* a experiência *comum*. Aliás a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolve-se no reino das palavras e das definições; falta-lhes precisamente esta perspectiva de *erros retificados* que caracteriza, ao nosso ver, o pensamento científico [...]. (Bachelard, 1996, p. 14)

É justamente nessa contradição, nessa dificuldade inerente ao ato racional de conhecer que, segundo Dominique Lecourt, um conhecido comentador da obra de Bachelard, aparece o ponto exato do obstáculo epistemológico:

[...] Acrescentemos que aparece no ponto em que a ruptura ameaça – e que outros trabalhos além dos de Bachelard, puderam demonstrar que era o lugar duma <sobredeterminação>, duma acumulação de contradições. Pontual no seu aparecimento; o obstáculo é solidário duma determinada estrutura de pensamento que aparecerá, por recorrência, como um <tecido de erros resistentes> [...]. (Lecourt, 1972, p.26)

O termo obstáculo epistemológico aparece na obra *A formação do espírito científico*. Porém, a idéia já havia sido antecipada pelo próprio Bachelard, ainda que não tenha utilizado o termo obstáculo epistemológico, em um artigo publicado em 1934⁵, intitulado *Luz e substância*, presente na obra *Estudos (E)*⁶ de publicação póstuma.

Nesse artigo, Bachelard (2008) examina a relação entre a luz e as substâncias químicas, sob o olhar da fotoquímica. Para isso, utiliza diferentes exemplos que ilustram essa revolução epistemológica. Nas suas análises enfatiza a presença de um pensamento pré-científico baseado nas primeiras intuições. Sem utilizar o termo obstáculo epistemológico Bachelard critica as explicações fáceis oriundas de observações rápidas desprovidas de uma teoria.

Dentro dos exemplos analisados por Bachelard um deles é do próprio Newton, através da obra de Metzger⁷. Kuhn, na entrevista mencionada anteriormente, também “tinha em alta consideração” o trabalho de Helene Metzger (Kuhn, 2006, p. 346). Newton, segundo Metzger, refere-se à transformação de luz em corpos e vice-versa, como um processo natural, argumentando que a natureza parece gostar dessas transformações. De forma análoga, ocorre com o calor, que muda a água em gelo e vice-versa (Bachelard, 2008). Sobre essa explicação, Bachelard indica a presença de um tema nitidamente substancialista, fruto de uma observação primeira, oriundo de um realismo ingênuo, que prejudica o processo de entendimento da experimentação progressiva. Esse é apenas um exemplo, entre outros citados por Bachelard nesse artigo, para ilustrar, ainda que não tenha utilizado esse termo, a ideia de obstáculo epistemológico. Na obra FES Bachelard apresenta a ideia de obstáculo epistemológico de forma mais robusta:

É no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativos funcionais, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (Bachelard 1996, p. 17).

Bachelard (1996) apresenta oito tipos de obstáculos epistemológicos que são: a experiência primeira, o conhecimento geral, o verbal, o conhecimento unitário e

⁵ Revue de métaphysique et morale t. XLI, p. 343-366.

⁶ Organizada por Georges Canguilhem, sucessor de Bachelard na Sorbonne.

⁷ Newton, Stahl, Boehaave et la Doctrine chimique, 1930, p. 71-73

pragmático, o substancialista, o animista, a libido e o conhecimento quantitativo. A seguir sintetizaremos os obstáculos que identificamos no nosso estudo empírico⁸.

- ✓ A experiência primeira trata das explicações baseadas na primeira observação de um fenômeno. O espírito científico em evolução forma-se contra a natureza, contra tudo que tem origem no corriqueiro. A diferença apresentada por Bachelard segue a tônica da ciência apresentada como um conhecimento cotidiano, no sentido de natural, e de fácil entendimento nos livros do século XVIII.
- ✓ O verbal tem nas imagens visuais sua maior caracterização. Bachelard apresenta e analisa esse obstáculo tomando como exemplo a imagem da esponja em diferentes contextos. Bachelard faz sua crítica a esse tipo de metáfora que impede a construção dos conceitos de forma abstrata. “[...] perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem.” (Bachelard, 1996, p. 101).⁹
- ✓ No obstáculo substancialista o espírito pré-científico atribui à substância as mais diferentes qualidades, entre elas, qualidades superficiais, de profundidade, ou ainda ocultas. A substância tem um interior e possui um invólucro protetor. Bachelard sinaliza que a idéia substancialista quase sempre é ilustrada por uma simples continência, ou seja, aquilo que protege externamente (Bachelard, 1996, p. 123).
- ✓ O obstáculo animista consiste em atribuir características de fenômenos biológicos a fenômenos físicos ou químicos. Essa ideia baseia-se em uma crença, forte no século XVI, da vida como princípio fundamental e presente em todos os fenômenos. “ Por ser uma matéria viva o fluido elétrico anima e move todo o universo, os astros e as plantas, os corações e os germes” (Bachelard, 1996, p. 191).

⁸ Para os outros obstáculos consultar a obra *A formação do espírito científico* que dedica praticamente um capítulo para cada obstáculo.

⁹ Segundo Santos (1989), muitas das concepções alternativas dos nossos alunos têm relação com analogias e imagens metafóricas que são reforçadas pela prática pedagógica. Bachelard critica esse reforço pedagógico que não contribui para uma ruptura com essas concepções e, provavelmente, fortalecer o obstáculo epistemológico. As metáforas são perigosas e necessárias, sendo que as concepções alternativas passam por elas, porém o professor deve contribuir para que seja possível superá-las

Bachelard visa a formação de um espírito científico e que para tanto, é necessário romper com as intuições primeiras e sensitivas, que são obstáculos de natureza epistemológica do processo. Só é possível acessar a cultura científica retificando os conceitos. Nesse sentido, após apresentar o conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard propõe a noção de perfil epistemológico na obra *A filosofia do Não* de 1940. Título aparentemente estranho e provocativo, porém que apresenta um interessante olhar polifilosófico sobre a ciência, além de propor a ideia de um *não* dito pela nova experiência para a experiência antiga. Nesse sentido, como afirma Martins:

Resgatando a noção de obstáculo, afirma que o espírito científico só pode se constituir destruindo o espírito não científico, erros, valores e preconceitos acumulados. Tarefa que não é fácil, porque “a ignorância é um tecido de erros positivos, tenazes solidários” (*A filosofia do não*, p.11). Os erros se reforçam, fazendo com que as “trevas espirituais” tenham uma estrutura. O espírito que evolui deve romper com essa estrutura, superar obstáculos. E é esse movimento que Bachelard procurará analisar a partir de um pluralismo filosófico. (Martins, 2007a, p. 39)

A reflexão de Bachelard (1978a) nessa obra inicia-se com uma crítica à filosofia do cientista, centrada nos resultados particulares da ciência. Em seguida, critica o filósofo que olha a ciência apenas nos seus aspectos gerais sem muita preocupação com a variedade dos fatos. Sendo assim, a partir da ciência contemporânea, entende que o pensamento científico está caracterizado por uma noção dialética entre o empirismo e o racionalismo.

Tal pluralismo implica, de imediato, uma releitura da oposição básica entre empirismo e racionalismo. A compreensão da dinâmica que anima a ciência moderna exige que façamos uma leitura dialética desses dois pólos filosóficos, que os compreendamos de modo complementar. Isso porque “o valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência” (*A filosofia do Não*, p. 10). Dessa forma, o pensar científico exige que nos coloquemos no ponto intermediário entre a teoria e prática, matemática e experiência. Uma vez mais aqui, entretanto, Bachelard privilegia um dos sentidos: o que vai do racionalismo à experiência. A evolução filosófica do conhecimento dá-se nesse sentido de uma maior coerência racional. (Martins, 2007a, p. 40)

Porém, trata-se de um empirismo científico que é construído e um racionalismo que é aplicado, invertendo assim o vetor epistemológico. Esse racionalismo aplicado, que é diferente do racionalismo tradicional cartesiano, é um programa de realização que constrói fenômenos e mantém sua filosofia aberta sempre tendo uma noção dialética, caracterizada, por uma proposta central entre um materialismo técnico e um racionalismo aplicado.

Bachelard entende que “os progressos do pensamento contemporâneo determinaram transformações nos próprios princípios do conhecimento” (Bachelard, 1978a, p. 6). O

espírito científico só se constrói destruindo o espírito não científico, que pode incluir os mitos, o senso comum, as explicações mágicas, entre outros. Portanto, a construção desse espírito científico se funda procurando as contradições. Ou seja, deve-se ter claro que a experiência nova diz NÃO à experiência anterior, porém esse NÃO nunca é definitivo para aquele que sabe enriquecer seu corpo de explicações. Esse rompimento é pensado com relação à experiência anterior e ao senso comum, ou seja, o empirismo da ciência contemporânea funda-se sobre uma noção construída e distante daquilo que se entende como real natural imediato.

O entendimento da atividade científica, tendo um olhar de pluralidade filosófica que não é a filosofia do filósofo e nem um olhar sobre a realidade alegado pelo cientista, tem sua matriz filosófica nascendo de um pensamento, formando um espírito científico com filosofias dispersas, recebendo diferentes “graus de coeficientes”. De uma forma genérica os graus de realismo e racionalismo não são os mesmos para todas as noções (Bachelard, 1978a). Além disso, as diferentes noções não estão no mesmo nível de desenvolvimento.

A visão polifilosófica bachelardiana propõe uma explicação científica que incorpora elementos do animismo, do realismo, do positivismo, do racionalismo, do racionalismo complexo e do racionalismo dialético, sendo que esses dois últimos podem ser resumidos em uma categoria chamada de surracionalismo. A evolução filosófica de um conhecimento particular atravessa essas diferentes filosofias (Bachelard, 1978a), porém nem todos os conceitos científicos atingiram o mesmo estágio de maturidade. Alguns podem permanecer no realismo outros no positivismo. Contudo, o espectro filosófico tem regiões mais intensas que leva a caracterizar a atividade do cientista. Quando se classifica alguém como racionalista ou positivista, é possível identificar essa ação pela intensidade específica em uma situação determinada, que não significa necessariamente uma ausência de outras categorias filosóficas no seu espectro.

Apesar dessas características epistemológicas, “Qualquer que seja o problema particular, o sentido da evolução epistemológica é claro e constante: a evolução de um conhecimento particular caminha no sentido de uma coerência racional” (Bachelard, 1978a, p. 12). Isso não significa dizer que um filósofo atual é mais adiantado que um antigo. A grande questão proposta pelo nosso autor é que o princípio que classifica as filosofias da ciência evidencia um estudo no progresso da razão.

Para exemplificar essa chamada maturação filosófica, Bachelard (1978a) apresenta sua visão epistemológica e histórica do conceito de massa. A primeira forma tem na

observação visual a sua referência, ou seja, aprecia-se a massa pelo olhar, pela intuição primeira. O maior tem mais massa, sendo mais “pesado” que o menor. Essa noção interioriza-se de forma que somente quando se tem o objeto na mão é que se percebe algo estranho, pois não necessariamente o maior é o mais pesado. Essa noção animista de massa é exemplificada por meio da ideia de noção de carga da psicologia, ou seja, ao utilizar o termo carga perante um paciente, entende-se como algo que o sobrecarrega. Resumidamente, a noção animista de massa é dada através de algo grande, que, nesse sentido, possui quantidade.

Assim, para avançar na direção de outra filosofia, tende-se a superar essa noção que se torna um conceito-obstáculo. Para Bachelard, um espírito que aceita essa noção não pode ascender à cultura científica. É importante ressaltar que a simplicidade da definição também não é um bom sinal. Na filosofia animista bastam poucas palavras para definir o conceito. Portanto, outro aspecto defendido por Bachelard é também um avanço na direção de uma maior complexidade, pois “tudo que é fácil de ensinar é inexato” (Bachelard, 1978a, p. 14).

O segundo nível em que podemos estudar a noção de massa corresponde à sua característica empírica. Ou seja, o conceito de massa, que está em questão, relaciona-se com a balança. Nesse caso é importante definirmos claramente a relação com o instrumento, pois Bachelard tem a sua epistemologia fundamentada também na instrumentalização. Portanto, cabem aqui suas considerações sobre esse aspecto:

[...] notemos no entanto que se pode evocar um longo período em que o instrumento *precede a sua teoria*. O mesmo não acontece atualmente, nos domínios verdadeiramente ativos da ciência, em que a teoria precede o instrumento, de forma que o instrumento de física é uma teoria realizada, concretizada, de essência racional. No que diz respeito à antiga conceitualização da massa, é evidente que a balança é utilizada antes que se conheça a teoria da alavanca. (Bachelard, 1978a, p. 15).

Fica claro dessa forma, que o empirismo está relacionado a uma utilização simples de uma máquina, ainda que complexa, e que não traz, na consciência do ato de medir, a sua teoria. Em outras palavras, temos uma conduta, nesse caso da balança, que conduz a uma realidade de que pensar é pesar e pesar é pensar. Isso constitui um pensamento realista e, Nas ciências mais avançadas, as condutas realistas ainda existem, pois o cientista é efetivamente realista na sua vida comum e os valores racionalistas são tardios.

Para situar o terceiro nível de conceitualização da noção de massa, o nosso autor recorre à mecânica racional de Newton (1643–1627). O racionalismo newtoniano define a

massa dentro de um corpo de noções, ou seja, a noção simples dá lugar a um corpo de noções mais complexas. As leis da aritmética se fazem presentes e a massa é definida como o quociente entre a força e a aceleração.

Podemos inquirir se as noções são reais, porém a possibilidade matemática de se deduzir um conceito a partir dos outros dois, mostra um rompimento com o real e um distanciamento da realidade. Sendo assim, antes de Newton as definições de massa eram dadas no seu ser, agora são concebidas no devir dos fenômenos. É nesse aspecto que se faz necessário reforçar um dos alicerces da epistemologia histórica bachelardiana, pois:

[...] é a necessidade de compreender o devir que racionaliza o ser. Por outras palavras, é no sentido da *complicação filosófica* que se desenvolvem verdadeiramente os valores racionalistas. Desde a sua primeira formulação que o racionalismo deixa antever o ultra-racionalismo. A razão não é de forma alguma uma faculdade de simplificação. É uma faculdade que se esclarece enriquecendo-se. Desenvolve-se no sentido de uma complexidade crescente [...]. (Bachelard, 1978a, p. 16)

Na visão de Bachelard a ciência caminha no sentido crescente da complexidade, entendendo que as concepções racionalistas são, entre outras características, complexas e aprofundam-se com o passar do tempo. A realidade também tem um caráter diferente das concepções realistas que descrevemos. No racionalismo a realidade não é dada pelas coisas, mas pelas leis, de forma construída e pensada anteriormente à observação.

Com a relatividade, já no século XX, temos o quarto nível filosófico de entendimento do conceito de massa. O racionalismo newtoniano que dirigiu a física por todo o século XIX, com suas noções de base fechadas e separadas, como o espaço absoluto, tempo absoluto, massa absoluta, com um caráter kantiano de origem, sofrem modificações em direção a uma concepção mais aberta e conjugada que se dá no interior das noções de base.

A noção de massa destacada por Bachelard mostra-se muito diferente da concebida no racionalismo clássico. Nesse racionalismo a noção de massa era de certa forma externa, pois sua composição era dada por noções mais simples. Aqui, no racionalismo completo, a noção de massa dialetiza-se, deixando de ser absoluta no tempo e no espaço, para depender da velocidade. Tem comportamentos diferentes dependendo da situação, ou seja, a aceleração tangencial e a aceleração centrípeta interferem sobre a noção de massa de forma distinta. Portanto, temos um caminho no sentido de uma maior complexidade. É importante notar que, no contexto da relatividade, temos um rompimento com a ciência reconhecida até aquele momento. Essa reorganização é dada pelo pensamento científico, sendo concebida de forma hierárquica.

A hierarquia das noções apresenta-se como uma extensão progressiva do domínio da racionalidade, ou melhor, como constituição ordenada de diferentes domínios de racionalidade, sendo cada um destes domínios de racionalidade especificados por funções adjuntas. Nenhuma destas extensões é resultado de um estudo realista do fenómeno. Têm todas o carácter numenal. Apresentam-se inicialmente com números à procura do seu fenómeno. A razão é pois uma atividade autônoma que tende a completar-se. (Bachelard, 1978a, p. 19).

A extensão do domínio dessa racionalidade completa-se no quinto e último nível dado pelo racionalismo contemporâneo, chamado por Bachelard de racionalismo discursivo. A noção de massa nessa filosofia é representada através da mecânica de Dirac.

A mecânica de Dirac é, como se sabe, uma parte de uma concepção mais geral, o mais totalitária possível do fenómeno da propagação. Se se perguntasse já em seguida: “Da propagação de quê?”, estaríamos perante a necessidade do realismo ingênuo e urgente, que pretende sempre colocar o objeto antes dos seus fenómenos. De fato, na organização matemática do saber, é necessário preparar o domínio de definição antes de definir, exatamente da mesma maneira que, na prática de laboratório, é preciso preparar o fenómeno para o produzir. O pensamento científico contemporâneo começa, pois, por colocar entre parêntesis a realidade. E sob uma forma um pouco mais paradoxal, mas que nos parece sugestiva, pode dizer-se que a mecânica de Dirac examina em primeiro lugar a propagação dos “parenteses” num espaço de configuração. É a forma de propagação que definirá em seguida aquilo que se propaga. A mecânica de Dirac é, pois, de saída desrealizada. (Bachelard, 1978a, p. 19/20)

Ao trabalhar matematicamente as equações de propagação, utilizando técnicas matemáticas como as matrizes, Dirac chega a noções como momentos magnéticos e elétricos, através da compreensão dos spins. Porém, é nesse ponto que a matemática fornece também duas massas, estranhamente dialetizadas, para um objeto “uma positiva (relativa à matéria) e outra negativa (relativa à antimatéria) chegando assim à dialetização do conceito (racionalismo discursivo)” (Pinto & Zanetic, 1999, p. 11). Uma delas, a positiva, resume perfeitamente as quatro filosofias precedentes: realismo ingênuo, empirismo, racionalismo clássico e racionalismo completo. A outra massa, a negativa é algo inadmissível dentro das quatro teorias filosóficas já explicitadas.

[...] uma metade da mecânica de Dirac reencontra e continua a mecânica clássica e mecânica relativista; a outra metade diverge numa noção fundamental; dá origem a algo diferente: suscita uma dialética externa, uma dialética que nunca teria sido encontrada meditando sobre a essência do conceito de massa aprofundando a noção newtoniana e relativista de massa. (Bachelard, 1978a, p. 20).

Uma situação com esta, que provoca estranheza do espírito científico, vai encontrar uma atitude diferente diante do novo espírito científico. Ou seja, por que não aceitar uma massa negativa? Assim, o novo espírito científico procura identificar as realizações dos conceitos e não sua realidade.

Estamos diante de um desconhecido preciso, de forma inversa ao irracional vago do realismo, que não encontrou uma interpretação experimental. Apesar disso, Dirac apresenta um conceito congênere da massa, com uma interpretação experimental, que é a energia negativa. Cabem aqui, todas as observações feitas para o caso da massa negativa, porém a interpretação de Dirac, em conjunto com os experimentos de Blackett e Occhialini, forneceu um alicerce seguro para esse conceito.

Voltando à massa negativa, o nosso autor argumenta sobre os seus possíveis significados, como um indicativo da desmaterialização, no caso da massa negativa, e uma materialização, pensando na positiva. Além é claro da possível relação com a energia negativa. É nesse contexto que se realiza o pensar ultraracionalista, tendo como fundamento uma matemática complexa e construída. Por outro lado, como salientam Pinto & Zanetic, é importante destacar que:

Alguns autores criticavam a interpretação dada por Bachelard à mecânica de Dirac e à descoberta do pósitron (anti-elétron) que é semelhante ao elétron, exceto na sua carga, que tem sinal contrário, mas não representa uma partícula com energia negativa. Bachelard foi influenciado pelo livro *L'électron magnétique*, de Louis de Broglie, publicado alguns anos antes (1934) de seu livro *A Filosofia do Não*. (Pinto & Zanetic, 1999, p. 11 nota)¹⁰

Com base nessas cinco escolas filosóficas, Bachelard, propõe uma forma de apresentar a sua pluralidade filosófica. O perfil epistemológico é uma forma interessante e funcional de se apresentar as diferentes formas de pensar um conceito, além de mostrar o que permanece de conhecimento comum nos conhecimentos científicos. Na sua proposta epistemológica, Bachelard destaca a convivência de diferentes escolas filosóficas, que concebem o mesmo conceito de forma distinta no indivíduo, além de enfatizar a manifestação das acepções mais primitivas dos conceitos e situações extremas.

A concepção de perfil permite comparar orientações cognitivas e psicológicas das cinco escolas filosóficas: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo newtoniano ou kantiano, racionalismo completo, racionalismo dialético. Além disso, propõe a idéia de ruptura no desenvolvimento cognitivo pessoal e na história de um conceito específico. Como forma de "concretização", Bachelard traça o seu perfil epistemológico do conceito de massa.

Quando nós próprios nos interrogamos, damos-nos conta de que as cinco filosofias que consideramos (realismo ingênuo - empirismo claro e positivista - racionalismo newtoniano ou kantiano - racionalismo completo - racionalismo dialético) orientam em direções diversas utilizações pessoais da

¹⁰ Uma discussão desta história é apresentada por Olival Freire Júnior na revista *Reflexão*, [Depto. Filosofia - PUCCAMP], 62,38-57,1995

noção de massa. Tentaremos então pôr grosseiramente em evidência a sua importância relativa colocando em abscissas as filosofias sucessivas e em ordenadas um valor que — se pudesse ser exato — mediria a frequência de utilização efetiva da noção, a importância relativa das nossas convicções. Com uma certa reserva relativamente a esta *medida* muito grosseira, obtemos então para o nosso perfil epistemológico pessoal da noção de massa um esquema do tipo seguinte (fig. 1). (Bachelard, 1978a, p. 25)

Fig. 1 — Perfil epistemológico da nossa noção pessoal de massa.

O perfil epistemológico possui uma dupla caracterização muito evidente nas palavras do próprio Bachelard. “Insistimos no fato de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura”. (Bachelard, 1978a, p. 25). Portanto, a interpretação e construção do perfil têm com pano de fundo essa dupla particularização, ou seja, Bachelard orienta a sua análise epistemológica de um conceito específico tendo como causa aspectos relacionados à sua cultura.

A coluna mais alta do seu perfil, atribuída à noção de massa dada pelo racionalismo clássico, tem sua explicação relacionada à educação matemática clássica e à prática de ensino de física elementar. As noções de massa dadas pelo racionalismo completo e racionalismo discursivo, sobretudo quanto a esse último, aparecem em menor grau, sendo mais penosas (Bachelard, 1978a). Há um domínio da noção racionalista de ordem mais simples sobre as outras que, segundo Bachelard, podem em determinadas situações, serem um obstáculo ao progresso da sua cultura científica.

O lado pobre do seu perfil tem no empirismo a noção de massa dada pela prática do laboratório de química e do trabalho nos correios. Essa prática é chamada por Bachelard de conduta da balança, tendo relação com a prática de pesar cartas em seu trabalho no correio, em que o pesar tem uma função financeira, e com a rotina do laboratório de química na época em que lecionava essa disciplina. É importante ressaltar

que para Bachelard a conduta da balança de precisão não é muito clara para muitos alunos, portanto não se deve atribuir uma noção empírica de massa automaticamente clara a toda pessoa. As horas de realismo também estão expressas no perfil de Bachelard quanto ao conceito de massa. Como toda gente, ele também tem suas horas de realismo, aderindo às relações metafóricas em que a quantidade é apresentada como uma noção precisa de massa.

Portanto, como entendemos esse aspecto como fundamental para a relação defendida nesta tese, entre epistemologia e cultura no ensino de física, apresentamos um resumo da análise bachelardiana sobre a construção epistemológica do seu conceito de massa e as práticas culturais que ele atribuí como as possíveis causas.

Escolas Filosóficas	Práticas culturais	Observações
Realismo Ingênuo	Horas de realismos	Metáforas sobre quantidade e precisão
Empirismo	Correios e laboratório de química	Conduta da balança
Racionalismo Clássico	Ensino de física elementar	Conduta das aulas ensino básico
Racionalismo Completo	Ensino de epistemologia	Conduta das aulas, estudos sobre Epistemologia da Ciência
Racionalismo Discursivo		

Tabela 01: Perfil Epistemológico do Conceito de Massa e a Cultura¹¹

Além do perfil epistemológico do conceito de massa, Bachelard apresenta também o seu perfil epistemológico do conceito de energia, que é congênere ao conceito de massa. Ao comparar os dois perfis, o nosso autor destaca a semelhança entre as noções racionalistas clássicas, algo que evidencia uma homogeneidade cultural no que se refere aos conceitos de massa e energia. Cabe ressaltar que Bachelard não descarta possíveis oscilações entre os perfis. Por outro lado, o empirismo é diferente no que diz respeito ao conceito de energia e massa. Uma possível conduta do dinamômetro não existe no estrito termo. O seu aprendizado ocorreu dentro de uma orientação racionalista. Portanto, no perfil epistemológico do conceito de energia, o empirismo, é pouco importante. O realismo tem um “peso” maior no perfil epistemológico do conceito de energia do que no de massa. A noção de energia relacionada ao vigor projeta uma sombra sobre o pensamento empírico e racional.

¹¹ A palavra prática cultural citada como conduta por Bachelard é a da balança. As outras são interpretações nossas.

Basta manejar um instrumento mal afiado para que se constate esta deformação psicológica. Basta uma raiz a interromper o ritmo da enxada para que se apague a alegria do jardineiro, para que o trabalhador, esquecendo a clara racionalidade de sua tarefa, anime o instrumento de uma energia vingadora. Seria interessante circunscrever bem este conceito de energia triunfante; ver-se-ia que ele dá a determinados pensamentos uma segurança, uma certeza, um sabor, que enganam acerca de sua verdade. (Bachelard, 1978a, p. 28)

Essa passagem nos lembra de momentos em que tentamos soltar um parafuso com a “força” bruta, “esquecendo” das lições sobre torque e máquinas simples. Ou ainda quando tentamos abrir a tampa metálica de um copo de geléia feito de vidro, também na “força bruta”, lembrando tardiamente que ao colocá-lo na água quente a tampa metálica se dilata mais que o vidro facilitando a abertura.

Outro aspecto que gostaríamos de ressaltar com relação aos perfis epistemológicos dos conceitos de massa e energia de Bachelard, é um paralelo que é possível estabelecer com sua própria vida. Parece-nos que o perfil epistemológico, fundamentado em uma noção polifilosófica, no sentido em que “[...] Um conhecimento particular pode expor-se numa filosofia particular; mas não pode fundar-se numa filosofia única; o seu progresso implica aspectos filosóficos variados (Bachelard, 1978a, p. 29)”, possui relações com as diferentes experiências vividas por Bachelard. Referimo-nos a um camponês que vive em uma pequena cidade do interior na sua infância e, já na idade adulta, vive em uma cidade grande como Paris. Trabalha nos correios no início de sua vida profissional e, posteriormente, atua como professor de ensino básico, seguindo para o ensino superior na área de filosofia da ciência, testemunhando uma das maiores revoluções científicas (relatividade e quântica) na passagem do século XIX para o século XX.

Com esses exemplos, pensados a partir da suas noções pessoais, Bachelard enfatiza a permanência dessas ideias filosóficas no desenvolvimento do espírito científico, além da individualidade desses perfis. Nesse sentido, afirma também “... que só depois de ter recolhido o álbum dos perfis epistemológicos de todas as noções de base é que se pode estudar verdadeiramente a eficácia relativa das diversas filosofias” (Bachelard, 1978a, p. 28). É importante destacar que a noção de perfil epistemológico encontra-se relacionada com o conceito de obstáculo epistemológico. O perfil guarda as marcas dos obstáculos que uma cultura teve de superar.

A noção de perfil epistemológico revela um pluralismo filosófico, em que um conhecimento particular não pode ser explicado apenas por uma filosofia. Bachelard entende que existe uma ordem de evolução do conhecimento, partindo do realismo em

direção ao racionalismo, passando pelo empirismo. Porém, nem todas as noções têm o espectro filosófico completo. Um exemplo dado por Bachelard é o princípio da incerteza de Heisenberg construído sob novas noções matemáticas. Bachelard (1978a) ressalta a dificuldade de entendimento e aceitação desse princípio à época em que escreveu seu livro (1940) e, como exemplo, comenta um possível perfil epistemológico pessoal do princípio da incerteza.

No que nos diz pessoalmente respeito, um perfil epistemológico relativo ao princípio da incerteza seria um perfil muito excepcional; seria por assim dizer negativo no que se refere a informação realista, porque compreendemos que ele não podia desempenhar uma papel na experiência comum. Desenvolver-se-ia, pois unicamente nas regiões racionalistas e ultra-racionalistas. A microfísica que se desenvolve sobre esse princípio é por essência numenal; para a constituir é necessário colocar o pensamento antes da experiência ou, pelo menos, refazer as experiências no plano oferecido pelo pensamento, variar as experiências ativando todos os postulados do pensamento através de uma *filosofia do não*. (Bachelard, 1978a, p. 62)

Portanto, Bachelard admite que para noções do novo espírito científico é possível termos um perfil epistemológico sem a presença, ou ainda com uma presença negativa, das filosofias realistas. Estamos aqui sob o domínio da “inversão do vetor epistemológico”, representado pelo caminho do racionalismo ao real (Bachelard, 1978b), muito válido nos eventos que envolvem a microfísica e a cosmologia atual. Em igual medida, também enfatiza que existem ciências que não atingiram a maturidade racional da física e química contemporânea, algo que também é possível de se encontrar no perfil epistemológico. Detalhando um pouco mais e pensando em perfis individuais, trata-se de não encontrarmos regiões racionalistas em perfis epistemológicos individuais, pois algumas pessoas podem não ter contato, em sua cultura, com condutas racionalistas.

Enfatizando a existência de ciências em que o racionalismo não existe e em outras em que o realismo está quase eliminado, Bachelard resume sua visão sobre a evolução das ciências:

A nossa conclusão é, pois, clara: uma filosofia das ciências, mesmo se se limita ao exame de uma ciência particular, é necessariamente uma ciência dispersa. Tem no entanto uma coesão, a da dialética, a do seu progresso. Todo o progresso de uma filosofia das ciências se faz no sentido de um racionalismo crescente, eliminando, a propósito de todas as noções, o realismo inicial. (Bachelard, 1978a, p. 30).

É importante ressaltar que Bachelard refere-se aqui à ciência e não ao indivíduo, que pode aderir a uma filosofia racionalista como das ciências contemporâneas e, ainda assim, possuir concepções realistas.

Por fim, para exemplificar a ideia de racionalismo crescente nas ciências e a filosofia do *não*, Bachelard apresenta três análises de conhecimento científico. O estudo da noção de substância, a analiticidade da geometria e a lógica aristotélica. Todas essas noções são estudadas com a referência das ciências contemporâneas, em que, segundo Bachelard, temos o grande marco do racionalismo científico.

O racionalismo aplicado e o materialismo técnico

Nesta seção refletiremos um pouco mais sobre o tipo de racionalismo proposto por Bachelard. Sem dúvida, já “passamos” por essas categorias ao longo das seções anteriores. No entanto, quando examinamos sua epistemologia, sobretudo em leituras recortadas ou direcionadas, é possível termos a dificuldade de entender, ou até mesmo de enquadrá-lo, em alguma proposta filosófica específica. De tempos em tempos nos deparamos com discussões e debates sobre a vertente filosófica que rege a sua obra. Racionalista ou empirista para alguns, positivista ou neopositivista para outros, muitas foram às tentativas que já testemunhamos de classificá-lo. No entanto, pensamos que Bachelard possui uma forma muito singular e original de trabalhar as questões epistemológicas e qualquer análise superficial nos conduziria a grandes equívocos.

Sendo assim, entendemos que essas categorias da epistemologia de Bachelard, ou seja, o racionalismo aplicado e o materialismo técnico possuem elementos suficientes para interpretar sua posição. Lecourt (1972) entende a obra *O Racionalismo aplicado*¹² como uma continuação de *A filosofia do Não*. O racionalismo presente na proposta bachelardiana está distante do racionalismo da origem do espírito científico. Esse racionalismo se caracterizava por ser um resumo da experiência, algo genérico segundo uma observação do real. Aliás, sobre esse aspecto relativo à observação do real, Bachelard também se opõe à doutrina clássica da experimentação, que atribuía aos fatos um valor de verificação e comprovação de uma realidade objetiva (Lecourt, 1972; Dagognet, 1989; Barbosa, 1993; Bulcão, 2009). Para Bachelard “[...] o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem nítido, ou seja, vai seguramente do racional ao real e não ao contrário da realidade ao geral, como professavam todos os filósofos de Aristóteles a Bacon” (Bachelard, 1978b, p. 92). Ainda sobre o racionalismo, critica a posição do racionalismo clássico dos filósofos, pois esses afirmavam que todo conhecimento verdadeiro era de origem racional e admitiam os princípios da razão

¹² Original : *Le Rationalisme appliqué*, publicado em 1949.

como absolutos em qualquer época e campo do saber (Bulcão, 2009). Outra crítica feita por Bachelard é sobre a filosofia da observação do século XVIII que propunha uma separação entre a matemática e a física, ou seja, uma separação entre o abstrato e o concreto.

Portanto, Bachelard se opõe ao empirismo praticado e ao racionalismo pensado na época denominada de espírito científico. Sua proposta não admite uma polarização filosófica e também recusa o que chama de filosofia preguiçosa dos filósofos. A sua busca de elementos para construção de uma epistemologia tem uma origem entusiasmada na ciência contemporânea, em especial a relatividade e a mecânica quântica, como já discutimos anteriormente. Bachelard se coloca na encruzilhada entre o empirismo e o racionalismo, entre o concreto e o abstrato.

Já passou o tempo da epistemologia que considerava as matemáticas como simples meio de expressão das leis da física. As matemáticas da física são mais “comprometidas”. Não se pode fundamentar as ciências físicas sem entrar no diálogo filosófico do racionalista e do experimentador, sem responder às duas questões de algum modo recíprocas que acabamos de levantar. Em outras palavras, o físico moderno tem necessidade de dupla certeza:

1º A certeza de que o real está em conexão direta com a racionalidade, merecendo, por isso mesmo, o nome de real científico.

2º A certeza de que os argumentos racionais referentes à experiências constituem já momentos dessa experiência.

Numa palavra, nada de racionalidade no vazio; nada de empirismo desconexo: eis as duas obrigações filosóficas que fundamentam a estreita e rigorosa síntese da teoria com a experiência na física contemporânea. (Bachelard, 1977, p. 9/10)

É esse racionalismo dialético que Bachelard defende a partir da análise da física contemporânea. É um racionalismo indutor (Bulcão, 2009) no sentido de inventar um real. Nessa proposta a matemática tem um papel fundamental, pois possibilita a física pensar e propor realidades científicas além das possibilidades aparentes e existentes.

Mas nas novas doutrinas, afastando-se das imagens ingênuas, o espírito científico tornou-se de alguma maneira mais homogêneo: de hoje em diante, ele está totalmente presente no seu esforço matemático. Ou ainda, para dizer melhor, é o esforço matemático que forma o eixo da descoberta, é a expressão matemática que, sozinha, permite pensar o fenômeno. Há alguns anos, Langevin nos dizia: “O cálculo Tensorial conhece melhor a física do que o próprio físico”. O cálculo tensorial é verdadeiramente o quadro psicológico do pensamento relativista. É um instrumento matemático que cria a ciência física contemporânea como o microscópio cria a microbiologia. Não há conhecimentos novos sem o domínio deste instrumento matemático novo. (Bachelard, 1978b, p. 117)

É interessante destacar a construção dessa afirmação que revela a sua proposta epistemológica, sobretudo quando compara os feitos de um “instrumento” matemático - o cálculo tensorial - com o microscópio, um instrumento “material” da biologia, revelando o seu pensamento dialético entre empirismo e racionalismo.

Para Bachelard (Barbosa, 1993) o real não é unívoco. A realidade é algo plural e o pensamento da física contemporânea, em especial a microfísica, é um indicativo das realidades científicas criadas pela teoria matemática, pois provoca uma revolução epistemológica que conduz o pensamento científico a substituir a fenomenologia por uma numenologia, ou seja, a organização passa a ser de objetos de pensamento. Esse objeto científico é resultado de um projeto técnico, algo que não é oferecido pela percepção do homem como objetos do conhecimento primeiro e imediatos relacionados aos sentidos. Assim, o corpúsculo aparece como númeno, um objeto de pensamento, em oposição ao fenômeno que é objeto da percepção.

Nesse sentido, os corpúsculos são fenômenos técnicos, ou seja, criados pela técnica, os fenomenotécnicos. Aqui está o materialismo técnico proposto por Bachelard, ou seja, os instrumentos da ciência contemporânea são verdadeiros teoremas materializados e retificados. Por exemplo, "os aparelhos como os de Millikan ou Stern e Gerlach são pensados diretamente em função do elétron ou do átomo" (Bachelard, 2010b, p. 144). A maturidade de uma ciência passa a ser determinada pela capacidade de seu instrumento, assim como a sua objetividade.

Sendo assim, Bachelard ordena as diferentes filosofias do conhecimento científico a partir do racionalismo aplicado e do materialismo técnico. Ou seja, invertendo o vetor epistemológico e colocando-se na encruzilhada entre um novo racionalismo que pensa um real científico e um empirismo que se define ainda na teoria e materializa-se no instrumento.

Nesse espectro filosófico, de um lado caminha-se do racionalismo aplicado ao idealismo ingênuo e de outro lado do materialismo técnico ao realismo ingênuo. Ao partir do racionalismo encontramos o formalismo, que é a interpretação do

conhecimento como um aparelho de fórmulas próprias para informar a experiência. Esse formalismo apenas informa o trabalho racional não sustenta todo esse pensamento científico. Esse conjunto de fórmulas torna-se uma convenção, ou seja, nas palavras de Bachelard (1977), uma espécie de esperanto da razão. Esse convencionalismo é arbitrário e atinge o papel de idealismo, uma forma de pensamento científico que teve um importante papel no século XIX, mas que não se aplica na epistemologia contemporânea das ciências mais maduras (Física e Química), porém deve figurar num exame geral dentro da filosofia das ciências.

Em outras palavras, não se pode inverter a perspectiva que acabamos de delinear. De fato, quando o idealista estabelece uma filosofia da natureza, contenta-se em por em ordem imagens que faz da natureza, atendo-se ao que elas tem de imediato. Ele não ultrapassa os limites do sensismo etéreo. (...). O pensamento científico não pode achar suas formas rígidas e múltiplas nessa atmosfera de solidão, nesse solipsismo que é o mal congênito de todo o idealismo. O pensamento científico precisa de uma realidade social, o assentimento de uma lei física e matemática. Deveremos, portanto, instalá-los na posição central do racionalismo aplicado, trabalhando para instituir para o pensamento científico uma filosofia específica. (Bachelard, 1977, p. 12/13)

Por outro lado, partindo do centro desse “espectro filosófico”, saindo da experiência da física contemporânea, fortemente ligada à teoria, chegamos ao positivismo, uma filosofia que não justifica a força dedutiva da física contemporânea, assim como não dá conta de seus valores de coerência. No entanto, em comparação com o empirismo puro, o positivismo é um importante guardião das hierarquias das leis.

(...) O positivismo nada tem do que é necessário para decidir quanto às ordens de aproximações; nada tem para sentir essa estranha precisão de racionalidade que as aproximações de segunda ordem dão, esses conhecimentos mais aprofundados mais discutidos, mais coerentes que encontramos no exame atento das experiências sutis e que nos fazem compreender que há mais racionalidade no complexo do que no simples. (Bachelard, 1977 p. 13)

Saindo do positivismo, o empirismo pragmático passa a ser à base de sustentação, ainda que na física contemporânea esse tipo de empirismo não tem lugar, assim como qualquer forma de realismo ingênuo, pois a física contemporânea inventa um real científico e deve se instalar na origem do racionalismo presente na experimentação, configurando o materialismo técnico.

A garantia dessa inversão do vetor epistemológico na física contemporânea é dada pela ideia de cidade científica. Esse conceito é importante dentro do racionalismo aplicado e materialismo técnico, pois é na cidade científica que se constituem as “regras de ação” da nova cultura científica. O sujeito pensante participa da cidade científica e deve respeitar as suas regras. Aqui já não tem mais sentido falar em sujeito individual,

ou seja, a construção científica é coletiva e ocorre dentro da cidade científica. Ser um cientista é colocar-se numa situação cultural dentro da cidade científica, portanto, é tomar o seu lugar. Dentro da cidade científica encontramos duas sociedades, a teórica e a técnica que trocam colaborações. Essa forte ligação entre as duas sociedades constitui-se no fato singular dessa nova filosofia. Doravante, existem três características fortemente relacionadas: objetividade racional, objetividade técnica e objetividade social. Sendo assim:

É preciso aderir resolutamente à ciência do nosso tempo. É preciso, antes de mais, ler livros, muitos livros difíceis, e elevar-se gradualmente à perspectiva das dificuldades. Eis as tarefas. No outro eixo do trabalho científico, do lado técnico, é necessário manipular, em equipa, aparelhos que são frequentemente, de uma maneira paradoxal, delicados e potentes. Semelhante convergência de exactidão da força não corresponde no mundo sublunar a nenhuma necessidade natural. Ao seguir a física contemporânea, abandonamos a natureza para entrarmos em uma fábrica de fenômenos. (Bachelard, 2010b, p. 150)

Outro aspecto que merece atenção é a influência da cidade social sobre a cidade científica. Lecourt, segundo Santos (1989, p. 77), considera que Bachelard se aventura no domínio da ideologia quando não negligencia a influência perturbadora da sociedade sobre a cidade científica. Seguindo esse raciocínio, o espírito científico não se forma apenas na cidade científica, ele é contaminado pela cidade social, como afirma o próprio Bachelard:

Se o espírito se constituísse diretamente na comunidade científica, poder-se-ia fazer uma economia de uma psicanálise do psicologismo e suscitar diretamente os princípios, não princípios da razão (o que é posição perfeitamente inútil), mas os princípios da organização racional da cultura científica. Mas tal não se dá, e a comunidade científica erige-se à margem da comunidade social, devendo, pois, lutar contra uma psicologia para criar seu não psicologismo. (Bachelard, 1977, p. 31)

Sendo assim, ainda que não seja um fator determinante, a cidade social exerce influência sobre a cidade científica. Portanto, esse fator também contribui para um fortalecimento da relação entre epistemologia e cultura que existe, a nosso ver, na noção do perfil epistemológico.

Por fim, destacamos a ideia de racionalismo regional proposta por Bachelard, ao definir o racionalismo como aplicado, em que as regiões do saber são determinadas pela reflexão, ou seja, apesar de parecidas, na medida em que se utilizam da matemática, a física e a química têm problemas específicos. Mesmo dentro de cada ramo do saber, na física, por exemplo, temos racionalismos regionais como o da eletricidade e o da mecânica, citados por Bachelard (1977). No entanto, Bachelard não perde a noção de

totalidade quando afirma que os racionalismos regionais devem ser integrados a um racionalismo geral que é chamado de integrante.

O racionalismo integral deve, pois, ser um racionalismo dialético que decide sobre a estrutura em que deve aplicar-se o pensamento e informar uma experiência. Ele corresponde a uma espécie de escritório central de uma fábrica que encontrou uma racionalização. Não se trata mais de definir um racionalismo geral que recolhesse a parte comum dos racionalismos regionais. Nessa via depararíamos tão-somente com racionalismo mínimo utilizado na vida comum. Destruiríamos as estruturas.

(...) O racionalismo integral só poderá ser, portanto, um domínio das diferentes axiomáticas de base. E ele designará o racionalismo como uma atividade de dialética, visto que as axiomáticas diversas se articulam entre si dialeticamente. (Bachelard, 1977, p. 155/156)

O racionalismo integral deve ser instituído depois de estudados os diversos racionalismos regionais contemporâneos de fenômenos definidos pela experiência, sendo considerados os consensos que só a cidade científica pode estabelecer.

A "pedagogia" de Bachelard

Ainda que Bachelard não tenha escrito uma "obra" específica sobre educação, a sua epistemologia é permeada de referências "pedagógicas". O seu projeto epistemológico não pode ser desvinculado de um projeto pedagógico. Quando Bachelard foi questionado sobre a presença de idéias pedagógicas na sua epistemologia, afirmou ser muito mais professor do que filósofo. (Bachelard, 1977). Em sua obra *A formação do Espírito Científico*, já nas primeiras páginas, ao fazer referências ao obstáculo epistemológico, estabelece relações com a educação discutindo a noção de obstáculo pedagógico. Bachelard critica a postura dos professores de ciência que não se sensibilizam com as dificuldades de aprendizado dos seus alunos.

[...] Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (Bachelard, 1996, p. 23)

Além de criticar a postura do professor diante das dificuldades dos alunos, Bachelard também critica a metodologia de repetição presente nas aulas de ciências e no ensino de forma geral. "Não se aprende pelo acúmulo de informações, as informações só se transformam em conhecimento na medida em que modificam o espírito do aprendiz." (Lopes, 2007, p. 58). Nesse sentido, como defensor de um descontinuísmo da razão, Bachelard é contrário às "pontes" que o ensino estabelece entre o conhecimento

científico e o senso comum. A racionalidade científica não é uma extensão e nem um refinamento do senso comum, mas essa racionalidade rompe com o senso comum, reconstruindo-se com base em novas razões à medida que os obstáculos epistemológicos sejam superados. A aprendizagem deve ser estabelecida em oposição ao conhecimento anterior. "Para ele, o aluno só irá aprender se lhe forem dadas razões que o obriguem a mudar a sua razão, havendo então a substituição de um saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico." (Lopes, 2007, p. 58).

A partir da relação entre empirismo e racionalismo, noção dialética que permeia a sua epistemologia, Bachelard olha o ensino, ou seja, "todo ensino científico, se for vivo, estará sujeito ao fluxo e refluxo do empirismo e racionalismo." (Bachelard, 1996, p. 302). Com essa proposta dialética entre empirismo e racionalismo, como discutidos em seu trabalho epistemológico, Bachelard critica as atitudes psicológicas da dualidade empirismo-racionalismo presentes no ensino:

Acreditamos que sempre existe um jogo de tons filosóficos no ensino efetivo: uma lição recebida é psicologicamente um empirismo; uma lição dada é psicologicamente um racionalismo. Eu o estou escutando: sou todo ouvido. Eu estou falando: sou todo espírito. Mesmo que estejamos dizendo a mesma coisa, o que você diz é pouco irracional; o que eu digo é sempre pouco racional. Você está sempre um pouco errado, eu tenho um pouco de razão. A matéria ensinada tem pouca importância. (Bachelard, 1996, 301)

Para Bachelard, a superação de posturas autoritárias e distantes daquilo que se ensina, pode ser superada com uma postura diferente do professor diante do conhecimento e do aluno. Sobre a postura do professor diante do conhecimento e do ensino, Bachelard afirma a necessidade de um processo dialético em dois aspectos. O primeiro é quanto à relação do professor com o conhecimento, ou seja, um professor deve manter um voto secreto de ser aluno para sempre. (Dagognet, 1980). É um dinamismo que deve permear a vida do professor como alguém que sempre está estudando e aprendendo. Além disso, é uma prática que deve estar presente na sua atividade docente dentro da escola.

Quem é ensinado deve ensinar. Uma instrução que se recebe sem que se transmita, forma espíritos sem dinamismo, sem autocrítica. Sobretudo nas disciplinas científicas, uma instrução deste gênero fixa no dogmatismo um conhecimento que deveria ser um impulso para uma diligência inventiva [...]. Em suma, se o professor é aluno, o aluno deve também tornar-se professor: pelo saber que ele comunicará, assegurar-se-á do seu poder de convicção e experimentará a salutar dificuldade da reconstrução coerente. Essa alegria intelectual de compreender, de compreender mais e, em seguida, de fazer compreender melhor realiza uma espécie de aplicação, indispensável ao vigor próprio da ciência. (Dagognet, 1980, p. 28)

As funções do professor e da própria escola, que para Bachelard (1977, p. 31) é o "modelo mais elevado de vida social", devem ser marcadas pelo trabalho em grupo e

pela preocupação com uma aprendizagem que é mais efetiva nas relações sociais dentro da escola, do que nos discursos autoritários dos professores. Portanto:

[...] o ambiente jovem é mais formador que o velho; os colegas mais importantes do que os professores. Os professores, sobretudo na multiplicidade incoerente do ensino secundário, apresentam conhecimentos efêmeros e desordenados, marcados pelo signo nefasto da autoridade. Os alunos assimilam instintos indestrutíveis. Seria preciso incitar os jovens, como grupo, à consciência de uma razão de grupo, ou seja, ao instinto de objetividade social, o qual é preterido pelo seu contrário, pelo instinto da originalidade [...] para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo. (Bachelard, 1996, 299-300)

Para um ensino socialmente ativo, Bachelard propõe uma metodologia de ensinar através das descobertas. Para isso, tem no recurso da história da ciência, enquanto um processo de construção descontínuo, em que o conceito é mais valorizado do que a imagem e o processo de construção tão importante quanto o resultado, um grande aliado.

Da mesma forma, os professores substituem as descobertas por aulas. Contra essa indolência intelectual que nos retira aos poucos o senso da novidade espiritual, o ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir. (Bachelard, 1996, 303)

De uma forma geral, a "pedagogia do não" proposta por Bachelard é uma confirmação da sua *filosofia do não*, em que o aprendizado e as construções racionais só podem se formar a partir da retificação dos obstáculos pedagógicos e epistemológicos. Portanto, a ciência tem um papel importante na educação popular e deve também estar na sua base de sustentação. Aliás, sobre o papel da ciência na cultura, Bachelard também se posiciona:

[...] Se formos além dos programas escolares até as realidades psicológicas compreenderemos que o ensino das ciências tem de ser todo revisto; que as sociedades modernas não parecem ter integrado a ciência na cultura geral. A desculpa dada é que a ciência é difícil e que as ciências se especializam. Mas, quanto mais difícil é uma obra, mais educativa será. Quanto mais uma ciência é especial, mais concentração espiritual ela exige; maior também deve ser o desinteresse que a guia. O princípio da cultura contínua está, aliás, na base da cultura científica moderna. [...] Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais estarão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a escola e não a Escola para a Sociedade. (Bachelard, 1996, p. 310)

Sobre as questões abordadas na citação anterior, merece destaque a crítica de Bachelard à ausência da ciência na cultura geral. É nesse sentido que entendemos a física como cultura, ou seja, a física assim como a ciência de forma geral é uma construção humana. É no sentido freireano de um acrescentamento que o ser humano

faz ao mundo que não fez¹³. Portanto é fundamental a presença da ciência como mais um elemento formador da cultura de cada pessoa e da sociedade. Como elemento fundamental desse processo de inserção da ciência na cultura, Bachelard coloca a escola em um patamar de destaque, sendo um instrumento fundamental para o aprendizado da ciência.

Por fim, e já fazendo uma síntese geral das ideias pedagógicas de Bachelard, concordamos com Santos (1989, p.103 - 151), que discute seu projeto pedagógico como uma pedagogia do "contra" e do "para". A seguir faremos uma síntese dessas propostas:

- ✓ Contra uma pedagogia que retém os fatos e esquece as razões; pela pedagogia da razão. Esse item está relacionado com a crítica às atividades laboratoriais rotineiras e objetivas que, deslocadas de um projeto de ensino, apresentam de forma equivocada uma idéia de um método científico único.
- ✓ Contra a pedagogia da cultura bloqueada; pela pedagogia do risco numa escola permanente. Aqui o professor deve lutar contra o imobilismo do racionalismo tradicional, sendo um agente problematizador e provocador, questionando as intuições primeiras.
- ✓ Contra uma pedagogia dogmática; pela pedagogia dialogada. O professor não pode ser o detentor único do saber, pois o ato racionalista é social e não individual. Assim como a construção do conhecimento científico, na pedagogia dialogada o conhecimento pessoal é submetido ao grupo, nos moldes da cidade científica.
- ✓ Contra a pedagogia da subjetivação; pela pedagogia da atitude objetiva. Aqui o trabalho deve buscar a superação dos obstáculos epistemológicos, ainda que eles sempre retornem. Tem-se de ter claro que o conhecimento científico é uma ruptura com o senso comum. Portanto rompe-se com a subjetividade e caminha-se em direção à objetividade.
- ✓ Contra uma pedagogia da historicidade empirista e continuísta; pela pedagogia dialética da recorrência histórica. As teorias científicas do presente não podem ficar limitadas a receber seu sentido das teorias do passado, mas sim por um processo dinâmico de "duas mãos": uma que vem do passado para o presente, outra que vai do presente ao passado (Zanetic,

¹³ Essa concepção de cultura será discutida na próxima seção

1989). Esse item relaciona-se a uma pedagogia que valoriza o processo e não apenas os resultados.

- ✓ Contra a pedagogia da ilusão simplificante; pela pedagogia da complexidade e da dificuldade. Aqui se rompe com o senso comum que, em geral, é simples e concreto. Busca-se desconstruir e desaprender para reconstruir e aprender novamente em outras bases racionalistas e complexas, num processo dialético e abstrato.
- ✓ Contra a pedagogia da simpatia; pela pedagogia da felicidade e do prazer de compreender. Esse item propõe uma substituição da curiosidade natural que é simpática mais superficial, pela curiosidade científica que busca entender e tem prazer em aprender.
- ✓ Contra as pedagogias "ativas"; pela pedagogia da atividade intelectual. As pedagogias "ativas" que surgiram no século XIX centram-se na experiência do plano empírico e imediato. Para Bachelard a atividade intelectual deve centrar-se na reflexão sobre a percepção, ou seja, descobrem-se idéias em vez de objetos.

1.2 Cultura e educação em Paulo Freire

Educação freireana

A educação freireana tem na sua base uma dialética nascente já na sua própria práxis de vida. Tendo convivido com a ditadura e experimentado a exploração, Freire insere na essência da sua teoria, um olhar para o ser humano em todas as dimensões, um olhar de esperança, um olhar cultural.

Com uma grande capacidade de entender a realidade da sociedade em que viveu, encontrando bases teóricas de interlocução com filósofos e sociólogos como: " Marx, Lukács, Fromm, Gramsci, Fanon, Memmi, Sartre, Kosik, Agnes Heller, M. Ponty, Simone Weill, Arendt, Marcuse..."(Freire 2007, p. 19), muitos deles de orientação marxista, a teoria do conhecimento de Paulo Freire possui na sua fundamentação um grito de liberdade dos oprimidos pelo sistema de opressão, uma atitude de respeito pela cultura.

Em 1947, na Divisão de educação e Cultura do SESI, com o intuito de entender melhor as relações entre família e escola, visando aprofundar esse diálogo, Freire promoveu uma pesquisa com mais de cem famílias distribuídas na zona da mata e do

agreste, onde o SESI possuía núcleos de assistência médica, esportiva e educacional. A pesquisa versava sobre questões, que pais e mães respondiam, em torno das relações familiares com seus filhos, como por exemplo, os castigos impostos pela educação e as reações dos filhos. Diante de alguns resultados:

Me lembro de que, apurados os resultados, me tornei, ainda que já esperasse, assustado com a ênfase nos castigos físicos, realmente violentos, na área urbana do Recife, na Zona da Mata, no agreste e sertão, contrastando com a ausência quase total, não apenas dos mesmos, mas de castigos, em áreas pesqueiras. Parecia que, nestas áreas, o horizonte marítimo, as lendas sobre a liberdade individual, de que a cultura se acha “ensopada”, o confronto dos pescadores em suas precárias jangadas com a força do mar, empreitada para homens livres e altaneiros, as fantasias que dão cor às histórias fantásticas dos pescadores, tudo isso teria que ver com um gosto de liberdade que se opunha ao uso sobretudo dos castigos violentos. (Freire 2007, p. 21)

Paulo Freire se assustou com os resultados e com os contrastes entre as atitudes dos pais que vivem nas áreas urbanas em relação aos da área pesqueiras. Preocupado com essas atitudes na relação entre pais e filhos e com uma possível extensão dessa prática para a relação professor – aluno, passou a fazer visitas sistemáticas aos núcleos do SESI, que mantinham escolas primárias, para uma conversa com os pais e mães, além dos professores, sobre a pesquisa realizada. Segundo ele, o aprendizado da leitura do mundo, da adequação dos universos, da linguagem, que foi ensaiado na sua tese *Educação e Atualidade Brasileira*, esboçado em *Educação como Prática de Liberdade* e explicitado definitivamente no *Pedagogia do Oprimido*, tem sua prática na Casa Amarela no Recife. Ao falar com os pais, naquele contexto, citando um estudo de Piaget sobre o código moral da criança, ele reflete:

Meu erro não estava em citar Piaget. Até que teria sido rico, falando dele, servindo-me de um mapa, partindo do Recife, Nordeste brasileiro, estender-me ao Brasil, localizar o Brasil na América do Sul, relacioná-la com o mundo restante e, nele, mostrar a Suíça, na Europa, terra do homem que eu estava citando. Não teria sido apenas rico, mas provocador e formador se tivesse feito isto. Meu erro estava, primeiro, no uso de minha linguagem, de minha sintaxe, sem um esforço maior de aproximação dela à dos presentes. Segundo, na quase desatenção à realidade dura da imensa audiência que tinha em frente a mim. (Freire 2007, p. 25).

Foi nesse contexto que Paulo Freire experimentou aquilo que, no futuro, ele denominaria de educação dialógica, em que ambos, educador e educando aprendem e ensinam um ao outro. Nesse dia, após ouvir o educador, um senhor de 40 anos aproximadamente tomou a palavra. Aquele, segundo sua reflexão (Freire, 2007), foi um dia inesquecível e as palavras desse senhor ecoaram em sua vida para sempre, tornando-se mais um dos fundamentos para construção da sua Pedagogia do Oprimido. Portanto, vale à pena reproduzir o trecho a seguir:

Acabamos de escutar", começou ele, "umas palavras bonitas do dr. Paulo Freire. Palavras bonitas mesmo. Bem ditas. Umas até simples, que a gente entende fácil. Outras, mais complicadas, mas deu pra entender as coisas mais importantes que elas todas juntas dizem".

"Agora, eu queria dizer umas coisas ao doutor que acho que os meus companheiros concordam." Me fitou manso mas penetrantemente e perguntou: "dr. Paulo, o senhor sabe onde a gente mora? O senhor já esteve na casa de um de nós?". Começou então a descrever a geografia precária de suas casas.

[...]

– Agora, veja, doutor, a diferença. O senhor chega em casa cansado. A cabeça até que pode doer no trabalho que o senhor faz. Pensar, escrever, ler, falar esses tipos de fala que o senhor fez agora. Isso tudo cansa também. Mas – continuou – uma coisa é chegar em casa, mesmo cansado, e encontrar as crianças tomadas banho, vestidinhas, limpas, bem comidas, sem fome, e a outra é encontrar os meninos sujos, com fome, gritando, fazendo barulho. E a gente tendo que acordar às quatro da manhã do outro dia pra começar tudo de novo, na dor, na tristeza, na falta de esperança. Se a gente bate nos filhos e até sai dos limites não é porque a gente não ame eles não. É porque a dureza da vida não deixa muito pra escolher. Isto é saber de classe, digo eu agora. (Freire 2007, p. 26/27).

É importante salientar que o homem questiona a fala de Freire e demonstra conhecer a estrutura de sua vida e cultura, algo que, naquele momento, Freire desconhecia em relação às famílias da região, ou seja, desconhecia a cultura daquelas pessoas. Ainda vale a pena citar a conversa que Paulo Freire, após esse discurso, teve com sua esposa Elza a respeito do gosto amargo das palavras daquele senhor. Ela o alerta quanto ao entendimento sobre aquela realidade.

– Não terá sido você, Paulo, quem não os entendeu? – perguntou Elza, e continuou: – Creio que entenderam o fundamental de sua fala. O discurso do operário foi claro sobre isto. Eles entenderam você mas precisavam de que você os entendesse. Esta é a questão. Anos depois, a Pedagogia do oprimido falava da teoria embutida na prática daquela noite, cuja memória eu trouxera para o exílio, ao lado da lembrança de outras tantas tramas vividas. (Freire 2007, p. 28)

É com essa proposta, em que se pretende que opressor e oprimido se libertem através de uma relação dialógica, experimentada pelo próprio Freire na sua vida de práxis ação-reflexão, que a pedagogia do oprimido é construída.

A pedagogia do oprimido, como pedagogia humanista e libertadora, terá dois momentos distintos. O primeiro, em que os oprimidos vão desvelando o mundo da opressão e vão comprometendo-se, na práxis, com sua transformação; o segundo, em que, transformada a realidade opressora, esta pedagogia deixa de ser do oprimido e passa a ser a pedagogia dos homens em processo de permanente libertação. (Freire, 2006a, p. 46)

Partindo desse entendimento da necessidade de uma transformação das relações humanas, a proposta freireana também se identifica com uma visão integral ser humano-mundo, ou seja:

[...] o homem, que não pode ser compreendido fora de suas relações com o mundo, de vez que é um “ser-em-situação”, é também um ser do trabalho e da transformação do mundo. O homem é um ser de práxis, da ação e reflexão. [...]

Atuando, transformando; transformando, cria uma realidade que, por sua vez, “envolvendo-o”, condiciona sua forma de atuar.

Não há, por isto mesmo, possibilidade de dicotomizar o homem do mundo, pois que não existe um sem o outro. (Freire, 2002, p. 28)

Entendendo o ser humano como um ser da práxis, da ação–reflexão, Freire identifica a necessidade de inseri-lo na cultura letrada, facilitando a estruturação de uma consciência crítica. Sua atuação se dá em muitos níveis, porém é a escola uma instituição que pode abrir as portas para um desvelamento do mundo que, segundo Freire (2002), ocorre em um processo de superação da “doxa” em direção à “episteme”. Cabe ressaltar que a doxa é entendida como o conhecimento imediato, prático de mera opinião. A episteme requer uma reflexão, um distanciamento da realidade que só é conseguido em um processo de ação–reflexão de natureza dialógica.

A educação que renuncia a ser uma situação gnosiológica autêntica, para ser esta narrativa verbalista, não possibilita aos educandos a superação do domínio da mera “doxa” e acesso ao “logos”¹⁴. E, se eles o conseguem, é que fizeram a despeito da educação mesma. (Freire, 2002, p. 81)

Aqui identificamos Freire com o Bachelard, que propõe um rompimento entre o senso comum e o conhecimento científico. Com esse olhar e experiência a teoria freireana faz duras críticas à educação tradicional que conhecemos, nomeando-a de educação bancária. Nela o educando é tratado como um receptáculo de depósitos, como uma conta bancária, em que se deposita o conhecimento, ou seja, o educando e seu conhecimento não são considerados no processo de ensino-aprendizagem.

Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão – a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro. (Freire, 2006a, p. 67)

Além de Freire criticar o sistema de ensino no seu aspecto metodológico, fica claro que essa metodologia implica em uma escolha ideológica diante da realidade e com “[...] o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimento, não se verifica nem pode verificar-se esta superação [...] (Freire 2006a, p. 67)”. Essa ideologia identificada com o status quo, tem como agentes dessa prática os educadores e os educandos.

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto

¹⁴ Logos também pode ser entendido como episteme

melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. (Freire 2006a, p. 67)

Essa crítica de Freire ao sistema de ensino como um todo, explicita a dificuldade de construir uma proposta nova. A prática de fazer comunicados, centrar o “estudo” na memorização, tendo a concepção de alunos que nada sabem e professores que tudo sabem, está disseminada no sistema educacional brasileiro como um todo. Os “agentes dessa prática” (professores, alunos, coordenadores... pais), em muitos casos, acreditam que estão fazendo o melhor, algo que impede e dificulta novas empreitadas. Portanto, o bom professor nessa lógica é o que melhor transfere e deposita conhecimentos nos alunos, que, por sua vez, são bons quando decoram e memorizam docilmente qualquer conteúdo.

Para exemplificar essa situação, apresentamos uma experiência citada pelo físico Richard Feynman, em uma visita ao Brasil na década de 1950. Ele relata sua impressão sobre o ensino de ciência no Brasil. Apesar de ter sido vivenciada há mais de 60 anos, ainda permanece muito atual.

Depois de muita investigação, finalmente descobri que os estudantes tinham decorado tudo, mas não sabiam o que queria dizer. Quando eles ouviram “luz que é refletida de um meio com um “índice”, eles não sabiam que isso significava um material como a água. Eles não sabiam que a “direção da luz” é a direção na qual você vê alguma coisa quando está olhando, e assim por diante. Tudo estava totalmente decorado, mas nada havia sido traduzido em palavras que fizessem sentido. Assim, se eu perguntasse: “O que é o Ângulo de Brewster?”, eu estava entrando no computador com a senha correta. Mas se eu digo: “Observe a água”, nada acontece – eles não têm nada sob o comando “Observe a água”. (Feynman, 2006, p. 206)

É importante ressaltar que esses alunos eram de um curso de física e já haviam estudado muitos tópicos. Porém, como o próprio Feynman reflete, apenas decoraram os termos e não conseguiam transpô-los para uma observação mais prática. Outra observação de Feynman, que ilustra essa concepção bancária, diz respeito à postura dos alunos diante das palestras, e porque não dizer das aulas, ao se posicionarem diante do conhecimento.

Depois da palestra, falei com um estudante: “Vocês fizeram uma porção de anotações – o que vão fazer com elas?”

– Ah, nós as estudamos, ele diz. Nós teremos uma prova.

– E como vai ser a prova?

– Muito fácil. Eu posso dizer agora uma das questões. Ele olha em seu caderno e diz: “Quando dois corpos são equivalentes?” E a resposta é: “Dois corpos são considerados equivalentes se torques iguais produzirem aceleração igual”. Então, você vê, eles podiam passar nas provas, “aprender” essa coisa toda e não saber nada, exceto o que eles tinham decorado. (Feynman, 2006, p. 207)

Na perspectiva freireana não é possível aceitar que a função do estudo seja apenas pensar em passar na prova. Essa lógica, perpetuada na escola bancária, inibe e dificulta o processo de aprendizagem do próprio ato de estudar, conforme critica Freire:

Este procedimento ingênuo ao qual o educando é submetido, ao lado de outros fatores, pode explicar as fugas ao texto, que fazem os estudantes, cuja leitura se torna puramente mecânica, enquanto, pela imaginação, se deslocam para outras situações. O que se lhes pede, afinal, não é a compreensão do conteúdo, mas sua memorização. Em lugar de ser o texto e sua compreensão, o desafio passa a ser a memorização do mesmo. Se o estudante consegue fazê-lo, terá respondido ao desafio. (Freire, 2011, p. 10)

O único desafio que se torna ingênuo nesse contexto é passar na prova, e manter-se em uma posição docificada e individualista diante da vida, extinguindo qualquer pensamento crítico.

Outra crítica feita por Feynman, que tem relação com a crítica freireana, é sobre a importância da pergunta. A perplexidade de Feynman aparece no trecho a seguir:

Uma outra coisa que nunca consegui que eles fizessem foi perguntas. Por fim, um estudante explicou-me: “Se eu fizer uma pergunta para o senhor durante a palestra, depois todo mundo vai ficar me dizendo: “Por que você está fazendo a gente perder tempo na aula? Nós estamos tentando aprender alguma coisa, e você o está interrompendo, fazendo perguntas”.

Era como um processo de tirar vantagens, no qual ninguém sabe o que está acontecendo e colocam os outros para baixo como se eles realmente soubessem. Eles todos fingem que sabem, e se um estudante faz uma pergunta, admitindo por um momento que as coisas estão confusas, os outros adotam uma atitude de superioridade, agindo como se nada fosse confuso, dizendo àquele estudante que ele está desperdiçando o tempo dos outros. (Feynman, 2006, p. 208)

Seu espanto, provavelmente, tenha fundamento na ideia de como se pode pensar a ciência sem fazer perguntas, ou ainda, de forma mais ampla, como pensar a vida sem fazermos questionamentos. É importante destacar que essa experiência relatada por Feynman ainda é muito atual, além de poder ser vista de outra perspectiva. Há muitos professores, assim como os alunos que já estão adequados ao sistema e não toleram muitos questionamentos, seja na física do ensino médio ou na graduação, bacharelado ou licenciatura. Em uma instituição que trabalhamos, já no meu primeiro dia de aula, um professor de física fez algumas recomendações sobre um aluno do 2º ano do ensino médio. Dizia ele: “olha... cuidado com o ele faz muitas perguntas e se não ficarmos atentos a aula foge do nosso controle... se der trela para ele tenho que estudar antes das aulas”. Realmente esse aluno fazia muitas pergunta, pois tinha um ambiente familiar propício com pais que prezavam o diálogo e alimentavam a importância da leitura e da reflexão diante do mundo. Cabe dizer que, apesar de ser uma situação rara, em geral, os professores e a escola não sabem como lidar com esses alunos questionadores.

Voltando à questão da sala de aula, a pergunta descontrola o ambiente, sendo criticada por professores e alunos, levando, em muitos casos, a uma aparente bagunça, pois é uma postura crítica dentro de uma metodologia domesticadora. É uma postura que pensa a aula aberta, dentro de uma perspectiva fechada. É uma postura que deveria ser cultural, entendendo o ser humano como um ser que reflete, ou seja, questiona.

Paulo Freire também critica a postura autoritária das aulas, regida por professores e alunos moldados ao sistema. No livro *Por uma pedagogia da pergunta* escrito com o filósofo chileno Antônio Faundez, apresentado na forma de diálogo, os autores defendem um ensino dialógico e problematizador, tendo a pergunta como um fundamento.

ANTONIO - Penso, Paulo, que esse problema de ensinar ou de educar é fundamental e que, sem dúvida, relaciona-se ao que dizíamos antes: posições políticas bem determinadas em um mundo hierarquizado no qual os que detêm o poder detêm o saber, e ao professor a sociedade atual lhe oferece uma parte do saber e do poder. Este é um dos caminhos de reprodução da sociedade. Acho, então, que é profundamente democrático começar a aprender a perguntar.

No ensino esqueceram-se das perguntas, tanto o professor como o aluno esqueceram-nas, e no meu entender todo conhecimento começa pela pergunta. Começa pelo que você, Paulo, chama de *curiosidade*. Mas a curiosidade é uma pergunta!

Tenho a impressão (e não sei se você concorda comigo) de que hoje o ensino, o saber, é resposta e não pergunta.

PAULO - Exato, concordo contigo inteiramente! E isto que eu chamo de “castração da curiosidade”. O que está acontecendo é um movimento unilinear, vai de cá pra lá e acabou, não há volta, e nem sequer há uma demanda; o educador, de modo geral, já traz a resposta sem se lhe terem perguntado nada! (Freire & Faundez, 2008, p. 46)

Freire defende a importância da pergunta que mantém a essência da curiosidade humana. Além disso, a dinâmica de sua proposta, muito mais do que estimular a curiosidade espontânea é torná-la epistemológica, constituindo o que ele denomina curiosidade epistemológica. Sendo assim, o “[...] exercício da curiosidade convoca a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca da perfilização do objeto ou do achado de sua razão de ser [...]” (Freire, 2006b, p. 88). Por outro lado, a ação do professor não se resume a responder perguntas, ou seja, ele também tem uma postura epistemológica diante do saber que deve ser valorizada, seguindo uma proposta educacional ideologicamente transformante.

Estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, o que se pode pretender com esta ou com aquela pergunta em lugar da passividade em face das explicações discursivas do professor, espécies de respostas a perguntas que não foram feitas. Isto significa realmente que devemos reduzir a atividade docente em nome da defesa da curiosidade necessária, a puro vai-e-vem de perguntas e respostas, que burocraticamente se esterilizam. A dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos em que o professor expõe ou fala do objeto. O fundamental é que o professor e

alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos. (Freire, 2006b, p. 86)

Em uma educação que só faz comunicados e não se comunica a ação do professor com aulas expositivas é a principal forma de conceber o ensino, deixando o trabalho em grupo e a interação entre os alunos em segundo plano. Feynman identifica também essa grande dificuldade de se trabalhar em grupo.

Expliquei a utilidade de se trabalhar em grupo, para discutir as dúvidas, analisá-las, mas eles também não faziam isso porque estariam deixando cair a máscara se tivessem de perguntar alguma coisa a outra pessoa. Era uma pena! Eles, pessoas inteligentes, faziam todo o trabalho, mas adotaram essa estranha forma de pensar, essa forma esquisita de autopropagar a “educação”, que é inútil, definitivamente inútil! (Feynman, 2006, p. 209)

No ensino de física, ainda em nossos dias, o trabalho em grupo surge em especial no ensino médio, pois na graduação isso ocorre com menos frequência. A função desse trabalho é subentendida como um artifício para o aluno “melhorar” a nota. Como se tem uma cultura escolar centrada no discurso e na recepção de conhecimentos, o diálogo, a controvérsia, a troca de experiências com os colegas de sala, tão valorizadas no início da vida escolar, ou seja, na educação infantil, são deixadas de lado. Sendo assim, o aluno não se capacita ao longo de sua vida escolar para resolver situações – problema.

Feynman em sua crítica, além de entender toda essa lógica escolar como algo inútil, identifica também uma competição velada entre os alunos, sendo que existe um “temor” em se admitir o não saber. Freire critica essa sistemática metodologia que prolifera uma idéia do homem como um grande vazio.

No fundo, esta atitude é de desconfiança também de si mesmos. Não estão seguros de sua própria capacidade. Introjetam o mito de sua ignorância absoluta. É natural que prefiram não dialogar. Que digam ao educador, inesperadamente, depois de quinze ou vinte minutos de participação ativa: “Perdão, senhor, nós, que não sabemos, devíamos estar calados escutando o senhor, que é quem sabe”. (Freire, 2002, p. 49)

A educação freireana, portanto, entende que a relação entre professores e alunos e entre os alunos deve ocorrer através do diálogo, através da comunicação e não através da extensão de saber, que invade culturalmente o outro destruindo sua capacidade crítica de ver o mundo. Na proposta dialógica de Freire, o ser humano é concebido como um ser da práxis, como alguém que interage e modifica a realidade.

A educação autêntica, repitamos, não se faz de A para B ou de A sobre B, mas de A com B, mediatizados pelo mundo. Mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele. Visões impregnadas de anseios, de dúvidas, de esperanças ou desesperanças que implicam temas significativos, à base dos quais se constituirá o conteúdo programático da educação. Um dos equívocos de uma concepção ingênua do humanismo está em que, na ânsia de corporificar um modelo ideal de “bom

homem”, se esquece da situação concreta, existencial, presente, dos homens mesmos. “O humanismo consiste (diz Furter), em permitir a tomada de consciência de nossa plena humanidade, como condição e obrigação: como situação e projeto.” (Freire, 2006a, p. 97)

O olhar do ser humano sobre a realidade precede a sua construção simbólica, sendo que o desenvolvimento do homem e da mulher deve ter na sua essência a consciência do inacabamento. Em qualquer processo de alfabetização, e aqui nos concentramos na científica, partindo do pressuposto de uma educação dialógica, deve-se levar em conta que:

[...] a leitura do mundo precede sempre a leitura da palavra e a leitura desta implica a continuidade da leitura daquele. Na proposta a que me referi acima, este movimento do mundo à palavra e da palavra ao mundo está sempre presente. Movimento em que a palavra dita flui do mundo mesmo através da leitura que dele fazemos. De alguma maneira podemos ir mais longe e dizer que a leitura da palavra não é apenas precedida pela leitura do mundo mas por uma certa forma de “escrevê-lo” ou de reescrevê-lo, quer dizer, de transformá-lo através da nossa prática consciente. (Freire, 2003a, p. 20)

Partindo dessas primícias, Freire estrutura sua teoria de forma a desconfigurar na origem a metodologia utilizada na escola tradicional definida como bancária. Além das relações entre professores e alunos, ou melhor, numa linguagem freireana, entre educadores e educandos, que assumem os dois papéis no processo educacional, Freire propõe a reconstrução da relação ensino-aprendizagem desde a definição curricular. De forma participativa, educadores, educandos e até a comunidade, envolvem-se na construção curricular, fazendo uma leitura do mundo, da sua realidade vivenciada, que é investigada na busca de temas geradores. Seguindo a proposta dialógica freireana, a investigação do universo temático traz uma metodologia baseada no diálogo, em que todos devem ser ouvidos e respeitados. Os temas geradores, que surgem dessas discussões, estão presentes na realidade do grupo e, como na definição proposta pelo próprio nome, são temas que causam desdobramentos e aprofundamentos possíveis. “Os temas geradores podem ser localizados em círculos concêntricos, que partem do mais geral ao mais particular” (Freire, 2006a, p. 109). A investigação do universo mínimo temático, na busca da definição dos temas geradores, já contém a proposta de um estudo dialógico e libertador, ou seja, a definição do conteúdo já tem intrinsecamente uma proposta de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido é que a investigação do tema gerador, que se encontra contido no “universo temático mínimo” (os temas geradores em interação), se realizada por meio de uma metodologia conscientizadora, além de nos possibilitar sua apreensão, insere ou começa a inserir os homens numa forma crítica de pensar o mundo. (Freire, 2006a, p. 112)

A primeira parte da investigação consiste na identificação da situação, fazendo-se um levantamento preliminar, ou seja, na leitura do mundo buscando uma proximidade com a realidade observada, além de fontes secundárias (dados escritos) e conversas informais (alunos, pais, professores e representantes da comunidade). A segunda etapa, consiste na escolha de situações existenciais com as suas codificações. É importante salientar que o processo de codificação dos dados é, a “ [...] mediação entre o contexto concreto, em que se dão os fatos, e o contexto teórico, em que são analisadas, ou seja, é o objeto cognoscível sobre o qual educador-educando e os educandos-educadores, incidem a sua crítica” (Freire, 2006a, p.126). Com os dados da segunda etapa, segue-se a terceira etapa, em que se iniciarão os diálogos decodificadores.

Preparadas as codificações, estudados pela equipe interdisciplinar todos os possíveis ângulos temáticos nelas contidos iniciam os investigadores a terceira fase da investigação.

Nestas, voltam à área para inaugurar os diálogos descodificadores, nos “círculos de investigação temática”. (Freire, 2006a, p. 130)

Esse processo de decodificação da realidade leva o sujeito a uma postura crítica diante do desafio, buscando encontrar as nuances da temática. Os participantes reunidos nos círculos buscam decodificar essas situações indicando os temas geradores. Nesse contexto a grande função do professor, ou líder, é estimular o diálogo através da problematização. “A tarefa do educador dialógico é, trabalhando em equipe interdisciplinar este universo temático recolhido na investigação, devolvê-lo, como problema, não como dissertação, aos homens de quem recebeu” (Freire, 2006a, p. 119).

É importante destacar que após esse processo de decodificação e definição dos temas geradores, passa-se a desenvolver o conteúdo programático e o material didático. Esse processo culmina com a “redução temática” desenvolvida por cada professor. Nessa etapa, os temas são vistos a partir de referencial disciplinar, fornecendo uma visão mais específica. Esse passo antecede a situação de aulas, na linguagem tradicional, tendo essa temática apresentada na forma de problemas a serem resolvidos e decifrados, conforme especifica Freire:

Preparado todo esse material, a que se juntariam pré-livros sobre toda esta temática, estará a equipe de educadores apta a devolvê-lo ao povo, sistematizada e ampliada. Temática que, sendo dele, volta agora a ele, com problemas a serem decifrados, jamais como conteúdos a serem depositados. (Freire, 2006, p. 137)

Antes de finalizarmos, gostaríamos de reforçar a visão de Freire sobre a relação entre professor e aluno. Ele afirma que o homem não pode ser compreendido fora das suas relações, reforçando a tese básica da pedagogia freireana, pois é um ser de práxis, ou seja, de ação e reflexão. Se o professor não tem essa clareza, possivelmente não

estabelecerá uma relação dialógica com os alunos, não estabelecerá uma comunicação, e sim uma prática didática extensionista que se configura no primeiro equívoco gnosiológico:

O primeiro equívoco gnosiológico da extensão está em que, se há algo dinâmico na prática sugerida por tal conceito, este algo se reduz à pura ação de estender (o estender em si mesmo) em que, porém, o conteúdo estendido se torna estático. Dessa forma, o sujeito que estende é, enquanto ator ativo, em face de “espectadores” em quem deposita o conteúdo que estende. (Freire 2002, p. 26)

Esse equívoco da extensão é cometido pelos professores quando apenas se preocupam com os conteúdos, ignorando o universo cultural dos alunos. Freire exemplifica essa situação na relação entre o agrônomo e o camponês, em que esse último vê o seu universo cultural ser invadido e desprezado pela nova ordem imposta pelo agrônomo. “Sobrepôr a ele outra forma de pensar, que implica noutra linguagem, noutra estrutura e noutra maneira de atuar lhe desperta uma reação natural. Uma reação de defesa ante o “invasor” que ameaça romper seu equilíbrio interno” (Freire, 2002, p. 31). Esse sobrepor cultural recebe o nome de invasão cultural, em que o invasor enxerga o invadido como um mero objetivo de sua ação. Essa invasão cultural, consequência de uma relação antidialógica, tem feito parte da prática de muitas das escolas como consequência de um despreparo dos professores, atrelados a condições precárias de trabalhos, currículos equivocados e falta de planejamento. Essa ação de invadir, muitas vezes, desencadeia uma reação apresentada na forma de indisciplina, indiferença e de desinteresse por parte do invadido. “E ser dialógico, para o humanismo verdadeiro, não é dizer-se descomprometidamente dialógico; é vivenciar o diálogo. Ser dialógico é não invadir, é não manipular, é não sloganizar. Ser dialógico é empenhar-se na transformação constante da realidade.” (Freire 2002, pág. 43). A visão dialógica independe do tema que se estabelece como elo de comunicação. Aquilo que mediatiza os interlocutores pode ser desde técnicas agrícolas, passando pelas artes, ou um conteúdo científico, pois o fundamental é a co-participação no ato de aprender, construindo significados para ambos os sujeitos interlocutores, configurando assim uma comunicação que se constrói criticamente. “A educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não é a transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação dos significados.” (Freire 2002, pág. 69)

Por fim, cabe aqui outras palavras de Freire que resumem a sua teoria do conhecimento, baseado no respeito aos diferentes elementos da cultura humana e no respeito ao ser humano como um sujeito de práxis.

Por isto mesmo, a expressão “extensão educativa” só tem sentido se se toma a educação como prática de “domesticação”. Educar e educar-se, na prática da liberdade, não é estender algo desde a “sede do saber”, até a “sede da ignorância” para “salvar”, com este saber, os que habitam nesta.

Ao contrário, educar e educar-se, na prática da liberdade, é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais. (Freire 2002, pág. 25)

A ação cultural

Como adeptos da educação libertadora e, conseqüentemente, da visão freireana, temos refletido sobre a teoria do conhecimento de Paulo Freire sob o olhar da cultura. Paulo Freire utiliza na construção da sua teoria, desde *Pedagogia do Oprimido*, escrito em seu exílio no Chile nos anos 1967 – 1969, de áreas como história, filosofia, antropologia e sociologia, porém sua reflexão é fortemente impregnada com um olhar humano, político, educativo e cultural. É um olhar essencialmente gnosiológico. Segundo Lalande “o termo gnosiológico (...) aplicar-se-ia bem pela sua etimologia à análise reflexiva do ato ou faculdade de conhecer (...) investigação acerca das origens, a natureza, valor e os limites da faculdade de conhecer” (apud Simões 1994, p. 10). Portanto, se estamos pensando em conhecimento, pensamos na relação entre o ser humano e a cultura.

A relação entre o ser humano e a cultura está na essência do trabalho de Paulo Freire. Sua obra e prática têm uma intenção de despertar o ser humano do seu sono alienante diante do mundo. A proposta de conscientização do ser humano como alguém que, intrinsecamente, “tem” cultura, ainda que possa ser pensada em matrizes diferentes como a cultura letrada e a cultura iletrada, está na base da teoria freireana que se torna, nesse sentido, uma verdadeira ação cultural para liberdade.¹⁵

Esse aprendizado dialético significa que, apesar da intenção de inserir de forma consciente as pessoas de cultura iletrada em um mundo predominantemente de cultura letrada, a relação entre os indivíduos tem de se basear no respeito e aprendizado mútuo, ou seja, em uma relação dialógica onde todos aprendem. Portanto, é possível uma pessoa de cultura letrada aprender com outra da cultura iletrada e vice-versa, e ambas estarem inseridas na natureza e fazendo acréscimos a ela. Um exemplo muito interessante dessa situação foi descrito por Paulo Freire em seu livro *Pedagogia da esperança: um reencontro da pedagogia do oprimido*, quando o próprio Paulo freire

¹⁵ Tomamos emprestada uma expressão que é nome de um dos livros de Paulo Freire, *Ação cultural para a liberdade e outros escritos* (1968)

estava em um assentamento de camponeses no Chile no fim dos anos 60. Em um círculo de cultura nesse assentamento do movimento de reforma agrária, após os comentários do membro dirigente, Paulo Freire resolveu fazer algumas observações, e foi surpreendido com um comentário de um dos camponeses dizendo que ele podia falar, pois ele era quem sabia e tinha o conhecimento. Freire propõe uma dinâmica na forma de jogo de perguntas. A seguir apresentamos um trecho da situação:

[...] Começarei o jogo fazendo uma primeira pergunta a vocês.” A essa altura, precisamente porque assumira o "momento" do grupo, o clima era mais vivo do que quando começáramos, antes do silêncio.

Primeira pergunta:

– Que significa a maiêutica socrática?

Gargalhada geral e eu registrei o meu primeiro gol.

– Agora cabe a vocês fazer a pergunta a mim – disse.

Houve uns cochichos e um deles lançou a questão:

– Que é curva de nível?

[...]

Assim, sucessivamente, até chegarmos a dez a dez.

Ao me despedir deles lhes fiz uma sugestão: "Pensem no que houve esta tarde aqui. Vocês começaram discutindo muito bem comigo. Em certo momento ficaram silenciosos e disseram que só eu poderia falar porque só eu sabia e vocês não. Fizemos um jogo sobre saberes e empatamos dez a dez. Eu sabia dez coisas que vocês não sabiam e vocês sabiam dez coisas que eu não sabia. Pensem sobre isto. (Freire 2007, pág 48/49)

A citação acima nos ensina o que é respeitar o ser humano, revelando a essência do pensamento freireano, propondo que o ser humano seja sempre reconhecido e respeitado na sua cultura. Freire tinha em sua práxis de vida uma capacidade de buscar na fonte de seus interlocutores [Lukács, Karl Marx, Karl Mannheim, Lucien Goldmann, Gilberto Freire, Zevedei Barbu, entre outros] a inspiração para sua proposta, que realizava no seu contato com os sem teto, sem terra, camponeses e excluídos de toda a natureza. Segundo ele mesmo relatava, o seu aprendizado se dava em toda essa relação dialética de universos e culturas diferentes.

É com esse olhar amplo, dialógico e humano, que Freire atua com uma prática de ação cultural para a liberdade. Consciente que a dimensão dialógica possibilita uma relação entre mundos de culturas diferentes, o letrado e o iletrado, por exemplo, a proposta freireana tem como sua primeira reflexão o papel ativo que o homem estabelece com a natureza e a cultura. Em seu livro *Educação como prática de liberdade*, Paulo Freire discute a importância da dimensão cultural.

E pareceu-nos que a primeira dimensão deste novo conteúdo com que ajudaríamos o analfabeto, antes mesmo de iniciar sua alfabetização, na superação de sua compreensão mágica como ingênua e no desenvolvimento da crescentemente crítica, seria o conceito antropológico de cultura. A distinção entre dois mundos: o da natureza e o da cultura. O papel ativo do homem em sua e com sua realidade. O sentido da mediação que tem a natureza para as relações e comunicação dos homens. A cultura como o

acrescentamento que o homem faz ao mundo que não fez. A cultura como resultado de seu trabalho. Do seu esforço criador e recriador. O sentido transcendental de suas relações. A dimensão humanista da cultura. A cultura como aquisição sistemática da experiência humana. Como uma incorporação, por isso crítica e criadora, e não como uma justaposição de informes ou prescrições “doadas”. A democratização fundamental. O aprendizado da escrita e da leitura como uma chave com que o analfabeto iniciaria a sua introdução no mundo da comunicação escrita. O homem, afinal, no mundo e com o mundo. O seu papel de sujeito e não de mero e permanente objeto. (Freire, 2006c, p. 116/117, grifos nossos)

A proposta freireana possui uma vertente ao mesmo tempo gnosiológica e antropológica, levando o ser humano a compreender-se e compreender o mundo em que vive. O seu aprendizado consiste em re-elaborar a sua cultura no sentido de colocá-lo em condições de diálogo e entendimento com a cultura estabelecida. A apropriação de novos conceitos e a re-elaboração de conceitos existentes, ocorre no nível de sua consciência, ainda que isso não necessariamente o leve a descartar as suas raízes. Porém o fará sentir-se ser humano que cria e recria o mundo. Assim, o iletrado percebe que tanto ele quanto o letrado possuem, embora em matizes diferentes, o mesmo espírito de criação e recriação, sendo que:

Descobriria que tanto é cultura o boneco de barro feito pelos artistas, seus irmãos do povo, como cultura também é a obra de um grande escultor, de um grande pintor, de um grande místico, ou de um pensador. Que cultura é a poesia dos poetas letrados de seu país, como também a poesia de seu cancionero popular. Que cultura é toda criação humana. (Freire 2006c, p. 117)

É importante destacar que para Freire a existência de cultura letrada e iletrada é fruto de uma sociedade injusta e desigual, que privilegia o capital em detrimento do ser humano. A ação cultural para a liberdade tem como objetivo despertar a consciência crítica do ser humano, ou seja, o processo de alfabetização ocorre na realidade e não despertar para o mundo, e não como uma rotina mecânica de memorização. “Daí a nossa descrença inicial nas cartilhas que pretendem a montagem da sinalização gráfica como uma doação e reduzem o analfabeto mais à condição de objeto que a de sujeito de sua alfabetização” (Freire, 2006c, p. 119). Sendo assim, há uma necessidade do ser humano ser protagonista da história, tendo uma atitude de desalienação cultural, que em nossa sociedade deve ser despertada.

Sua alienação cultural, de que decorria sua posição de sociedade “reflexa” e a que corresponde uma tarefa alienada e alienante de suas elites. Elites distanciadas do povo. Superpostas à sua realidade. Povo “imerso” no processo, inexistente enquanto capaz de decidir e a quem correspondia a tarefa de quase não ter tarefa. De estar sempre sob. De seguir. De ser comandado pelos apetites da elite, que estava sobre ele. Nenhuma vinculação dialogal entre estas elites e as massas, para quem ter tarefa corresponderia somente seguir e obedecer. (Freire, 2006c, p. 55)

Esse universo de exploração é um “combustível” para a práxis freireana de propor, através da educação, uma tomada de consciência. Freire, a partir dos estudos de Álvaro Vieira Pinto, articula uma teoria de evolução das consciências. Olhando para a história do Brasil e pensando no ser humano, propõe a identificação de alguns estágios de consciência: intransitiva, transitivo–ingênua, transitivo-crítica e fanatizada (massificação).

A sociedade de consciência intransitiva, ou seja, preponderantemente fechada, caracteriza-se em centralizar os interesses nas formas mais vegetativas de vida. Preocupa-se extremamente com as questões e necessidades biológicas, deixando de lado a historicidade humana. É uma consciência que predomina nas áreas mais "atrasadas" limitando a capacidade de apreensão e leitura do mundo. Não se tem compromisso, pois não se tem consciência dessa necessidade. “É a consciência dos homens de zonas pouco ou nada desenvolvidas do país. São uns “demitidos da vida” ou talvez mais precisamente, uns inadmitidos à vida, tomada a expressão no sentido mais amplo” (Freire, 2003b, p. 32).

A transitividade-ingênua, fase em que, segundo Freire, se encontrava o Brasil nos anos 60 e, possivelmente, ainda se encontre hoje, tende a julgar os problemas com um grande grau de simplicidade, até com certo saudosismo, principalmente ao identificar os tempos passados como melhores, além da subestimação do ser humano comum. Nessa sociedade e nas pessoas com essa consciência, as explicações dos problemas têm um grande teor emocional, conformista e até mágico, características que ficaram da fase de intransitividade.

A transitividade crítica a que, segundo Freire (2003b; 2006c), chegaríamos somente através de uma educação dialogal e ativa, voltada para a responsabilidade social e política, sobretudo na solução de problemas, deixa de lado as explicações mágicas e emocionais da transitividade–ingênua, para um entendimento dos princípios causais dos problemas. É um "tipo" de consciência que deixa de lado os preconceitos na análise dos problemas esforçando-se para evitar deformações. A sua atuação é de ter uma simpatia pelas ideias novas, não porque são novas, mas são as mais válidas. De maneira análoga não recusa as ideias velhas quando são as mais adequadas. É uma inclinação crítica que pressupõe um modelo democrático.

Por um lado, a transitividade crítica é um dos caminhos seguintes à transitividade-ingênua, pensando em uma evolução. Contudo em uma sociedade em mudança temos o perigo da transitividade-ingênua tornar-se uma consciência fanatizada também chamada

de massificação. É um estágio de maior descomprometimento até do que a fase intransitiva. O sujeito dessa sociedade está acomodado e a preponderância de características mágicas remanescentes da fase de intransitividade o leva a uma irracionalidade. A seguir apresentamos um fluxo do movimento dessas consciências:

Figura 2 - Fluxo dos níveis de consciência¹⁶

A passagem de uma fase para outra, segundo Paulo Freire, possui diferentes aspectos causais. “A passagem da consciência preponderantemente intransitiva para a preponderantemente transitivo-ingênua vinha paralela à transformação dos padrões econômicos da sociedade brasileira. Era a passagem que se fazia automaticamente” (Freire, 2006b, p. 70). Com a urbanização e a complexidade da vida é possível que a sociedade faça essa passagem da intransitividade para a transitividade ingênua, mas o passo seguinte necessita de uma intervenção educativa.

O que nos parece importante afirmar é que o outro passo, o decisivo, da consciência predominantemente transitivo-ingênua para a predominantemente transitivo-crítica, ele não dará automaticamente, mas se inserido num trabalho educativo com essa destinação. Trabalho educativo que não se ponha despercebida e desaperebidamente diante do perigo da massificação, em íntima relação com a industrialização, que nos é um imperativo existencial. (Freire, 2003b, p. 37)

A necessidade de uma educação de qualidade e os perigos de uma educação de má qualidade na formação da consciência do indivíduo, lembra-nos da reflexão apresentada por Snow (1995), quando criticava o abismo entre os participantes de uma cultura não científica (literatos, poetas, artistas...) e os de cultura científica. Para Snow o entrave começava pela educação:

¹⁶ Freire 2003b, p. 117

Já disse antes que essa divisão cultural não é apenas um fenômeno inglês: existe em todo o mundo ocidental. Mas, provavelmente, parece mais aguda na Inglaterra, por duas razões. Uma é a nossa crença fanática na educação especializada, que está enraizada em nós muito mais profundamente do que em qualquer outro país do mundo ocidental e oriental. A outra é a nossa tendência a deixar que as nossas formas sociais se cristalizem. Essa tendência parece fortalecer-se cada vez mais, e enfraquecer, quanto mais aplainamos as desigualdades econômicas. Isso é especialmente verdadeiro no tocante a educação. Significa que, uma vez estabelecida uma divisão social, todas as forças sociais atuam não para lhe diminuir a rigidez mas para consolidá-la cada vez mais. (Snow, 1995, p. 36)

Snow entende que a educação inglesa da época, sendo muito mais especializada que a americana ou a soviética, constituía-se em problema para uma formação cultural mais ampla, além de dificultar o diálogo entre as diferentes instâncias sociais. Por outro lado, entendemos que uma educação altamente especializada desde muito cedo, pode contribuir para a formação de consciências massificadas e de um sujeito muito especializado em uma área, mas sem uma formação genérica que o permita desenvolver uma consciência crítica diante do mundo. Portanto é importante um trabalho de educação destinado à evolução para uma consciência transitiva-crítica, que ainda tem muitos desafios no Brasil de hoje. Além dos cuidados de não deixar ocorrer distorções nessa transição, que possam conduzir as pessoas à massificação, é preciso destacar que em nosso país impera uma cultura fixada na palavra vazia, em monólogos. Essa "tradição" corresponde a nossa in experiência com o diálogo, com a investigação, e com a pesquisa, que estão intimamente ligadas a uma sociedade com mentalidade pouco democrática. “[...] Nossa educação não é teórica porque lhe falta esse gosto da comprovação, da invenção, da pesquisa. Ela é verbosa. Palavresca. É sonora. É assistencialista. Não comunica. Faz comunicados, coisas diferentes” (Freire, 2006c, p. 101). Para romper com ela, o diálogo crítico é essencial.

A ação cultural para a liberdade objetiva um desenvolvimento de uma consciência crítica que tem sua origem na idealização do universo cultural. Nesse sentido, a inserção da cultura letrada em todos os cantos do planeta, tem seu fundamento em um processo educativo centralizado em uma atitude ativa e dialogal baseada na realidade.

Na proposta de Freire, que objetiva uma emancipação das camadas populares, sua ação cultural tem uma forma de revolução centrada no processo educativo, quando propõe uma prática que não é ativismo, pois essa é uma prática esvaziada de reflexão crítica; e uma teoria que não é verbalismo, pois esse é um sistema de palavreado sem ação. A consciência crítica não se constrói através de propostas intelectualistas, mas pela práxis ação-reflexão.

Enquanto a ação cultural para a libertação se caracteriza pelo diálogo, “somo selo” do ato de conhecimento, a ação cultural para a domesticação procura embotar as consciências. A primeira problematiza, a segunda “sloganiza”. Desta forma, o fundamental na primeira modalidade de ação cultural, no processo de organização das classes dominadas, é possibilitar a estas a compreensão crítica da verdade de sua realidade. (Freire, 2011, p. 133)

Retomando as questões de distorção que podem nos conduzir a uma sociedade massificada, identifica-se essa possível fase nas sociedades altamente tecnologicizadas e absorvidas pelo mito do consumo. Nessa análise da sociedade, que coincide com os olhares de Jally (1995) e Morin (1998), Freire (2011) critica a necessidade de especialização que pode se transformar num especialismo alienante, caminhando para um irracionalismo. Entendemos nesse contexto a formação de “especialistas ignorantes”, ou seja, os profissionais que intensificam o seu entendimento em uma área específica, mas ignoram a sua posição e responsabilidade no contexto sociocultural em que vivem. De certa forma, podemos conduzir nossos alunos a uma postura dessa natureza, quando defendemos que a principal função do ensino é a aprovação no vestibular ou nas avaliações de "ranqueamento". Aspecto que não deve ser ignorado, porém possui intrinsecamente uma ideologia altamente individualista e excludente.

Esse processo massificador, como já dissemos, é um fenômeno extremamente relacionado com a nossa época. Freire identifica, como uma de suas causas, a proposta de vida altamente automatizada e construída dentro dos manuais de pré-fabricação, pois são propostas que dificultam o desenvolvimento da nossa capacidade cotidiana de raciocinar. Somos orientados e ludibriados por meios de comunicação com alto padrão de tecnologia e estratégias de convencimento para o consumo e aparente vida fácil.

A tecnologia deixa de ser percebida como uma das grandes expressões da criatividade humana e passa a ser tomada como uma espécie de uma nova divindade a que se cultua. A eficiência deixa de ser identificada com a capacidade que tem os seres humanos de pensar, de imaginar, de arriscarem-se na atividade criadora para reduzir-se ao mero cumprimento, preciso e pontual, das ordens que vêm de cima. (Freire, 2011, p. 136/137).

A crítica de Paulo Freire não é direcionada à tecnologia especificamente, pois ela é compreendida como uma atividade natural do processo criador do ser humano, porém àquela definida dentro dos moldes consumistas. É um problema muito mais político do que tecnológico. Quando a parafernália tecnológica domina nossas vidas, limitando nossa capacidade de decisão, esse desenvolvimento pode ser prejudicial. A tecnologia deve ser um ato de emancipação do ser humano e não de sua limitação.

Antes de finalizarmos, cabe lembrar algumas palavras de Bento de Jesus Caraça em uma conferência intitulada *A cultura integral do indivíduo: o problema central do nosso*

*tempo*¹⁷. Nessa oportunidade, refletindo sobre o domínio dos interesses individuais sobre os coletivos¹⁸, Caraça adverte que não devemos confundir grau de civilização com grau de cultura.

O grau de civilização de um povo mede-se pela quantidade e qualidade dos meios que a sociedade põe a disposição do indivíduo para lhe tornar a existência fácil, pelo grau de desenvolvimento dos seus meios de produção e distribuição; pelo nível de progresso científico e utilização que dele se faz para as relações da vida econômica

O seu grau de cultura mede-se pelo conceito que ele forma do que seja a vida e da facilidade que o indivíduo se deve dar para viver; pelo modo como nele se compreende e proporciona o consumo; pela maneira e fins para que são utilizados os progressos da ciência; pelo modo como entende a organização das relações sociais e pelo lugar que nelas ocupa o homem. (Caraça, 2008, p. 78)

Podemos ter um povo que é civilizado, mas não é culto, pois a cultura, segundo Caraça, está relacionada a uma tomada de consciência diante do mundo e não necessariamente a um saber acadêmico. Para ele, o homem culto é aquele que:

1º - Tem consciência da sua posição no cosmos e, em particular, na sociedade a que pertence;

2º - Tem consciência da sua personalidade e da dignidade que é inerente à existência como ser humano;

3º Faz do aperfeiçoamento do seu interior a preocupação máxima e fim último da vida. (Caraça, 2008, p. 76).

Nesse sentido, a aquisição da cultura significa uma elevação constante do que há de melhor no ser humano, buscando um crescente desenvolvimento de suas potencialidades do ponto de vista físico, moral, intelectual, artístico, científico, que não deve ser negado a nenhum ser humano. Resumindo, trata-se da conquista da liberdade. Sendo assim, ressaltamos que a ação cultural para libertação objetiva, por meio de um processo educativo dialógico, promover a transição do ser humano para um estágio de consciência crítica, tendo a leitura da palavra como um instrumento para a leitura mais inteligente do mundo.

1.3 A física na cultura

Após refletirmos sobre o conceito de cultura na obra de Paulo Freire, entendemos que cada criação, cada recriação ou construção realizada pelo ser humano é, no sentido freireano, um acrescentamento que homens e mulheres fazem ao mundo que não fizeram. Partindo desse princípio, faremos nessa seção uma breve discussão e reflexão

¹⁷ Essa conferência ocorreu em 25 de maio de 1933 na União cultural Mocidade Livre, em Lisboa. A transcrição foi obtida no livro *Cultura Integral e outros escritos*, publicada pela Editora Gradiva, na sua 3ª edição em 2008.

¹⁸ Ressaltamos que a conferência foi pronunciada em um período que emergiam grandes ditaduras em toda Europa.

sobre a ciência na cultura, mais especificamente sobre a física na cultura. Entendemos a física, assim como a ciência de forma geral, como mais um desses elementos acrescentados pelo ser humano ao mundo que não fez. Portanto, a ciência é uma criação humana, parte integrante da cultura, que possibilita um diálogo inteligente com o cosmos em um processo dialético com as outras áreas do saber. A nossa abordagem terá como referência dois aspectos que consideramos importantes, ou seja, a presença da ciência na sociedade através da tecnologia e da sua relação com a literatura.

A Influência na tecnologia

Pensar na inserção da ciência na cultura das pessoas, a princípio, deveria ser algo extremamente fácil e tranquilo, principalmente quando olhamos para toda a parafernália tecnológica que faz parte de nossas vidas. Se movermos nosso olhar 100 anos para trás, em 1914, a física quântica ainda estava se iniciando, não tínhamos televisão, o telefone celular, e muito menos internet. Os aviões não eram nem sombra de máquinas sofisticadas que hoje cortam o céu, e os automóveis ainda estavam em um estágio muito primitivo. Em mais 100 anos para trás, portanto em 1814, estávamos vivenciando o processo que seria conhecido como a primeira revolução industrial, com o início do desenvolvimento das conversões de formas de energia, seguida da segunda revolução industrial provocada pelos estudos do eletromagnetismo de Maxwell a Hertz. Se pensarmos em mais 100 anos para trás ainda, alcançamos os trabalhos de Newton que, tendo Copérnico, Galileu e Kepler como referências, provocaram alterações significativas na nossa forma de conceber o mundo. Poderíamos ainda citar o desenvolvimento da óptica, sem o qual Galileu teria dificuldades ainda maiores nas suas observações, além do desenvolvimento de outras áreas como a Biologia com a obra de Darwin e da química com Lavoisier.

É impossível não enxergarmos as grandes mudanças que a humanidade conquistou nesses 300 anos e rapidamente e sinteticamente fizemos menção. Aparentemente, é um tempo grande, quando comparamos com a expectativa de vida de um ser humano. Contudo, ao pensarmos na história da humanidade, com o homem moderno existindo há cerca de 200 mil anos, esse tempo é irrelevante. Ainda se tomarmos como referência a invenção da escrita, há cerca de 4000 a.C, os 300 anos que citamos, ainda são pouco tempo para as grandes alterações nas nossas concepções de mundo e modo de vida. White (2009) ao refletir sobre a evolução da cultura, argumenta que o domínio sobre a energia é uma das condições principais para as mudanças culturais que observamos na

história. Tendo as leis da termodinâmica como referência, a primeira sobre a quantidade total de energia do cosmo ser constante, a segunda sobre uma tendência à desordem e dissipação de energia, White aplica essas ideias aos sistemas culturais.

Os sistemas culturais são do mesmo tipo. Isso não deve surpreender, pois sistemas culturais são complementares aos seres humanos, que são sistemas biológicos. Sistemas culturais também são sistemas termodinâmicos, isto é captam energia, a transformam e a colocam em funcionamento. Tudo o que um sistema sociocultural faz requer energia. Uma das dimensões de um sistema cultural é a quantidade de energia que ele usa e gasta per capita anualmente. [...]. Um sistema cultural de duzentas pessoas aproveitaria e usaria duas vezes mais energia que um sistema de cem pessoas, tudo mais permanecendo constante. Mas a quantidade de energia per capita usada anualmente pode ser a mesma para os dois sistemas. (White, 2009, p. 105)

Os diferentes sistemas culturais necessitam de energia para seu desenvolvimento, e a quantidade de energia sofre aumentos às vezes gradualmente ou abruptamente. Por muito tempo a principal fonte de energia foi o próprio organismo humano, junto com o fogo, vento, água e outros animais. Um organismo humano é capaz de gerar 1/10 cavalo-vapor, algo muito pequeno da ordem de uma lambreta. Segundo White (2009), na visão de muitos antropólogos, a humanidade teria continuado a viver de forma precária se não tivesse descoberto meios de aumentar a quantidade de energia disponível. O primeiro controle dos recursos energéticos foi realizado com os desenvolvimentos técnicos da agricultura e pecuária, que aumentaram a produção de alimentos e dando início a novas formas de “racionalização”. É possível perceber uma diferença na organização e forma de vida, em sociedades da Mesopotâmia, vale do Nilo e nos pré-colombianos, a partir desses eventos. “[...] Os artesanatos e as artes desenvolveram-se: grandes cidades, edifícios arquitetônicos e projetos de engenharia gigantescos, escrita, astronomia, início das ciências e por aí a fora” (White, 2009, p. 108). É importante salientar que a invenção e criação das ferramentas também contribuíram nesse processo de evolução cultural. A sociedade nesse período baseava-se no parentesco e nas relações de sangue, em que todos compartilhavam os recursos energéticos. Mas esse desenvolvimento durou e limitou-se a quantidade de energia que era possível utilizar-se naquele período.

Sendo assim, foi necessária uma revolução que pode ser tratada também como energética. A utilização de combustíveis fósseis, além de outras formas de energia, elétrica e magnética, em conjunto com a invenção de novas formas de ferramentas e utensílios, agora mecânicos e eletroeletrônicos, possibilitou a humanidade dar um novo salto na história. Snow em sua crítica de 1959 à sociedade inglesa e a educação daquele país e do ocidente de uma forma geral, sobretudo em relação à formação cultural

limitada oferecida, defende que a revolução industrial tem um papel fundamental na construção da modernidade.

[...]. Nos países desenvolvidos percebemos de maneira tosca mas eficaz o que a velha revolução Industrial trouxe consigo. Um grande aumento populacional, porque a ciência aplicada caminhou lado a lado com a ciência médica e a medicina preventiva. O suficiente para comer, por motivos semelhantes. Todos sabendo ler e escrever, porque uma sociedade industrial não pode trabalhar sem isso. Saúde, comida, educação; apenas a revolução industrial poderia tê-las oferecido aos mais pobres. São esses ganhos fundamentais, mas há perdas também, é claro; uma delas é que para organizar uma sociedade para a indústria é mais fácil organizá-la para uma guerra total. Mas os ganhos persistem. São a base de nossa esperança social. (Snow, 1995, p. 47)

Ainda que a revolução industrial tenha conduzido a humanidade a um patamar jamais conhecido, algo comparado, nas suas devidas proporções, à revolução da agricultura e pecuária, ela não recebeu a atenção que merecia, além de não estar, mesmo em nossos dias, a disposição de todo ser humano. Apesar da humanidade ter vivido a maior parte do tempo de sua existência utilizando a força muscular dos seres humanos ou dos animais, as maiores alterações culturais ocorreram nos últimos 400 anos. Mesmo assim, a nossa organização social talvez não tenha evoluído tanto, sobretudo no que diz respeito a recursos energéticos.

Na sociedade moderna, um pequeno grupo dominante exerce um monopólio sobre os recursos naturais e define a forma de exploração deles. Esse grupo controla os recursos de tal forma que as grandes massas da população vivem em relativa pobreza, enquanto uma pequena minoria possui ou controla a maior parte da riqueza. (White, 2009, p. 118).

Nesse sentido o conhecimento científico torna-se uma dimensão opressora, além de um instrumento de escravidão e domínio que favorece pequenos grupos detentores do poder econômico. É contraditória essa dimensão, quando pensamos em um conhecimento que poderia melhorar as condições de vida dos seres humanos de uma forma geral.

Por outro lado, é possível olharmos a presença do conhecimento científico como uma grande área do saber, que nas sociedades antigas tinha uma relação muito próxima com outras áreas do conhecimento como a religião e as artes. Porém, a sua influência sobre a evolução cultural tem uma emancipação, ao longo do tempo, e uma consolidação como uma das áreas do saber que mais provocou modificações culturais na humanidade. No documento da UNESCO sobre a ciência na cultura, identificam-se três grandes revoluções científicas e tecnológicas no limiar do século XXI.

- a revolução genômica que nos traz, com a seqüenciação do genoma humano e de outras espécies, a compreensão, em nível molecular, dos fundamentos genéticos dos seres vivos, assim como a capacidade de utilizar esse entendimento para desenvolver novos processos e produtos;

- a revolução ecotecnológica, que promove a associação mais idônea entre os conhecimentos e as tecnologias tradicionais e as tecnologias avançadas, como as biotecnologias, as tecnologias espaciais e da informação, das energias renováveis e dos novos materiais;
- a revolução da informação e da comunicação, que permite um crescimento muito rápido na assimilação e na disseminação sistemáticas da informação pertinente, no tempo oportuno, melhora, também, o acesso ao conhecimento e à comunicação, por meio de redes eletrônicas de baixo custo. (Sasson, 2003, p. 15)

É importante ressaltar, ainda que se identifiquem essas revoluções como científicas, que não existe um consenso sobre o que caracteriza realmente uma revolução científica. José André Angotti discute essa polêmica, questionando os argumentos de Steven Shapin. Sem dúvida, revoluções não estão ocorrendo todos os dias e é preciso demarcar o que é revolução científica e avanço tecnológico. O fato de incorporarmos a internet no celular não significa uma revolução científica, ainda que seja um avanço que tem trazido mudanças de hábitos e de concepções de tempo e espaço.

Diante de um cenário promissor de continuidade e do despertar da desconfiança dos resultados de ciência e tecnologia como sempre benéficos, eclodiram duas revoluções científicas no início do século passado. Podemos chamar RC de 2º ordem, ou revolução na revolução, com origens em datas consensualmente identificadas e muito próximas (1900, Física Quântica – Planck e 1905, Relatividade – Einstein). Nas duas décadas posteriores, tais teorias efetivamente romperam com as bases universais da física clássica, sem contudo apagar os seus êxitos, presentes entre nós até hoje. Passamos a conviver então com teorias novas e tradicionais no escopo da física agora clássica e moderna, com enorme fertilidade e com desdobramentos em todos os campos do conhecimento. (Angotti, 2009, p. 82)

Sendo assim, as revoluções apresentadas no documento da UNESCO são classificadas como tecnocientíficas por Angotti. Mas, é preciso salientar que em nosso entendimento os trabalhos de Copérnico, Galileu, Kepler e Newton, não podem ter o seu caráter revolucionário diminuído.

Essa discussão nos leva a uma reflexão sobre a diferença entre ciência e tecnologia. Ainda que nossa sociedade esteja vivendo um momento único em relação aos equipamentos tecnológicos, seja na área de entretenimento, negócio, saúde ou até na educação, essa simpatia, que conduz muitos de nós a trocar os celulares anualmente, seguindo a lógica capitalista, ou adquirir internet cada vez mais veloz, seguindo a lógica da globalização em um mundo que se tornou uma aldeia, não necessariamente reverte-se em uma maior simpatia pelo conhecimento da ciência. O utilitarismo, no sentido do uso, é uma grande “veia” da nossa sociedade de consumo. Sabemos usar, porém como funciona, ou como se consegue tal efeito isso é o menos importante. Portanto, vivemos algo paradoxal na medida em que a física e a ciência como um todo, tenha o seu valor colocado em um nível secundário. As relações que envolvem ciência e tecnologia, em

muitas situações, apresentam uma visão da tecnologia como pura aplicação de conhecimentos científicos, algo que é muito distorcido.

É relativamente fácil, no entanto, questionar esta visão simplista das relações ciência-tecnologia: basta refletir brevemente sobre o desenvolvimento histórico de ambas (Gardner, 1994) para compreender que a atividade técnica precedeu em milênios a ciência e que, por tanto, de modo algum pode considerar-se como mera aplicação dos conhecimentos científicos. (Cachapuz et al, 2005, p. 41)

Dessa forma, como exemplo, o desvio da agulha magnética por uma corrente elétrica, a experiência de Oersted, em 1819, por si só não sugeria a sua utilização para comunicação à distância entre as pessoas (Cachapuz et al, 2005). Snow (1995) também reflete sobre a relação entre tecnologia e ciência, quando enfatiza a importância da revolução industrial, que nasce dentro de um trabalho técnico, sendo um parâmetro fundamental da presença da ciência e da atividade científica. A reflexão de Snow (1995) trata também de um aspecto epistemológico, em que um trabalho de projeto de uma aeronave, por exemplo, incorpora características ditas da ciência como imaginação, criação e experimentação. Em concordância com Snow, Cachapuz et al (2005) ressaltam que:

Ninguém pretende hoje, evidentemente, traçar uma separação entre as ciências e a tecnologia: desde a revolução industrial os técnicos incorporaram de forma crescente as estratégias da investigação científica para produzir e melhorar os seus produtos. A interdependência da ciência e da tecnologia continua crescendo devido à sua incorporação nas actividades industriais e produtivas, e isso torna hoje difícil, e ao mesmo tempo, desinteressante classificar um trabalho como puramente científico ou puramente tecnológico. (Cachapuz et al, 2005, p. 41)

Partindo desse pressuposto, a atividade de educação científica deve incorporar visões e atividades que envolvam a presença da tecnologia de forma mais ampla e profunda, evitando reduções simplistas que a identificam como mera aplicação de conceitos científicos, podendo contribuir, entre outras coisas, para o desenvolvimento de uma visão mais adequada epistemologicamente da ciência.

A influência na literatura

Ao pensar na relação entre física e literatura, é importante destacarmos primeiramente, outras questões que contribuem para um olhar desinteressado e equivocado sobre a física na cultura. Pensando na divulgação científica, é relevante mencionarmos que o pouco espaço nos canais de televisão, quando acontece, está na TV fechada, ou em canais de pouca expressão e em horários esvaziados de audiência. Espaços dedicados à física e à ciência também são mínimos nos jornais e, muitas vezes,

com pouca variação temática, refletem um pouco a realidade e o valor dado à ciência como elemento da cultura humana. Essa ignorância praticada em relação à física e às ciências de uma forma geral ficam claramente expressas nas palavras de Zanetic.

Quando se comenta sobre a cultura, de um modo geral, raramente a física comparece de imediato na argumentação, ou outra representante das ciências naturais dá o ar de sua graça. Cultura, quando pensada academicamente ou com finalidades educacionais, é quase sempre evocação de alguma obra literária, alguma grande sinfonia ou pintura famosa; cultura erudita, enfim. Tal cultura traz à mente um quadro de Picasso, uma sinfonia de Beethoven, um livro de Dostoyevsky, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell. (Zanetic 1989, p. 146)

Refletindo sobre a necessidade de se inserir a física na cultura da sociedade, João Zanetic em 1989 propunha uma abordagem da física no contexto escolar através de aspectos históricos e filosóficos, além da literatura. Ele tem trabalhado no sentido de estabelecer a "ponte" entre a física e a literatura, entendendo essa relação como um grande instrumento de ensino e motivação para aprendizagem. A proposta de Zanetic se apoia em muitas fontes como a epistemologia de Bachelard, a educação libertadora de Paulo Freire e o conceito de cultura apresentado por Sodré que reproduzimos a seguir:

Cultura • Conjunto dos valores materiais e espirituais criados pela humanidade, no curso de sua história. A cultura é um fenômeno social que representa o nível alcançado pela sociedade em determinada etapa histórica: progresso, técnica, experiência de produção e de trabalho, instrução, educação, ciência, literatura, arte e instituições que lhes correspondem. Em um sentido mais restrito, compreende-se, sob o termo cultura, o conjunto de formas de vida espiritual da sociedade, que nascem e se desenvolvem à base do modo de produção dos bens materiais historicamente determinado. Assim, entende-se por cultura o nível de desenvolvimento alcançado pela sociedade na instrução, na ciência, na literatura, na arte, na filosofia, na moral, etc, e as instituições correspondentes. Entre os índices mais importantes no nível cultural, em determinada etapa histórica, é preciso notar o grau de utilização dos aperfeiçoamentos técnicos e dos desenvolvimentos científicos na produção social, o nível cultural e técnico dos produtores de bens materiais, assim como o grau de difusão da instrução, da literatura e das artes entre a população (Sodré apud Zanetic 1989, p. 147)¹⁹

Zanetic entende que a literatura é um caminho que pode possibilitar a ciência alcançar “públicos”, que não simpatizam e nem dominam o formalismo matemático. É claro que se tem aqui uma concepção de escola para formação do cidadão no sentido integral do termo. A literatura pode ser um instrumento capaz de contribuir para que a ciência esteja presente e seja útil na formação ideológica e política dos estudantes. Zanetic percebe a importância da literatura na física como cultura, quando participa das

¹⁹ Sodré, Nelson Werneck. Síntese de história da cultura brasileira. Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 4ª Ed, 1976.

discussões sobre interdisciplinaridade, e ao fazer a leitura dos livros de Galileu como obra literária, assim como as obras de Platão. A partir desses elementos, Zanetic identifica uma dupla finalidade nessas leituras:

- i. deve fornecer aquela base mínima que favoreça a leitura desse tipo de literatura ao longo da vida do indivíduo, isto é, seria um dos modos de fazer o conhecimento adquirido em física continuar presente alimentando o pensamento científico desse indivíduo; favorecendo e estimulando seu imaginário, no sentido mais amplo do termo, no sentido expresso, por exemplo por Bachelard que sempre tinha em mente tanto o pensador diurno, mais racionalista, como o pensador noturno, mais propenso ao devaneio, ao pensamento poético;
- ii. deve favorecer a aprendizagem de aspectos conceituais presentes nas teorias físicas apresentadas na parte formal do curso. (Zanetic, 1989, p. 162)

Partindo desses dois parâmetros e da atual crise de leitura, apresenta alguns autores que cumprem essas exigências. Ainda que isso já esteja implícito na tese de 1989, em um artigo mais recente, Zanetic classifica os autores que relacionam literatura e ciências, dividindo-os em duas famílias:

[...] A primeira família seria dos cientistas com veia literária que compreenderia aqueles indivíduos diretamente relacionados com a produção de conhecimento científico mas que, pelos mais diferentes motivos, acabaram produzindo obras ou longos trechos de obras, científicas ou não, que podem perfeitamente ser “lidas” também como obras literárias. Menciono nessa família, por exemplo os nomes de Giordano Bruno, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton, Charles Darwin, Ernst Mach, Albert Einstein, Niels Bohr, Leo Szilard e George Gamow, entre outros.

Uma segunda família seria a dos escritores com veia científica. Essa família é um pouco mais eclética e numerosa e inclui aqueles autores que, com menor ou maior conhecimento das grandes sínteses científicas e suas implicações, produziram obras literárias utilizando tal conhecimento tanto como fonte inspiradora do conteúdo quanto com guia metodológico/filosófico, incluo nessa família os nomes de Luiz de Camões, John Milton, Johann W. Goethe, Edgar Allan Poe, Gustave Flaubert, Fiodor Dostoievski, Jules Vernes, Herbert G. Wells, Robert Musil, Monteiro Lobato, Bertold Brecht, Jorge Luiz Borges, Arthur Koestler, Primo Levi, Friedrich Durrenmatt e Ítalo Calvino, entre outros. (Zanetic, 2007b, p. 13/14)²⁰

Essa aproximação entre ciências e literatura também pode ser entendida sob o olhar da imaginação e manipulação de imagens que o ser humano tem em sua mente, contribuindo ainda mais para o desenvolvimento cognitivo.

A imaginação nos atinge e nos penetra de formas diferentes na ciência e na poesia. Na ciência, ela organiza nossa experiência em leis, sobre as quais baseamos nossas ações futuras. A poesia, porém, é outro modo de conhecimento, em que comungamos com o poeta, penetrando diretamente na sua experiência e na totalidade da experiência humana. (Bronowski apud Zanetic 2006, p. 57)

Zanetic (2006) defende também uma aproximação mais ampla entre a ciência e as artes. Como exemplo dessa aproximação, temos o trabalho do grupo Arte e Ciência no

²⁰ A 1ª impressão é de 1998, porém consultamos a 1ª reimpressão de 2007.

Palco. Em muitas peças de teatro encenadas por esse grupo, por exemplo, *Einstein e Copenhagen*, temos uma abordagem da história da física. Philip Ball, até há pouco tempo editor de ciências físicas da revista *Nature*, seguindo essa linha de pesquisa, também destaca a importância do teatro para inserção da ciência na cultura.

A ciência está se tornando cada vez mais presente no teatro, onde é vista como uma fonte de idéias e metáforas. Acredito que não devemos descuidar do potencial da ciência como uma fonte abundante de imagens mentais para o teatro. A pesquisa científica pode prover novas linguagens físicas para a expressão teatral e novos modos de examinar e representar o mundo. (Ball apud Zanetic, 2006, p. 58)

Outro aspecto interessante dessa relação entre ciência e arte no sentido pensado por Zanetic, ocorre através das letras de música. Ildeu de Castro Moreira e Luisa Massarani, apresentam uma pesquisa sobre a presença de temas de ciências na música popular brasileira (Moreira e Massarani, 2009). Os autores fazem uma classificação temática das abordagens científicas na música, desde conceitos científicos específicos, temas de tecnologia e de ficção científica, além de apresentar vários exemplos. Um dos mais conhecidos é a música *Quanta* de Gilberto Gil, apresentada a seguir:

Quanta do latim / Plural de quantum / Quando nasce não há/Quantidade se medir / Qualidade que se expressar
Fragmento infinitésimo / Quase que apenas mental / Quantum granulado no mel / Quantum ondulado no sal / Mel de urânio, sal de rádio / Qualquer coisa quase ideal
Cântico dos cânticos / Quântico dos quânticos
Canto de louvor / De amor ao vento / Vento arte do ar / Balançando o corpo da flor / Levando o veleiro pro mar / Vento de calor / De pensamento em chamas/Inspiração / Arte de criar o saber / Arte, descoberta, invenção / Teoria em grego quer dizer / O ser em contemplação
Cântico dos cânticos / Quântico dos quânticos
Sei que a arte é irmã da ciência / Ambas filhas de um Deus fugaz
Que faz num momento / E no mesmo momento desfaz / Esse vago Deus por trás do mundo / Por detrás do detrás. (Gil, 1995)

O autor discute o conceito de quanta, introduzido por Planck, seguido e estendido por Einstein no início do século XX. Além disso, apresenta uma provocação sobre a relação entre ciência, arte e religião. Essa reflexão sobre a música e a física já havia sido explorada por Menezes (1988) na sua *Livre-docência*, ao refletir sobre o samba *Tempo e Espaço* do biólogo Paulo Vanzolini.

Tempo e espaço eu confundo, E a linha de mundo é uma reta fechada.
Périplo, ciclo, jornada de luz consumida / E reencontrada.
Não sei de quem visse o começo / E sequer reconheço
O que é meio o que é fim / Prá viver no teu tempo é que eu faço
Viagens no espaço, de dentro de mim.
Das conjunções improváveis / De órbitas instáveis
É que eu me mantenho / E venho arrimado nuns versos,
Tropeçando universos,
Prá achar-te no fim / Deste tempo cansado de dentro de mim
(Paulo Vanzolini, S/D)

Naquela oportunidade, Menezes esclarece que conhecia um samba de Paulo Vanzolini há uns 4 anos e "Ouvindo este samba, nessa manhã, percebi que ele incorporava o conceito da relatividade geral de Einstein. A seguir, fui surpreendido com conceitos de eletrodinâmica quântica! Toquei de novo... e fui encontrando outros elementos da física" (Menezes, 1988, p. 57).

Portanto, a música, a literatura e o teatro, além das artes em geral (pinturas, esculturas... etc) são mais do que formas de divulgação, são verdadeiros instrumentos de ensino e inserção da ciência na cultura do indivíduo e da sociedade. No entanto, é importante salientarmos que a abordagem da física contemporânea pela literatura, música, ou artes, pode ter algumas limitações. Mora (2003) argumenta sobre uma possível dificuldade para que os escritores abordem, de forma a manter a coerência conceitual, a complexidade da ciência contemporânea, em especial a física quântica. Essa dificuldade pode diminuir as publicações de literaturas que abordem a física quântica, em comparação às que abordam a física clássica. Até por volta do século XIX a divulgação da ciência era feita pelos escritores e poetas, além de alguns cientistas que se preocupavam com essa necessidade. Hoje, a grande especialização deixa essa função a cargo dos próprios cientistas. Holton (1998) também discute essa limitação, tomando como exemplo o autor do livro *Os sonâmbulos*, Arthur Koestler. Nesse livro o autor discute o nascimento da física clássica com extrema competência, abordando trabalhos de Kepler, Galileu e Newton. No final do seu livro, Koestler expressa a sua dificuldade de aceitação de conceitos da física quântica, o que indica, segundo Holton, uma dificuldade de abordar esses conceitos quânticos em livros dessa natureza. O crítico literário e historiador Lionel Trilling, em uma conferência sobre o pensamento do mundo moderno, expõe essa dificuldade. "Os conceitos operacionais [da ciência] são estranhos à massa das pessoas instruídas. Não geram nenhuma especulação cósmica, não provocam emoção nem desafiam a imaginação. São indiferentes aos nossos poetas [...]" (Trilling apud Holton 1988, p. 71)

Apesar dessas reais dificuldades existem algumas iniciativas de abordar a física quântica para o público leigo. Como já citamos, o grupo Arte e Ciência no Palco encenou a peça teatral *Copenhagen* de Michael Frayn, que trata da problemática da física nuclear no contexto da segunda guerra mundial. Existem alguns livros, pensados para o público em geral, que tratam da física contemporânea. Por exemplo, *Alice no país do quantum* de Robert Gilmore e *O tio Alberto e o mundo dos quanta* de Russel Stannard. No livro *A Matéria*, Luis Carlos de Menezes, com grande habilidade de

argumentação conceitual, discute princípios fundamentais da física e de suas interfaces com outras ciências como a biologia e a química. Além disso, os trabalhos do Marcelo Gleiser que, independente das críticas dos físicos e historiadores, também procura trabalhar no sentido de divulgar a ciência e a física, inclusive a quântica. Mesmo para essa situação que envolve uma dificuldade de se abordar a física contemporânea de forma literária, Zanetic (1989) já indicava uma família de cientistas com "veia literária", como por exemplo, Albert Einstein, Niels Bohr, Leo Szilard e George Gamow, como já apontamos nessa seção. Ainda é interessante mencionar que, apesar dessa dificuldade de abordagem de temas da física contemporânea, a nossa experiência em sala de aula, sem nenhum respaldo de alguma pesquisa que fizemos de forma mais profunda, tem nos mostrado intuitivamente que esse tema chama a atenção dos estudantes, apesar das dificuldades de abordagem dentro do contexto escolar.

Diante de todas essas reflexões postas até agora, nos questionamos: Por que a física e a ciência de uma forma geral, não fazem parte da cultura? Podemos tentar responder essa questão pensando na relação entre a ciência e as outras áreas do conhecimento. Mora (2003), procurando investigar as dificuldades de ter a ciência como algo presente em uma discussão de botequim, parte das duas culturas de Snow (1995) e afirma que: tanto é inculto alguém que não conhece Shakespeare, como alguém que não conhece a segunda lei da termodinâmica. Como argumento, Mora identifica algumas particularidades da ciência que dificultariam sua popularização em termos de conhecimento. Na sua visão, a natureza cumulativa do conhecimento científico é uma das suas dificuldades. Essa característica está totalmente presente nas humanidades que, no entanto, estão mais enraizadas em uma realidade ligada a questões mais próximas do senso comum.

Embora seja certo que a ciência partiu da observação de fatos mais ou menos experimentais no dia-a-dia, não há contrapartes no sentido comum da nossa experiência cotidiana para entender, como acontece quando lemos Hamlet, o que é entropia (ou o que é gene, ou buraco negro), abstrações criadas pela ciência para compreensão de determinados fenômenos. E no extremo desses objetos abstratos, já sem nenhuma referência concreta com as matemáticas. (Mora, 2003, p. 42)

Na visão de Mora a distância do senso comum, a necessidade de uma construção conceitual específica e a linguagem matemática especializada, podem se constituir em alguns dos componentes que afastam a ciência da cultura integral do indivíduo. Conant, citado por Mora, defende que é mais fácil para um cientista ou engenheiro participar de uma discussão de arte, literatura e teatro, do que alguém sem "formação científica",

participar de uma conversa sobre física. Assim como Mora, nós também achamos essa visão é idealizada, pois para um engenheiro ou físico participar de uma discussão dessa natureza é preciso que tenha essas outras áreas do conhecimento inseridas em sua cultura. Não devemos nos esquecer que as outras áreas do conhecimento possuem seus conceitos próprios, que não são de domínio de grande parte do público leigo. Mas, a chamada exatidão científica causa ainda muita aversão e frio na barriga.

Outro problema apresentado por Mora que restringe o interesse pela ciência é a própria forma de divulgação utilizada pelos cientistas.

Parte do problema reside no fato de os cientistas transmitirem uma imagem falsa de si mesmos. Como assinalou Medawar, a própria forma de publicação dos cientistas é uma espécie de fraude. O formato simplificado, que começa por uma “introdução”, continua com a “metodologia” e os resultados e finaliza com uma discussão, não tem relação nenhuma com a maneira como os cientistas realmente trabalham. [...] Despojados de todo o vestígio de emoção humana, os artigos científicos ficam reduzidos e expedientes em que é impossível extrair o sentido daquilo que é feito e os motivos apara fazê-los. [...] (Mora, 2003, p. 47)

Em concordância com Mora, no tocante à forma de divulgação da ciência e da responsabilidade dos cientistas, Holton, também faz uma crítica similar.

Demasiados cientistas se esquecem de que, especialmente numa época de rápida expansão do conhecimento, eles próprios tem a obrigação e uma oportunidade especiais no que respeita ao público em geral e de que alguns dos mais importantes investigadores investiram um grande esforço na escrita de exposições sobre a essência das suas descobertas, numa forma que pretendiam acessível ao não cientista. [...] (Holton, 1998, p. 58)

Muito são os cientistas que se empenharam nessa divulgação, mas como um representante do pensar a obra científica no sentido pedagógico destacamos Galileu. Alias, é importante ressaltar que Koyré (apud Zanetic, 2007b) identifica a obra de Galileu como polêmica, pedagógica, filosófica e histórica. É nessa linha da divulgação científica que Zanetic (1989) e Mora (2003) propõem uma possível solução ou amenização da integração da ciência na cultura, através da literatura e divulgação científica. Em relação à divulgação científica, Mora identifica três “tipos”: os comunicólogos da ciência, com interesse na transmissão da mensagem e nos processos que nela intervêm; os popularizadores da ciência, mais interessados nos produtos da ciência; e os da corrente que integra ciências e humanidades, sendo essa última a de sua preferência. Pensar na divulgação científica como uma literatura é trazer uma forma de recriar a ciência sem grandes perdas conceituais, algo muito além de se apenas noticiar a ciência (Zanetic, 1989; Mora, 2003). Portanto, ao se escrever um texto de divulgação científica como literatura, pensa-se em todo contexto sociocultural e filosófico, além do

seu principal componente que é o leitor, algo que se faz dentro do estudo de literatura comparada. Na tentativa de unir essas áreas Mora assinala:

[...] Com Goethe, ciência e artes partilham a mesma linguagem. Parece que não o fazem mais, e o motivo é que elas partilham o mesmo silêncio. O objetivo da divulgação é tentar refazer essa linguagem universal que possa unir humanidades, artes e ciência, visando à mútua compreensão. (Mora, 2003, p. 15)

Esse aspecto de união entre as áreas é compartilhado também por Holton e deve ser reconhecido pelos intelectuais e pela população em geral

[...] os aspectos científicos e humanísticos da nossa cultura não tem de constituir mundovisões opostas, forçadas a competir entre si pelo domínio absoluto, mas que são de fatos aspectos complementares da cultura humana que podem e devem coexistir produtivamente. (Holton, 1998, p. 54)

Holton(1998) assim como Zanetic (1989) identificam, porém, que a dificuldade de integrar a ciência na cultura passa também pelo ensino.

[...] Um programa plausível incluiria um trabalho aturado em todos os níveis do ensino – novos programas e currículos imaginativos; mais exigências quanto às performances dos alunos; mais espaço dedicado à ciência nas universidades; mais oportunidade de instrução para os adultos. Poucas pessoas enfrentam as reais dimensões do problema. Mas ainda, embora sempre tenha havido um certo defasamento entre a ocorrência de novas descobertas e a sua disseminação em larga escala, o aumento do grau de abstração e da velocidade a que novas descobertas se sucedem na ciência atual, precisamente numa altura de esforço educativo inadequado, começou a transformar esse defasamento numa descontinuidade. (Holton, 1998, p. 72)

É necessário fazer uma revolução na ciência ensinada na escola, sendo esse um grande desafio. Apesar de outras formas de alcançarmos a ciência como: museus, exposições, televisão, etc..., são espaços mínimos e não obrigatórios. Temos na escola um lugar-momento (espaço-tempo) que, necessariamente, a grande maioria da população vai estar-passar. Snyders em *A alegria na escola* argumenta que a cultura primeira é adquirida pela experiência direta com a vida, porém o seu complemento, que é uma cultura elaborada, visando uma satisfação cultural, deveria ser algo intrínseco da escola.

[...] a cultura elaborada se dirige a todos – e isto tanto para as artes, as letras, as ideias políticas quanto para ciência: Mozart vale para todos, até, e sobretudo, para operários especializados, que não o provaram (ainda) como a matemática vale para todos, inclusive para a multidão daqueles que não a compreendem. A afirmação que a nossa sociedade é lugar de classe vale para todos, inclusive para aqueles que não querem, e não podem reconhecê-lo. [...] (Snyders apud Zanetic, 1989, p. 49)

Por fim, longe de esgotarmos o tema, destacamos também que independente dos entraves históricos, das dificuldades educacionais e da luta por espaço com outras áreas do saber, a ciência é parte integrante da cultura humana e grande ferramenta para uma participação efetiva de todos os cidadãos na construção de uma sociedade mais justa.

Sendo assim, inserir a ciência em sua cultura, da mesma forma que o esporte é cultura, samba é cultura, hip-hop é cultura, física também é cultura e, portanto, é um direito de todos e tem de ter na educação o seu principal veículo de divulgação e ensino.

Caminhando...

Nesse capítulo, inicialmente, apresentamos o nosso olhar sobre a epistemologia de Bachelard, além de breves reflexões sobre sua pedagogia. Muito longe de abordar a sua obra na íntegra, temos a convicção de que a noção de perfil epistemológico, com a sua amplitude, é uma ferramenta extremamente útil para se compreender minimamente a evolução do conhecimento científico. Em especial, na física e na química, que são diretamente tratadas por Bachelard, essa aplicabilidade é mais clara em função da direção de uma racionalidade científica, distante de qualquer concepção de senso comum, seguidas por essas áreas do saber.

Por outro lado, também estamos convencidos, apesar dessa ruptura com o senso comum, que a noção de perfil epistemológico proposto por Bachelard, além de guardar os obstáculos epistemológicos daquele conceito e daquele espírito particular, também guarda a cultura em que esse conceito estava imerso na constituição do perfil. Mas essa relação entre a epistemologia e a cultura, que podemos sintetizar na conduta da balança, não foi claramente detalhada por Bachelard. Ainda que o seu perfil epistemológico do conceito de massa e, em especial, as suas considerações sobre as possíveis causas de cada “peso” dado a cada escola filosófica, tenham a nosso ver as marcas da sua trajetória de vida, Bachelard não define a sua concepção de cultura. Aborda esse aspecto de passagem e enfatiza na sequência da sua obra a presença de diferentes visões filosóficas mesmo em um cientista contemporâneo. Além disso, discute a noção de cultura científica baseado na ciência moderna e na sua concepção de cidade científica. É importante salientar que a cidade científica é diferente da cidade social. Sendo assim, é possível pensar que a conduta da balança pertence à cidade científica e à cidade social, possibilitando estabelecer um elo de ligação entre esses dois universos, tendo como referência a relação estabelecida por Bachelard, ainda que a influência social não seja determinante.

É relevante destacar também que no final da obra *A formação do espírito científico*, fica muito claro o seu entendimento da ciência como um elemento importante e uma vertente da cultura geral. Entendemos que a presença da ciência como elemento formador da cultura geral, é o primeiro passo para a evolução do perfil epistemológico

de qualquer conceito, em direção a filosofias racionalistas no sentido bachelardiano do termo.

Apesar dessas menções de Bachelard quanto à relação entre ciência e cultura, entendemos que para a aproximação que estamos defendendo entre epistemologia e cultura, é necessário nos referenciarmos em uma concepção de cultura. Os seres humanos desenvolveram ao longo da história uma forma muito particular de se relacionar com o mundo, algo que entendemos como cultura. Encontramos algumas semelhanças em outros seres vivos, como os castores construtores de represas com uma técnica que é passada de geração em geração; abelhas construtoras de colmeias de dar inveja a muitos arquitetos; formigas e abelhas com sua organização social; golfinhos e baleias que possuem uma linguagem própria; chimpanzés capazes de reconhecer números e resolver pequenos problemas, entre outros. No entanto, os seres humanos têm uma consciência histórica da sua existência, interferem na estrutura física e social do planeta, inovam, criam, modificam a sua própria existência. Interpretam-se de diferentes formas ao longo do tempo e interpretam o mundo de forma científica, artística e religiosa, fazendo uso da imaginação, experimentação e racionalização, como habilidades próprias da sua natureza. Portanto, existe uma sofisticação racional nessas características humanas que devem ser compreendidas como algo diferenciado quando comparado aos outros seres vivos.

Por outro lado, pensamos que essa “capacidade criadora” não pode ser entendida como algo apenas individual, ou seja, a cultura é um processo social, histórico, ideológico e simbólico. Suas raízes têm na relação social uma alimentação contínua que se modifica ao longo da história, formando seres humanos com diferentes consciências da sua existência e das relações existentes nesse convívio social. Temos de pensar a cultura como o conjunto de características comuns aos seres humanos, mas também como o conjunto de características que diferencia esses seres humanos. É só pensar na cultura popular e na erudita. A nosso ver são diferentes, com características específicas, ainda que na sociedade contemporânea o olhar sobre a cultura popular seja de inferioridade. O mesmo raciocínio pode se aplicado às diferentes culturas ao longo da história [Incas, Maias, entre outros], antigas ou atuais, em relação à nossa cultura ocidental. Não entendemos que a cultura ocidental contemporânea seja superior e nem inferior a outras culturas contemporâneas e também a culturas mais antigas. Na essência somos apenas diferentes, pois não se pode comparar momentos distintos da história da

humanidade e nem formas diferentes de se relacionar com o mundo em que se vive. Ou seja, culturas não são comparáveis.

A cultura contemporânea por sua vez tem uma característica muito peculiar e diferente de outros tempos. Nela está imbricada a ideia de homogeneização presente em todos os cantos do planeta transformando tudo em uma grande aldeia com as mesmas formas e os mesmos comportamentos diante do processo de globalização. Os diferentes meios de comunicação e o acesso de novas tecnologias têm possibilitado uma aproximação muito grande entre os diferentes povos. É importante ressaltar que a inspiração para esse movimento está em ressonância contínua com a busca de domínio e exploração dos mais ricos sobre os mais pobres. A cultura e o domínio cultural têm motivações nas relações de poder. É muito comum sermos surpreendidos com ideias que identificam a cultura européia ou norte-americana como superiores e mais desenvolvidas em relação às da América latina, Ásia, África e Oriente médio. E falando em "oriente" poderíamos lembrar a interpretação do crítico literário Edward W. Said quando afirma que o oriente seria uma invenção ocidental, uma espécie de "selo que marca as civilizações a leste da Europa sob o signo do exotismo e da inferioridade" (Said, 2007). Portanto a ideia de cultura tem no seu âmago a presença de uma luta de grupos [classes] pelo mesmo direito à vida e às oportunidades.

A partir das discussões e reflexões, desvelamos a nossa concepção de cultura como uma característica humana profundamente relacionada com os processos sociais, históricos e ideológicos, que encontra respaldo no pensamento freireano de acrescentamento que o ser humano faz ao mundo que não fez. O pensamento freireano é amplificado pelo seu olhar sobre as relações da cultura letrada com a cultura iletrada. Entendendo essa dimensão de forma ampla e pensando na necessidade de todos os seres humanos fazerem parte da cultura letrada, a ação cultural freireana fornece um alicerce de respeito à diversidade e igualdade de direitos nesse processo. Fazer parte da cultura letrada é muito mais do que aprender a ler e escrever. Implica em uma tomada de consciência da sua existência de forma crítica. Implica em ter condições de interpretar e agir sobre os acrescentamentos que o ser humano faz ao mundo. Implica em compreender as dimensões artísticas, científicas e religiosas, sociais e econômicas do mundo que vivemos. Implica também em desfrutar do poder e do sabor do saber.

A tomada de consciência crítica não ocorre naturalmente e tem na educação que propomos às nossas crianças e jovens um papel essencial. Sem dúvida, a inserção de nossas crianças na cultura letrada antecede a entrada na escola e, além disso, a escola

não é a única fonte de ensino-aprendizagem de cultura letrada. No entanto, é um dos lugares que mais tempo as nossas crianças e jovens estão, obrigatoriamente, “disponíveis” para essa inserção dentro da cultura letrada. Portanto, esse deve [ou deveria] ser o espaço para uma intervenção que desperte e forme pessoas com consciência crítica de sua cultura. No que diz respeito à nossa área, a formação de pessoas com consciência crítica é algo muito mais profundo do que resolver problemas exemplares. Trata-se de um domínio dos conceitos fundamentais e da sua articulação com outras áreas do saber e com a própria vida cotidiana; de uma capacidade de entendimento da linguagem científica; um saber que articula e interpreta as relações entre o conhecimento científico e a sociedade; um saber que tem consciência crítico-científica da sua existência em um cosmo tão vasto e frágil.

Entendemos que a escola tem um grande papel como espaço privilegiado de acessos às culturas letradas, no nosso caso em especial de inserção da física na cultura. Além de refletirmos sobre a cultura é importante pensar na natureza do conhecimento científico que tencionamos propor. Sendo assim, caminhamos para uma nova discussão, que se seguirá no próximo capítulo, sobre epistemologia, pesquisa e ensino, buscando articular as relações entre essas três dimensões, além de estabelecermos o nosso posicionamento quanto a uma opção epistemológica que, a nosso ver, mostra-se mais adequada para esse estudo. A epistemologia e a história da ciência são elementos essenciais no processo de construção de um sistema de educação que visa formar seres humanos envolvidos e capazes de compreender a física como cultura.

2. PESQUISA, EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE FÍSICA

No capítulo anterior abordamos a epistemologia de Bachelard e alguns aspectos da sua pedagogia, tendo na relação entre a epistemologia e a cultura, insinuadas por Bachelard, o eixo orientador desta tese. Partindo dessa relação e da necessidade de um referencial para a nossa abordagem de cultura, discutimos a educação freireana e a sua ação cultural, como referencial possível para a aproximação que pretendemos. Tendo abordado esses dois alicerces [epistemologia e cultura], sob referências com as quais nos identificamos [Bachelard e Freire], passamos a abordar nesse capítulo a pesquisa em ensino de física, o ensino de física e a importância da epistemologia, compreendendo a relação de ensino e aprendizagem como algo dialético e a escola como uma caminho privilegiado para inserção da ciência na cultura da sociedade.

Para isso, refletimos, brevemente, sobre o ensino de física na atualidade, destacando o papel da epistemologia e da história da ciência. Na sequência, abordaremos a pesquisa em ensino de física, que “nasce” [pelo menos no Brasil] a partir da crítica e autocritica de muitos professores ao processo e metodologia de ensino, algo materializado no primeiro SNEF e em projetos de ensino que se seguiram naquele momento histórico. Destacamos, em linhas gerais, a pesquisa em ensino de ciências, com ênfase no ensino de física e mais especificamente nas linhas de concepções alternativas e, por consequência, mudança conceitual, perfil conceitual e perfil epistemológico, além da importância da física como um elemento da cultura

É importante destacar que separamos uma seção específica para discutir a relação entre a epistemologia de Bachelard e a pesquisa em ensino de ciências, pois entendemos que o “programa bachelardiano” já contemplava muitos aspectos da pesquisa. Além disso, ainda nessa seção, posicionamo-nos quanto à controvérsia entre o perfil epistemológico e o conceitual, quando apresentamos as nossas justificativas para a preferência pelo perfil epistemológico que julgamos mais adequado para a nossa pesquisa.

2.1 O ensino de física: reflexões e iniciativas

Aspectos gerais

Nessa seção vamos refletir sobre alguns aspectos do ensino de física no Brasil, tentando avaliar em linhas gerais a sua identidade (se é que isso é possível). Partimos das orientações apresentadas nos documentos gerais, que indicam possíveis objetivos do ensino dessa área do conhecimento. Em seguida refletimos sobre algumas práticas de sala de aula. Sendo assim:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (PCNs III, p. 22)

Esse texto, que na sua versão original data de 1997, propõe que o ensino de física tenha por objetivo contribuir para construção de uma vertente científica na formação cultural dos estudantes, capacitando-os para a interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais que estão à sua volta. Além do entendimento geral e sintético do funcionamento dos diferentes equipamentos presentes em nossa sociedade, é importante estabelecer uma reflexão sobre a relação entre ciência e a tecnologia. Para isso, de forma sutil, o texto indica que a discussão e apresentação da física como conhecimento humano, imbricado na história, sujeito a contínua transformação e associado a outras áreas do saber, é um caminho a ser trilhado para alcançar os objetivos esperados. Ainda sobre os objetivos do ensino de física, um pouco mais adiante no documento, encontramos:

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.

Perceber essas dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte. (PCNs III, p. 27)

Portanto, pensamos em um ensino que também possibilite uma reflexão epistemológica e histórica da atividade científica, refletindo sobre a natureza da ciência, além de propiciar discussões que revelem a dimensão interdisciplinar da física com as

áreas de fronteira (Química e Biologia) e com as áreas das ciências humanas e reconhecidas como artísticas (literatura, teatro, obras de arte, cinema ...).

Apesar de existirem há mais de dez anos, essas orientações, em conjunto com orientações posteriores mais específicas dos chamados PCN+, indicam a necessidade de um ensino com uma “visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (PCN+ Física, p. 01). A física ensinada em nossas escolas está muito longe de, em larga escala, atingir esses objetivos, ou de indicar um potencial para seguir esse caminho. Entendemos que esses documentos oficiais apontam a necessidade de uma abordagem epistemológica e cultural, mas não apenas como dimensões pontuais e sim como elementos que se entrelaçam e devem ser planejados e pensados dentro do ensino de física.

Se passarmos a olhar a realidade da escola brasileira, seja pública ou particular, a relação de ensino-aprendizagem que, para toda e qualquer disciplina, deveria ser a protagonista, tem sua importância deixada de lado e relegada a uma situação de coadjuvante, diante de interesses específicos como: os interesses do governo em construir dados estatísticos que satisfaçam a opinião pública; dos donos das escolas em manter a lucratividade do seu negócio; dos interesses de editoras e cursinhos por este mercado; dos pais em diminuir a sua responsabilidade diante da formação dos filhos; além de incentivar a educação como uma luta pela “sobrevivência” e passaporte apenas para uma vaga nas universidades públicas²¹. Outros problemas que não podem ser negligenciados são os baixos salários, violência, jornadas de trabalho extenuantes e condições precárias de infra-estrutura, que os educadores encontram no seu cotidiano.

Esses diferentes interesses e problemas influenciam diretamente o trabalho do professor. A imposição das editoras e dos cursinhos, por exemplo, que se tornam cada vez maiores e mais influentes, já ultrapassou e muito o ensino médio e chega às crianças da educação infantil. Sabendo usar da propaganda e do sonho de muitos pais, essas empresas especializadas (cursinhos preparatórios) vendem a ideia de um ensino forte e

²¹ Quanto a esse último item, o problema torna-se relevante não pela vontade apenas de ter o filho em uma universidade, algo que é legítimo, mas sim em olhar para a escola e interpretá-la apenas sob esse viés, como se isso fosse o seu único objetivo. Essa “ideia” alimentada pela nossa sociedade capitalista e individualista pressiona direta ou indiretamente a escola e os professores (em geral escolas particulares) a não se “desviarem” em suas aulas do caminho tradicionalmente conhecido de “treinamento específico para os vestibulares”, ou seja, aulas muito diferentes do esperado (explicação + exercícios) agregam pouco para esse objetivo. Por outro lado, nas escolas públicas de forma geral, esse cenário muitas vezes é irreal, pois a lógica da nossa sociedade e as condições reais da escola pública brasileira não permitem aos seus alunos e familiares vislumbrar o sonho de ver o filho em uma universidade.

competitivo, tendo a aprovação no vestibular como seu principal produto, idealizado a partir do desejo de muitas famílias e de um suposto sucesso profissional no futuro. Esse objetivo “prático” e único atribuído ao ensino secundário, como etapa de preparação para exames, já acompanha a história da educação brasileira desde o império²². Dentro do contexto social, que preza cada vez mais o ter do que o ser ou até o saber, a lógica de ter um filho estudando em uma faculdade de renome é sinônimo de boa formação e sucesso. Algo que a nosso ver está muito longe de ser verdade absoluta. O bom desempenho nos vestibulares não significa que teremos pessoas necessariamente bem formadas como cidadãos, sendo que esse também é um dos objetivos do ensino médio.

No entanto, devemos considerar que todo jovem tem o direito de sonhar em cursar uma boa universidade. É estarrecedor, para não dizer criminoso, ouvir declarações de professores e outras pessoas ligadas à educação, de que pensar em cursar boas universidades não é algo que esteja ao alcance de um aluno da rede pública, ou melhor, algo que esteja ao alcance do pobre. Existe uma verdadeira negação de condições dignas de vida, no sentido pleno da palavra, a essas pessoas. É uma concorrência de caráter neoliberal que perpetua uma lógica de exploração de muitos em benefício do sucesso de poucos.

Na escola pública, em geral, o ensino de física é planejado tendo a sequência didática proposta por livros impostos pelas editoras, que em muitos casos são pensados de forma excludente, além das escolhas feitas pelo próprio professor em função das suas condições, formação e interesse. Sobre essa “forma excludente”, temos como exemplo, um comentário de um divulgador de livros de uma grande editora de São Paulo, quando questionado sobre a inexistência de um determinado livro em sua “estante do professor”. Era um livro indicado pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) e constava na lista dessa editora. Segundo ele, esse livro era indicado para escolas públicas, sendo um pouco mais “fraquinho” que os oferecidos para as escolas particulares.

Nesse contexto, por outro lado, temos algumas iniciativas, ainda tímidas e individuais, de professores que procuram propor um ensino de física pautado em

²² Para maiores detalhes vide: ALMEIDA JUNIOR, João Baptista. A evolução do ensino de física no Brasil. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol 1, nº2, 1979. Disponível em: www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a17.pdf

questões experimentais, epistemológicas, históricas e sociais, orientando a sua prática na direção de um objetivo muito além da preparação para o vestibular.

As escolas particulares, por sua vez, mantêm de uma forma geral, uma característica tradicional, excessivamente voltada para o vestibular e agora também para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) que, com o seu "ranqueamento", proporciona mais um elemento de caráter "avaliativo" para influenciar a política mercantilista dessas instituições. Nessa realidade o ensino é pautado pela pedagogia do discurso e nos exercícios de aplicação de fórmulas, em que um item é escondido para que com a fórmula o aluno consiga encontrá-lo e revelá-lo. Os experimentos e o uso dos computadores [muito mais como uma lousa digital] são apenas entretenimentos que, de vez em quando, o professor utiliza. Estão muito longe de fazer parte de uma metodologia de ensino organizada, pensada e planejada.

Além de todas essas questões que interferem e entram as relações de ensino-aprendizagem dentro da sala de aula, que podemos colocá-las como problemas periféricos, temos de refletir também sobre a atividade docente de forma mais específica, assim como sobre as propostas conceituais de abordagem dos conteúdos. Não é possível acreditarmos que, por hipótese, se todos esses problemas periféricos fossem "magicamente" solucionados amanhã, logo no dia seguinte teríamos um ensino de qualidade. Ao analisarmos especificamente os conteúdos, o ensino de física tem seu início marcado por uma cinemática descontextualizada e tediosa, além de problemas "teóricos" de medição, algo ainda mais ambíguo e muitas vezes propostos no campo apenas teórico. A mecânica está muito longe de ser pensada como conhecimento básico que alicerça a física, e sua abordagem está distante dos mecanismos de movimento. As leis de Newton são apresentadas como as "tábuas dos dez mandamentos dadas a Moisés no monte Sinai". Talvez uma única folha do livro de Galileu colocada em debate poderia fomentar e dar sentido a uma discussão mais interessante (Menezes, 2009).

Quando atentamos ao conceito de tempo, que junto com o conceito de espaço exploraremos um pouco mais nessa discussão, ao contrário da prática de sala de aula que está distante de uma discussão científica e cultural da física, encontramos nos documentos oficiais indicações claras da necessidade de uma abordagem mais ampla:

Essas habilidades, na medida em que se desenvolvam com referência no mundo vivencial, possibilitam uma articulação com outros conhecimentos, uma vez que o mundo real não é em si mesmo disciplinar. Assim, a competência para reconhecer o significado do conceito de tempo como parâmetro físico, por exemplo, deve ser acompanhada da capacidade de articular esse conceito com os tempos envolvidos nos processos biológicos

ou químicos e mesmo sua contraposição com os tempos psicológicos, além da importância do tempo no mundo da produção e dos serviços. A competência para utilizar o instrumental da Física não significa, portanto, restringir a atenção aos objetos de estudo usuais da Física: o tempo não é somente um valor colocado no “eixo horizontal” ou um parâmetro físico para o estudo dos movimentos. (PCN’s parte III, 1998, p. 25)

O trecho anterior deixa clara a necessidade de se abordar o conceito de tempo na física, com a sua importância específica como, por exemplo, a importância da homogeneidade do tempo para a conservação de energia e a simetria do espaço para a conservação da quantidade de movimento, além da abordagem interdisciplinar que pode e deve ser inserida no contexto de estudo, localizando a física como um conhecimento humano e cultural. É claro que essa indicação de abordagem do conceito de tempo pode ser estendida ao conceito de espaço que compartilha com o tempo uma posição de destaque na física e também se configura em uma “porta” para um diálogo mais amplo com o conhecimento. Como exemplo, na área de biologia, os documentos indicam a necessidade de se relacionar os conceitos de tempo e espaço que são objetos de estudo das duas áreas (Biologia e Física), com outras áreas do saber

Para o estudo da dinâmica ambiental contribuem outros campos do conhecimento, além da Biologia, como Física, Química, Geografia, História e Filosofia, possibilitando ao aluno relacionar conceitos aprendidos nessas disciplinas, numa conceituação mais ampla de ecossistema. Um aspecto da maior relevância na abordagem dos ecossistemas diz respeito à sua construção no espaço e no tempo e à possibilidade da natureza absorver impactos e se recompor. O estudo da sucessão ecológica permite compreender a dimensão espaço-temporal do estabelecimento de ecossistemas, relacionar diversidade e estabilidade de ecossistemas, relacionar essa estabilidade a equilíbrio dinâmico, fornecendo elementos para avaliar as possibilidades de absorção de impactos pela natureza. (PCN’s parte III, 1998, p. 17)

Além de o estudo ambiental comportar discussões relativas ao tempo e espaço, esses conceitos também são importantes quando se discute a teoria da evolução, com questões relativas ao tempo geológico e sua influência sobre a vida, assim como nas discussões referentes à influência da “passagem” do tempo nos seres vivos e à possível “identificação” do tempo na estrutura fisiológica dos seres vivos.

As discussões relativas ao tempo e a importância desse conceito também aparece na química. Como na física e na biologia, esse conceito tem sua característica disciplinar, mas também se constitui em um ponto de ligação para as outras áreas das ciências naturais.

(...) Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento. É o início da interdisciplinaridade. O conteúdo a ser abordado, nessa fase, deve proporcionar um entendimento amplo acerca da transformação química,

envolvendo inicialmente seu reconhecimento qualitativo e suas interrelações com massa, energia e tempo. (...)

(...) Dentro dessa óptica macroscópica, podem ser entendidas também as relações quantitativas de massa, energia e tempo que existem nas transformações químicas. (...)

Assim, por exemplo, o tratamento das relações entre tempo e transformação química deve ser iniciado pela exploração dos aspectos qualitativos, que permitem reconhecer, no dia-a-dia, reações rápidas, como combustão e explosão, e lentas, como o enferrujamento e o amadurecimento de um fruto, estabelecendo critérios de reconhecimento. Controlar e modificar a rapidez com que uma transformação ocorre são conhecimentos importantes sob os pontos de vista econômico, social e ambiental. (PCN's parte III, 1998, p. 33)

Por outro lado, o conhecimento matemático está presente na composição da área das ciências da natureza, como um instrumento sofisticado de análise e raciocínio dos diferentes fenômenos da física, química e em alguns aspectos da biologia. Em especial com relação ao conceito de espaço, a matemática tem uma profunda contribuição e uma estreita relação com os fenômenos físicos. A geometria tem fundamental importância dentro da leitura e interpretação do espaço.

Essas competências são importantes na compreensão e ampliação da percepção de espaço e construção de modelos para interpretar questões da Matemática e de outras áreas do conhecimento. De fato, perceber as relações entre as representações planas nos desenhos, mapas e na tela do computador com os objetos que lhes deram origem, conceber novas formas planas ou espaciais e suas propriedades a partir dessas representações são essenciais para a leitura do mundo através dos olhos das outras ciências, em especial a Física. (PCN's parte III, 1998, p. 44)

Saindo das interfaces que a física estabelece com a biologia e a química, além da matemática, os conceitos de tempo e espaço continuam, pela sua característica múltipla, a permear outras áreas do conhecimento. Na área de história o conceito de tempo, nos parece que, quase intrinsecamente, é proposto em muitas páginas do documento, como um balizador, além de ser concebido de muitas “formas” diferentes.

O tempo histórico pode ser compreendido em toda sua complexidade, ultrapassando sua apreensão a partir das vivências pessoais, psicológicas ou fisiológicas. No nível médio de ensino, é preciso igualmente que o tempo histórico seja entendido como objeto da cultura, como criação de povos em diversos momentos e espaços. É da cultura que nascem concepções de tempo tão diferenciadas como o tempo **mítico**, **escatológico**, **cíclico**, **cronológico**, noções sociais criadas pelo homem para representar as temporalidades naturais, expressas nos tempos **geológico** e **astronômico**. Não se pode esquecer, ainda, que mesmo o tempo natural reveste-se de um caráter cultural, quando apropriado pela Geologia e pela Astronomia, enquanto ciências socialmente criadas. (PCN's parte IV, 1998, p. 44)

O documento propõe também a discussão sobre concepções de tempo cíclico, com destaque para a construção dos calendários, assim como a concepção de tempo linear, apesar “(...) dos números dos dias e os nomes dos meses se repetirem de um ano para o outro (com base em organizações cíclicas), a numeração dos anos nunca se repete

(concepção linear), o que torna cada data um momento único e sem possibilidade de repetição no tempo.” (PCN’s parte IV, 1998, p. 44).

Se a história tem como eixo condutor o conceito de tempo, a geografia tem no conceito de espaço a sua referência. Mas não se trata de um espaço estático de observação, e sim de um espaço dinâmico de interação, pois:

Precisa-se transformar a antiga idéia, aceita e amplamente praticada nas salas de aula, da Terra enquanto **espaço absoluto**, cartesiano, ou seja, “*uma coisa em si mesma, independente[...], constituindo um receptáculo que contém coisas*”, para o **espaço relacional**, entendendo-se que “*um objeto somente pode existir na medida em que ele contém e representa dentro de si relações com outros objetos*” (PCN’s parte IV, 1998, p. 30)

É claro que não se trata de uma reflexão ou discussão do espaço absoluto newtoniano e do espaço relacional de Mach na sua essência. No entanto, a noção de espaço, além da relação entre os espaços e a vida dos seres humanos, é propriamente discutida na geografia. É possível pensar que as concepções primeiras de espaço sejam propostas pela geografia com um grau de proximidade muito maior do que a física ou até a matemática.

Os conceitos de tempo e espaço ainda estabelecem relações com as áreas da linguagem, com destaque especial para a literatura. As artes têm uma relação histórica muito próxima da óptica, através das diferentes técnicas de desenho em pintura, em especial pelo desenvolvimento da perspectiva que, sobretudo no renascimento italiano tem um papel importante e de influência sobre as concepções de espaço que surgiriam com Galileu e Newton.

Apesar dessa intensa presença dos conceitos de tempo e espaço em todas as áreas do conhecimento, o seu ensino de física continua extremamente compartimentalizado e disciplinar. Nos grandes encontros e simpósios de pesquisa, assim como em revistas de educação, é raro encontrarmos relatos de projetos desenvolvidos numa dimensão interdisciplinar de interface (física, biologia e química) ou, mais raro ainda, com outras áreas do saber como a história, geografia, artes ou literatura. Se pensarmos nos conceitos de tempo e espaço, inúmeras relações podem ser estabelecidas entre as diferentes áreas, porém nos recordamos de poucos trabalhos nessa linha.²³ A nossa experiência no magistério também aponta nesse sentido, pois em nenhuma das

²³ Tivemos contato com um artigo publicado na revista Física na escola com o título Diálogos sobre o tempo do Prof. André Ferrer. Para maiores detalhes veja esse trabalho no link a seguir: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num2/a05.pdf>

instituições que lecionamos ou observamos, conseguimos desenvolver algo nessa direção.

Ainda pensando no ensino da física, mas olhando sobre outra área, a óptica ensinada em nossas escolas, que prioriza excessivamente a geometria, ignora uma importante reflexão sobre a natureza da luz que poderia ser uma das portas de acesso para introdução da física moderna. Além disso, quase nada se discute sobre o desenvolvimento das técnicas de imagens (digitais e 3D) e da importância da óptica para o desenvolvimento das telecomunicações, algo certamente muito presente no cotidiano dos nossos alunos.

Com relação à termodinâmica pouca ou nenhuma referência é feita ao fato dos motores a vapor terem sido construídos antes que fossem pensadas as teorias envolvidas. A termodinâmica, quando presente nas discussões de sala de aula, surge apenas como uma área que possibilita o entendimento do funcionamento de motores a vapor ou combustão. Negligencia-se o alcance como uma teoria fundamental na explicação de processos de troca e conservação de energia que ocorrem desde os menores seres vivos até o cosmos de forma genérica.

A eletricidade e o magnetismo são tratados de forma estática e separados, com uma inicial eletrostática sem muito significado prático, e uma eletrodinâmica que não avança muito mais do que os problemas de pilhas e lâmpadas, abordados de forma descontextualizada da “vida elétrica” de nossas cidades. O magnetismo está muito longe da realidade, e o eletromagnetismo tem pouca relação com os equipamentos eletrônicos da modernidade, ou ainda, com as grandes revoluções industriais. Exploram-se mais problemas específicos, que são na essência um treinamento para uso das chamadas “regras da mão esquerda ou direita”, dependendo do livro, ignorando o papel da força eletromagnética na constituição da matéria.

Se pensarmos na física contemporânea, em especial no tratamento dado à relatividade, que timidamente surge por iniciativa de um professor herói da resistência, tem uma abordagem muito parecida com a descontextualizada cinemática, inclusive no nível superior. A física quântica, por sua vez, parece ser algo proibido, como discute Menezes:

Tudo se passa como se fossem assuntos restritos unicamente ao nível pós-graduado em física aplicada e, nesse caso, com especialização na matéria condensada. Se a química também “proibisse para menores” certos temas de base quântica, não falaria para jovens sobre a periodicidade das propriedades de substâncias ou do modelo de camadas para entender ligações iônicas e

covalentes. Da mesma forma, na biologia, conversas sobre DNA ou genética molecular fariam corar moças de boa família...(Menezes, 2009, p. 35)

Outro aspecto ignorado no ensino de física é a importância da mecânica como conhecimento que, como já dissemos, alicerça toda a física. Negligencia-se a figura de Maxwell, sem qualquer menção direta ao significado conceitual das suas equações, além de esquecer toda a concepção mecânica que fundamenta o eletromagnetismo. É importante destacar que um estudo da obra de Maxwell possibilitaria reflexões sobre a concepção de espaço, a partir da ideia do éter luminífero que encaminharia de forma interessante uma introdução sobre a relatividade.

Em relação à interface entre a física térmica e a mecânica temos outra limitação de abordagem, pois:

[...] Na rara apresentação da teoria cinética, precursora da mecânica estatística, desperdiça-se o momento da belíssima síntese dada pelos princípios da conservação e da degradação da energia, ou seja, da primeira e da segunda lei da termodinâmica. Como já disse, com rara frequência à conservação das quantidades de movimento na mecânica, é também ignorada a associação entre o princípio da conservação da energia com a uniformidade no transcurso do tempo, ou do crescimento da entropia com a irreversibilidade no tempo. (Menezes, 2009, p. 31)

Pensando de forma mais abrangente, outra abordagem ausente no ensino de física é refleti-la dentro do transcurso da história da humanidade. Isso, muito provavelmente, se deve também por falta de formação cultural geral dos professores.

[...] O eixo histórico poderia ser substituído por outras abordagens, mas como no primeiro ano do ensino médio, geralmente, se limita a física, desenvolvida nos séculos XVI e XVII, e nos segundo e terceiro anos se limita especialmente à dos séculos XVIII e XIX, é mais fácil revelar, por meio dele, o desvio da visão de ciência como “coisa acabada”. Isso também dá margem a mostrar, paralelamente, em que medida os conceitos centrais da física são tratados à parte das tecnologias a eles associadas, quando de fato seriam historicamente inseparáveis delas. (Menezes, 2009, p. 29)

A limitação da amplitude dada às teorias físicas é outra constante no ensino de física, pois:

[...] Omite-se sistematicamente a compreensão de que a termodinâmica, tanto quanto a mecânica, não tem limites fenomenológicos, ou seja, na emissão de fótons por simples átomos, ou no salto de uma onça em direção a sua presa, aplicam-se todos os princípios dessas duas teorias. Enfim, tanto quanto na mecânica, a abordagem dada a termodinâmica não é nem histórica, nem prática, nem conceitual, nem filosófica, mas simplesmente burocrática, ou seja, é só para constar. (Menezes, 2009, p. 31)

Além dos problemas relativos aos conteúdos e suas abordagens, apesar de toda a pesquisa e projetos de ensino realizados e em andamento, o ensino de física, no que diz respeito a sua metodologia, teve pouca ou nenhuma melhora ao longo desses anos para a maioria dos estudantes do ensino médio. A prática de sala de aula, com uma margem de erro muito pequena, mantém uma “tradição pedagógica” centrada no discurso,

fortemente expositiva e formulista, além de distante das questões mais atuais da cultura contemporânea. Apesar de presentes nas mais diferentes áreas de pesquisa em ensino de física, as teorias de aprendizagem de autores como Dewey, Freire, Vygotsky, Piaget...etc, e também as questões epistemológicas propostas por Bachelard, Kuhn, Popper, Lakatos, Feyerabend, Toulmin, Fleck, entre outros, são ignoradas na maior parte das atividades docentes efetivas em sala de aula.

Como exemplo, podemos examinar as atividades experimentais dentro da escola. De forma geral, essas práticas laboratoriais constroem no estudante uma imagem ingênua da ciência, em que é possível fazer observações isentas de teorias, além de simplificar excessivamente a montagem experimental. Essas atividades, quando existem, são do tipo “receita de cozinha” que favorecem uma imagem deformada da ciência e a manutenção de concepções empiristas e indutivistas. Se, como afirma Bachelard, o conhecimento é uma resposta a uma questão, ou seja, é a solução dada para um problema, essa prática dificulta ainda mais a compreensão do aluno quanto ao caráter racional presente no trabalho empírico. Sendo assim, essa prática reforça visões simplistas da relação entre ciência e tecnologia²⁴, como se esta última fosse apenas uma mera e simples aplicação dos conhecimentos científicos. É importante ressaltar que a falta de familiarização dos professores com a dimensão tecnológica pode ser uma das causas da falta de trabalhos experimentais, mesmo os tipo “receita de cozinha”, dentro do processo de ensino e aprendizagem. Existe uma relação dialética entre a ciência e a tecnologia, sendo que esta última está no coração da atividade científica (Cachapuz, et al, 2005). Por exemplo, quando Galileu concebeu ideia de estudar a queda dos corpos a partir do uso de planos inclinados de atrito desprezível, provavelmente teve de resolver uma série de “problemas práticos”, como: a preparação de uma superfície suficientemente plana e polida, por onde possa rolar uma pequena esfera como forma de reduzir o atrito; a construção de uma guia para evitar que a esfera se desvie e caia do plano inclinado; estabelecer a forma de soltar a pequena esfera e de determinar o instante da chegada, etc. Portanto, é possível perceber que:

[...]. Trata-se sem dúvida alguma, de um trabalho tecnológico destinado a lograr um objetivo concreto, a resolver uma situação específica, o que exige uma multiplicidade de habilidades e conhecimento. E o mesmo se pode dizer de qualquer desenho experimental, inclusive o mais simples. (Cachapuz, et al, 2005, p.47)

²⁴ Iniciamos uma reflexão sobre essa relação no capítulo anterior, página 69.

Portanto, ao pensar na relação entre ciência e tecnologia não se trata apenas de exaltar o papel das lentes na investigação astronômica ou biológica, mas perceber a presença da tecnologia em toda a atividade científica. Especificamente, essa questão poderá ser percebida dentro do ensino quando incorporada na atividade experimental.

O ensino de física, como já dissemos, pouco tem mudado ao longo dos anos, por diferentes questões que foram abordadas. São questões que resistem à mudança e podemos chamá-las de quase um "paradigma", no sentido kuhniano, no ensino de física. As áreas de engenharia, arquitetura, só para citar alguns exemplos de mudança, avançam, mudam seus produtos sua forma de concepção. Quando pensamos em uma reforma da nossa casa, quantas novidades estão à disposição, porém na educação, continuamos da mesma forma “sonhada” na Grécia antiga. A pesquisa em ensino e sua aplicação têm pouco reconhecimento dos órgãos públicos e da sociedade em geral. Portanto, essa situação propicia, entre outras coisas, um reforço e estímulo às visões deformadas da física, ou seja, reforça-se ou constrói-se no estudante uma visão da física como uma construção individual, elitista e masculina; um conhecimento concebido de forma descontextualizada, acultural e alheio à sociedade; algo aproblemático e sem propósito; com forte apelo empirista-indutivista; rígido e infalível, exclusivamente analítico sem relações com outras áreas do conhecimento; além de acumulativa, sem rompimento ou menções a outros caminhos possíveis (Cachapuz et al, 2005).

Finalizamos essa seção com palavras que ainda resumem a situação majoritária do ensino de física na escola, apesar de terem sido escritas há mais de 20 anos:

Caricaturando um pouco toda essa situação, particularmente no que diz respeito à escola pública, eu diria que esses e outros motivos acabam convergindo num só: os professores por falta de tempo, disposição e motivação acabam optando pelos livros didáticos que nasceram nas aulas de cursinhos, pois, de um lado, já têm a destinação certa (preparar para o vestibular) e, de outro, facilitam o preparo das aulas, já que um resumo “apropriado” da “teoria em física” e uma lista de exercícios e problemas típicos de exames que manterão os alunos ocupados por muito tempo. E assim, a física escolar passa a ser a física vestibular. (Zanetic, 1989, p. 194)

Epistemologia e história da ciência

A epistemologia e a história da ciência têm um valor reconhecido por muitos professores e pesquisadores no ensino de ciências. Já faz algum tempo, possivelmente desde a década de 80, que tem se discutido sobre a necessidade de uma visão epistemológica e histórica no ensino de ciência e, ao mesmo tempo, a sua transformação numa linha de pesquisa. Quando pensamos em diferentes aspectos envolvidos no trabalho científico, como as teorias, a observação, a experimentação, a formulação de

hipótese e a própria construção do conhecimento científico, o pensamento epistemológico tem grande relevância para um entendimento desse processo.

Em uma determinada escola ao marcar uma atividade experimental, fomos surpreendidos com um questionamento da direção sobre a necessidade de um “roteiro” para os alunos seguirem durante a execução do experimento. Naquela oportunidade, pareceu-nos que pairava uma desconfiança sobre o nosso planejamento para essa atividade experimental. Muito tivemos de fazer para explicar a natureza investigativa da atividade proposta. O experimento foi planejado dentro de um processo dialético com os alunos. No entanto, essa dinâmica não estava clara e nem era concebida pela direção do colégio. Nesse exemplo de atuação na escola temos a presença de duas formas diferentes de se pensar a atividade científica: uma de natureza empirista/indutivista e outra de natureza racionalista contemporânea. Na perspectiva empirista/indutivista, herdada do positivismo, a observação dos fatos é concebida como neutra, sendo que a partir dessas observações seria possível pensar nas verdades científicas. A evolução da ciência seguiria uma perspectiva cumulativa, em que são valorizados os resultados e não o processo. A formulação de hipótese tem um papel apagado e a experimentação científica possui uma metodologia definida e eficaz (Cachapuz & Perez, 2005).

É claro que não se trata de desvalorizar o papel da observação, porém temos de ter claro que existe uma diferença entre observação da natureza e observação científica. No contexto escolar, possibilitar aos alunos um contato com o saber, entendido como verdade absoluta e inquestionável, tendo um método de investigação definido e único, pode conduzi-los a ignorar todo o contexto da atividade científica.

Por outro lado, sob a perspectiva epistemológica do racionalismo contemporâneo, a observação é uma parte do processo dialético das hipóteses na formulação das teorias. Temos uma ruptura com o senso comum e o empirismo tem uma relação próxima ao racionalismo. As teorias são construídas em uma evolução descontinuista da ciência caminhando para uma racionalidade crescente em complexidade. Também leva em consideração outros fatores como aspectos culturais e sociais, além de questões filosóficas e econômicas (Cachapuz & Perez, 2005).

Essa temática nos leva a algumas questões importantes sobre o ensino de ciências e a epistemologia. As práticas pedagógicas são importantes para a formação científica dos alunos, e a orientação epistemológica dessa atividade tem uma influência na visão científica construída por eles. Contextos de prática empírica/indutivista podem direcionar os alunos para uma visão redutora e equivocada da ciência. No entanto, é

importante destacar que se essa tendência identificada na nossa realidade de ensino fosse construída de forma competente²⁵, evitando distorções ainda maiores nesse processo, teríamos um resultado, embora equivocado²⁶, mais satisfatório.

A prática racionalista contemporânea possibilita um maior entendimento da natureza do conhecimento científico, embora as condições atuais curriculares se constituam em um grande entrave. Essa linha epistemológica possibilita a construção de ambiente dialógico, onde surgirão dúvidas, sugestões teóricas e reflexões mais próximas daquelas que caracterizam um trabalho científico (Cachapuz & Perez, 2005)

Além disso, a formação dos professores e suas “crenças epistemológicas” também são determinantes nesse processo. Em primeiro lugar o professor deveria acreditar que sua visão do conhecimento científico tem relação com sua prática pedagógica (Martins, 2007a). Existem professores que possuem uma visão epistemológica da ciência com uma tendência mais racionalista, porém a sua prática pedagógica segue uma tendência empirista/indutivista. É importante ter a clareza que:

[...], a prática do professor em sala de aula afeta, sem dúvida, a imagem da ciência que será construída pelo aluno. Assim sendo, tanto o professor que não tem clareza em seu posicionamento epistemológico quanto aquele que usa explicitamente diferentes perspectivas acabam por estabelecer de fato e de direito, o vínculo entre suas práticas e uma visão da ciência. Não necessariamente a deles, mas a que começa a ser construída pelos alunos. (Martins, 2007a, p. 30)

Ao lado das questões epistemológicas que são fundamentais para o ensino de ciências, é importante destacarmos a história da ciência, que, de certa forma, é uma dimensão complementar aos aspectos epistemológicos. A história da ciência tem um papel importante no processo de ensino-aprendizagem, como destaca o cientista brasileiro Mario Schenberg:

A história da ciência é mais fascinante que um romance policial (...)
O estudo da história da ciência é muito importante, sobretudo para os jovens. Acho que os jovens deveriam ler história da ciência porque freqüentemente o ensino universitário é extremamente dogmático não mostrando como ele nasceu. Por exemplo, um estudante pode facilmente imaginar que o conceito de massa seja simples e intuitivo, o que não corresponde a verdade histórica. (Schenberg apud Zanetic, 1989, p. 107)

Portanto, a história da ciência nos apresenta uma visão a respeito do conhecimento científico, que não costumamos encontrar no estudo didático referenciado nos resultados. No entanto, a sua presença no ensino não significa uma substituição, ou seja,

²⁵ Embora a crítica seja dirigida ao sistema educacional, não ignoramos as dificuldades sócio-econômicas das nossas escolas.

²⁶ Apesar de adeptos da perspectiva racionalista contemporânea, entendemos que um trabalho bem feito, ainda que na perspectiva empirista/indutivista, tem infinitamente mais valor do que o “nada” em que o ensino de ciências anda mergulhado.

o ensino da física, química ou biologia, não será substituído pela história da ciência, porém:

[...] O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade. (Martins, 2006, p. xvii/xviii)

O estudo de episódios históricos pode propiciar uma desmistificação do conhecimento científico e uma abertura para um processo de aculturação científica. Um primeiro mito que pode ser desmistificado com a utilização desses episódios é o da ciência surgir a partir da “cabeça” dos grandes gênios. As grandes teorias aceitas em nossos dias, em muitos casos, são fruto de um processo de críticas e debates que tiveram a contribuição de muitos cientistas. Por exemplo, o sistema heliocêntrico proposto por Copérnico difere muito do sistema aceito em nossos dias (Martins, 2006).

Um segundo mito que pode ser desmistificado com o uso de episódios da história científica, é a ideia de que a ciência é o resultado da aplicação de um método científico definido que permite chegarmos à verdade. Ao examinarmos a história da ciência é possível perceber que o nascimento de uma teoria pode ser baseado em ideias vagas e sustentado por argumentos fracos e até irracionais, crescendo dentro de um debate contraditório, de imposição e convencimento.

[...] O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível. Há uma *arte da pesquisa*, que pode ser aprendida, mas não uma sequência de etapas que deve ser seguida sempre, como uma receita de bolo. O estudo histórico de como o cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica. (Martins, 2006, p. XIX)

Como uma consequência da concepção de um método científico definido, outro mito é o da ciência como verdade eterna, imutável e totalmente provada. É outra distorção que pode ser questionada através do uso de episódios históricos. De forma semelhante, mas no outro extremo desse “mito da verdade”, temos outro “mito” que tem origem numa discussão inadequada sobre a inexistência de um “método” definido e na aceitação de teorias. Pode-se correr o risco de instalar um relativismo na linha do “tudo é válido”. Os episódios da história da ciência também podem contribuir para a percepção de que as escolhas ou construções de teorias científicas não são feitas às cegas, ou seja, existem evidências em algum sentido, que apontam para um ou outro caminho a ser seguido.

A história da ciência também pode ser uma grande aliada no processo de ensino-aprendizagem, quando se focaliza especificamente os conceitos. Nas pesquisas realizadas pelos movimentos de concepções alternativas (MCA) foi possível encontrar alternativas utilizadas pelos alunos para explicar diferentes conceitos ou fenômenos, que podiam ser associadas com concepções históricas de outros tempos. Ainda que não se possa fazer um paralelo completo entre as concepções alternativas dos alunos e a construção histórica, existem muitas semelhanças, em muitos casos, em especial na mecânica. O estudo de episódios da história da ciência pode contribuir para que o aluno possa alargar o espectro de seu perfil epistemológico em relação ao conceito estudado.

É importante definirmos o tipo de história da ciência ou episódio a que nos referimos. Durante algum tempo a história da ciência foi classificada como internalista, ou seja, quando aborda a ciência sob um ponto de vista exclusivamente epistemológico; ou externalista, quando são levadas em consideração as relações sociais da época em que aquela construção científica foi desenvolvida (Zanetic, 1989; Santos, 1989). O formato vigente de história da ciência utilizado no ensino de ciências é identificado por Carr (apud Zanetic 1989) como de senso comum, com característica cronológica, em que os fatos são cultuados como uma “reconstrução racional”, ou seja, selecionando somente os “acertos”, declarando irrelevante tudo o que parecer “irracional”, pois é entendido como danoso para o ensino. Portanto, como crítica a esse modelo, cabe aqui a reflexão de Santos (1989) baseada na proposta de Bachelard:

Considera que o reviver de um passado histórico estéril, deve ser abandonado aos colecionadores de ideias mortas, à “paleontologia”. Assim, recusa uma história da ciência enquanto coleção de bibliografias ou desfile de doutrinas. Recusa a sucessão histórica dos problemas de uma ciência ordenada segundo uma complexidade crescente, isto é, numa perspectiva de complicação progressiva, alheia da raiz e da tenacidade dos erros que obscurecem tais problemas. Pelo contrário, propõe que a história da ciência seja uma procura da raiz e da tenacidade de tais erros e advoga mesmo, que seja feita no interior do próprio conhecimento e não fora dele [...] (Santos, 1989, p. 72).

Assim, em nosso sistema de ensino, quando a história dá o ar da graça, apresenta-se na linha refletida por Zanetic, que concorda com a reflexão de Santos (1989):

Nestes textos, quando estão presentes capítulos, apêndices ou notas históricas, temos quase sempre arremedos de história da ciência: são aquelas seqüências cronológicas de datas de grandes invenções, de descobertas sensacionais ou de nascimento e morte das principais personagens envolvidas nesses acontecimentos, acompanhados de ilustrações que representam essas personagens ou seus feitos. (Zanetic, 1989, p. 107)

A história da ciência como apresentada na citação anterior reforça e constrói os mitos que citamos anteriormente, além de ser uma concepção de senso comum da história da ciência, concebendo essa história como seqüência cronológica de dados

científicos que obedecem a essa ordenação. De forma geral, esse tipo de “história da ciência”, utiliza-se também de argumentos de autoridade que reforçam ainda mais a imagem de uma ciência inventada por pessoas geniais e que comporta toda a verdade da natureza.

Por outro lado, mas ainda pensando na história da ciência e em sua importância para o ensino, dentro de uma perspectiva bachelardiana, o modelo de história da ciência proposto tem por base a sua epistemologia, ou seja, tem características descontínuas e de ruptura. No entanto, em tese polêmica, Bachelard aponta a ciência como uma área do saber que segue majorando a racionalidade. Nesse aspecto a sua proposta pode ser lida como cumulativa, quando pensamos na racionalidade. No seu livro *Racionalismo aplicado*, Bachelard afirma: “A ciência, desde que se constituiu, não comporta regressões. As mudanças de constituição são progressos apodícticos provados” (Bachelard apud Santos, 1989, p. 74). Portanto, quando uma teoria se retifica, não progride simplesmente o conhecimento científico, mas diferencia-se progressivamente no seu aspecto racional. Portanto, para essa forma de pensar a história da ciência, Bachelard utiliza o termo história recorrente.

Vê-se, então a necessidade educativa de formular uma história recorrente, uma história que se esclarece pela finalidade do presente, uma história que parte das certezas do presente e descobre, no passado, as formações progressivas da verdade. É assim que o pensamento científico se fortalece na descrição dos seus progressos. (Bachelard, 2010b, p. 207).

Essa história recorrente proposta por Bachelard, além de olhar a história passada com os olhos do presente, também se opõe às propostas positivistas, pois é normativa, ou seja, olha a partir do presente estabelecendo um julgamento.

[...] é preciso pedir ao historiador da ciência juízos de valor. A história da ciência é, no mínimo, um tecido de juízos implícitos sobre o valor dos pensamentos e das descobertas científicas. O historiador das ciências que explica claramente o valor de qualquer novo pensamento ajuda-nos a compreender a história da ciência. Em suma, a história da ciência é essencialmente uma história julgada, julgada no pormenor da sua trama, com sentido que deve ser permanentemente afinado com os valores de verdade. A história da ciência não pode ser simplesmente uma história de registros. As actas das academias contêm naturalmente numerosos documentos para a história da ciência. Mas estas actas não constituem verdadeiramente uma história das ciências. É preciso que o historiador das ciências trace, a partir delas, linhas de progresso. (Bachelard, 1991, pág. 75)²⁷

O ato de julgar os fatos e de não apenas registrar, de olhar para a história da ciência com os valores da atualidade, envolve a adoção de uma referência. Para Bachelard a

²⁷ Bachelard, Gaston: Actualidade da História da Ciência. Conferência proferida em 20 de outubro de 1951 no Palais de la Découverte e publicada no livro *L'Engagement Rationalise*. Consultamos a reprodução In: Carrilho, Manuel Maria. Epistemologia: posições e críticas. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.

racionalidade é tida o principal valor de referência para analisar a história da ciência, ou seja:

Para dizer tudo o que penso, creio que a história da ciência não pode ser uma história empírica. Ela não pode ser descrita no esboroamento dos factos, dado que ela é, essencialmente, nas suas formas elevadas, história do progresso das ligações racionais do saber. Na história das ciências – além da ligação de causa e efeito- estabelece-se uma ligação de razão e consequência. Ela é assim, de certo modo duplamente ligada. Deve-se abrir-se cada vez mais as organizações racionais. (Bachelard, 1991, pág. 82)

É importante salientar que, esse modelo de história da ciência proposto por Bachelard, advoga em favor de valores epistemológicos. Para Bachelard a epistemologia tem de ser histórica e a história da ciência epistemológica. Sendo assim, propõe uma história da ciência construída no seu interior. No entanto, apesar de propor uma análise com característica internalista, é importante salientar que Bachelard admite a influência da cidade social sobre a cidade científica, ou seja, a história da ciência não está totalmente desligada da história geral, e, ainda que de forma não determinante, sofre influência dela, como já apontamos no capítulo 1.

Portanto, a história da ciência tem um valor e papel importante na epistemologia de Bachelard. Se a história da ciência for uma revisão de variantes nas edições seguintes de um tratado, Bachelard não é um historiador da ciência. Se a história da ciência consistir em tornar sensível, e ao mesmo tempo inteligível, a edificação difícil, contrariada, retomada e retificada do saber, então a epistemologia de Bachelard é uma história das ciências sempre em ato (Canguilhem apud Santos, 1989).

A leitura de obras clássicas é outro aspecto que merece menção quando refletimos sobre a história da ciência. Um estudante de física ignorar as leituras de escritos originais em qualquer nível de aprendizagem, em nossos dias, não é mais novidade. Aliás, ignorar leitura de originais, parece ter se tornado uma prática presente em outras áreas do conhecimento. No entanto, essa ignorância e “falta de contato” com os escritos originais, tem seus resultados, como os que já observamos, com as visões distorcidas da ciência apresentada pelos alunos, um certo “analfabetismo científico”, passando por um desinteresse, apesar de não podermos atribuir esse último apenas à não utilização de leitura clássica.

Outra crítica ao uso da história da ciência na educação é apresentada por Stephen G. Brush em um artigo intitulado Should the History of Science be rated X? (A história da ciência deveria ser proibida para menores de idade?) (Zanetti, 1989). Só pelo título do

artigo, diante das discussões e pesquisas em ensino de ciência, é de se discordar da “tese”. Mas é importante refletir sobre as ideias apresentadas, pois são ainda bem atuais.

Meu interesse neste artigo está relacionado com os possíveis perigos de utilização da história da ciência na educação científica. Vou examinar argumentos de que estudantes jovens e impressionáveis no início de suas carreiras científicas deveriam estar protegidos dos escritos dos historiadores da ciência contemporânea... tais textos violentam o ideal profissional e a imagem pública dos cientistas como investigadores de mente aberta, racionais, que trabalham metodicamente, guiados seguramente pelo resultado de experimentos controlados e procurando objetivamente pela verdade, seja lá isso o que for. (Brush apud Zanetic, 1989, p. 110)

Diante das questões epistemológicas aqui discutidas, pensar a ciência da forma apresentada na citação anterior, ou seja, com uma orientação de natureza positivista, parece estar presente no cotidiano dos maiores centros de pesquisa do mundo. Ainda que a ciência e os cientistas não trabalhem exatamente dessa forma todo o tempo, Brush defende uma proposta de “esconder” fatos, concepções, teorias, entre outras ideias e situações que foram importantes na construção da ciência, quando os professores desejarem “doutrinar” seus alunos. Isso é como uma censura, pois essas novas reflexões sobre a construção do saber científico “atrapalham” o trabalho de “adestramento” dos professores, que querem preparar seus estudantes para serem pesquisadores “normais” no sentido kuhniano.

Essa reflexão de Brush, direcionada ao professor universitário no trabalho de formação de futuros cientistas, pode ser lida a partir da experiência em ensino de ciências, em especial a física, no ensino médio. Os modelos de ensino vigentes, quando mais organizados e sérios²⁸, com destaque principalmente para algumas escolas particulares, que assumem como grande motivação de aprendizagem o vestibular. Para exemplificar, certa vez, em uma escola particular, ouvimos o seguinte comentário de outro professor de física dessa escola: “ Você está atrasado com o conteúdo porque se enrola muito com discussões da história [...] tem que deixar os contos da Carochinha de lado e ser mais objetivo. Essas questões atrapalham os alunos na preparação para o vestibular.” Guardando suas devidas proporções, a proposta de Brush quanto a história da ciência atrapalhar a formação do pesquisador, pode ser lida como uma ideia muito corrente de que também atrapalha a preparação dos alunos para o vestibular.

²⁸ Estamos nos referindo a algumas escolas particulares e uma minoria de escolas públicas. Quanto ao restante, que não tem um professor de física e quando aparece algum, na maioria dos casos, é engenheiro ou matemático, ou ainda, tem-se apenas 1 aula de física por semana na sua grade curricular, não pode ser pensado como um trabalho sério.

Porém, para uma prática de sala de aula, em que os professores desejam apresentar a ciência na contramão do dogmatismo dos livros didáticos e como uma atividade humana devidamente situada, Brush sugere que:

[...] Por outro lado, aqueles professores, que desejam neutralizar o dogmatismo dos textos didáticos e transmitir algum entendimento da ciência como uma atividade que não pode ser divorciada de considerações metafísicas e estéticas, podem encontrar algum estímulo na nova história da ciência. (Brush apud Zanetic, 1989, p. 112)

Antes de finalizarmos essa seção, em que nos mostramos fortemente favoráveis à presença da epistemologia e da história da ciência no ensino, com destaque para o ensino de física, é importante esclarecermos que, como afirma Martins (2007b), ainda há muitas pedras no caminho para a utilização da história e da filosofia da ciência no ensino. Em sua pesquisa realizada em escolas do Rio Grande do Norte, com professores e futuros professores, a consciência da importância da história e da filosofia da ciência para a educação, assim como a presença dessas disciplinas no curso de licenciatura, não são garantias de que estão sendo colocadas em prática. Muitos são os entraves para a efetivação da história da ciência como forma efetiva de ensinar e aprender. Os motivos são: a falta de tempo, currículos apertados, a necessidade de preparação para o vestibular, a resistência do corpo diretivo quanto a “inovações”, a resistência dos alunos já adaptados com o modelo tradicional e a formação tradicional de professores. Merece uma ênfase especial a questão de formação de professores, pois, apesar da existência de disciplinas histórico-filosóficas nas licenciaturas, falta uma preparação metodológica de como abordar essa dimensão de forma prática na sala de aula, além da desconfiança dos próprios professores sobre a eficiência dessa didática, já que eles, muito provavelmente, não aprenderam física dessa forma.

Segundo Silva (2012), atualmente tanto no Brasil como no exterior, a inserção da história e filosofia da ciência no ensino ocorre mais no nível teórico do que na prática docente. As produções de materiais teóricos de qualidade, além de estratégias para uma efetiva inserção no ensino, são ainda grandes desafios a serem enfrentados. No entanto, para que a implementação da história e filosofia da ciência ocorra de forma mais efetiva:

[...] é necessário que os vários obstáculos envolvidos sejam enfrentados. Não basta culparmos a ausência deste tipo de conteúdo na formação dos professores ou a falta de material de qualidade. É preciso levar em conta os vários obstáculos, como: a existência de uma cultura sobre o que é ensinar física, que difere em muito da cultura de se ensinar outras disciplinas; atitudes e crenças epistemológicas de professores de física; a existência de vínculos institucionais que limitam a inserção de conteúdos de HFC, principalmente os relacionados com o cumprimento dos currículos repleto de

conteúdos específicos que pouco valorizam conhecimentos históricos sobre a natureza da ciência e processuais; e, finalmente, o fato de este tipo de conteúdo não ser cobrado nos exames oficiais e vestibulares. (Silva, 2012, pág. 81)

Por fim, apesar dos obstáculos, entendemos que a implementação da história e filosofia da ciência no ensino se faz mais do que necessário e acreditamos, no sentido apontado por Höttecke & Silva (2010), que além das questões de reavaliação curricular, a ênfase no professor como um dos agentes fundamentais desse processo investigativo, algo que envolve o conhecimento da realidade local, a adaptação e construção de materiais didáticos, além do contato com os professores especializados em história e filosofia da ciência, estão entre as muitas ações que devem ser pensadas e planejadas para uma possível implementação em maior escala da história e filosofia da ciência no ensino.

Educação dialógica

Nas subseções anteriores apresentamos o nosso olhar sobre o ensino de física através de uma análise genérica e sob o "viés" da epistemologia e história da ciência. As nossas considerações foram apresentadas com um centro na crítica à prática docente atual. Por isso, com o intuito de equilibrar um pouco mais a nossa visão, e destacar exemplos de projetos de ensino de física que, além da física, tem uma preocupação com o ser humano e com sua cultura, apresentaremos alguns exemplos de projetos de educação dialógica no ensino de física, no sentido da proposta freireana, algo que está extremamente relacionado com a idéia de "acrescentamentos" que podem ser feitos à cultura.

O primeiro projeto é de Formação de professores de Ciências Naturais na Guiné-Bissau, coordenado por Demétrio Delizoicov e José André Peres Angotti, desenvolvido entre os anos de 1979 e 1981. O objetivo principal era a formação de professores de ciências para o ensino fundamental, 5º e 6º anos, e envolveu cerca de 100 professores. Pensando nos conteúdos de física, segundo Delizoicov, a experiência foi riquíssima, pois, durante o processo de codificação-problematização-decodificação, o arado balanta, ou rade, como é chamado na Guiné, foi um instrumento agrícola estudado. Partindo das discussões e observações, os professores:

Foram capazes de empregar as condições de equilíbrio, identificar os tipos de alavancas nomeando-as em inter-fixa, inter-potente e inter-resistente, fornecendo para cada tipo os exemplos, obviamente aqueles fornecidos pelos livros (portugueses) em que estudavam, tais como: quebra-nozes, tesouras, etc... (Delizoicov, 1983, p. 94)

Sobre as aulas e a sua estrutura, cabe destacar que os organizadores do projeto centraram a proposta na educação dialógica freireana,

[...] empregando a dinâmica da problematização, o professor “desafia” os alunos-participantes com questões para que relatos e opiniões surjam. De modo geral discussões preliminares são realizadas por grupos de 4 alunos; posteriormente as posições de cada grupo são discutidas com toda a classe. Se de um lado esta dinâmica é inerente à educação dialógica, de outro soluciona de maneira satisfatória o problema do uso de várias línguas no país. O crioulo, como a língua comum do país, foi incentivado para o uso dos debates. (Delizoicov, 1983, p. 95)

É importante ressaltar que, apesar de estarmos falando de física, o processo de ensino-aprendizagem utilizou ideias freireanas, buscando olhar o ser humano de forma integral, ou seja, ao se incentivar o uso do crioulo que era a língua nativa do país, pois o português era uma língua imposta, busca-se preservar a identidade e a cultura desse povo. É um processo de reflexão cultural, entendendo a ciência como mais um entre outros aspectos dessa cultura. Merece destaque ainda a escolha temática para o estudo da física. Partiu-se da realidade desse povo, escolhendo um instrumento para o estudo das alavancas que estava inserido naquela cultura, ou seja, a proposta estava centrada na comunicação e não na extensão, respeitando a cultura e inserindo a ciência através de elementos existentes, através do cotidiano.

Um segundo projeto que exemplifica a aplicação da teoria de Paulo Freire, foi denominado Ensino de Ciências a partir de problemas da comunidade, coordenado por Marta Pernambuco, implementado durante os anos de 1984 a 1987, em um município rural, São Paulo de Potengi, que fica no Rio Grande do Norte e em uma escola da capital Natal. Também destinado a professores do ensino fundamental, destacamos, nesse caso, a particularidade dos temas geradores.

[...] Como se sabe, no Brasil os terremotos são relativamente raros na história recente. Porém, estremecimentos sísmicos de intensidade média de 4,0 a 5,1 na escala Richter foram sentidos em 1986 na cidade e na região que ocorria o projeto. Por solicitação dos pais dos alunos e dos professores, o tema terremoto, passou a fazer parte da programação. A investigação temática, realizada em outro segmento do projeto, desenvolvido na capital, Natal, em uma escola localizada em um contexto marcadamente urbano, bairro de classe média baixa, [...] escolheu o tema habitação. (Delizoicov, 2008, p. 50)

Esse exemplo permite percebermos a amplitude da proposta freireana, que respeita a realidade dos participantes na forma mais ampla do termo, conduzindo a uma participação ativa no processo dialógico de ensino-aprendizagem. Algo evidenciado pela escolha dos temas que foram diferentes em cada cidade, ou seja, a proposta freireana tem como característica principal respeitar e investir na cultura.

O terceiro projeto que destacamos foi desenvolvido na cidade de São Paulo. Era um projeto interdisciplinar, via tema gerador, que foi implementado nas escolas públicas municipais durante a passagem de Paulo Freire pela Secretaria da Educação na gestão de Luiza Erundina, nos anos de 1989 a 1992. Esse projeto estabeleceu uma parceria entre a Prefeitura de São Paulo e a Universidade de São Paulo, a Universidade de Campinas e a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. O objetivo principal era desenvolver uma sistemática de educação, baseada nas propostas freireanas, nos 8 anos do ensino fundamental. Participaram desse processo professores das Universidades citadas, professores e técnicos da rede de ensino, além dos alunos e pais (Delizoicov, 2008).

As definições dos temas geradores envolvendo todos os participantes mencionados, ocorriam sempre no ano anterior, e sua composição se dava em três momentos pedagógicos:

1. Estudo da Realidade: discussão crítica de uma situação da realidade, visando a sua compreensão, a partir da visão que o aluno tem sobre ela.
2. Organização do Conhecimento: estudo do conhecimento universal das diferentes áreas do conhecimento buscando conteúdos específicos e cotejando as visões distintas; nesse momento fica explicitado o conflito entre essas visões de mundo na construção do conhecimento científico; é o momento da ruptura com um obstáculo epistemológico.
3. Aplicação do Conhecimento: neste momento, o conteúdo apreendido é utilizado para reinterpretar a situação apresentada no primeiro momento; esse conhecimento é também extrapolado para outras situações; nesse momento busca-se a síntese dos momentos anteriores. (Zanetic, 2007a, p. 49)

Como exemplos de alguns temas geradores escolhidos, destacam-se: falta de lazer, violência na convivência, lixo, escola e a televisão, falta de organização social, relacionamento humano, saneamento básico, ser humano como uma ameaça ao planeta, precariedade no trabalho, entre outros. Esses são apenas alguns exemplos surgidos nas escolas do Núcleo de Ação Educativa 6 (NAE 6). No entanto, nem tudo eram flores, pois as discussões para definição do tema gerador chegavam a ser dramáticas, pois era difícil a aceitação pelos professores e alunos que seus bairros tinham problemas (Zanetic, 2007a). No fundo era um processo de quebra de paradigmas.

Ainda hoje, várias cidades no Brasil possuem projetos nesse sentido. O educador Antônio Gouvêa da Silva, que também participou do projeto na prefeitura de São Paulo na época de Freire, tem assessorado diversos grupos no Brasil como: Angra dos Reis (RJ), Belém do Pará (PA), Caxias do Sul (RS), Chapecó (SC), Vitória da Conquista

(BA), Dourados(MS), entre outros²⁹. É importante destacar que em reportagem da Folha de São Paulo³⁰, uma pesquisa realizada por UNICEF e INEP, 33 escolas modelo se destacaram.

Segundo a notícia, os principais ingredientes responsáveis pelo destaque da boa qualidade dessas escolas incluíam: professores que incentivam atividades a serem realizadas em sala de aula e que têm formação continuada; estudantes interessados e esforçados nas tarefas escolares; propostas pedagógicas ligadas à realidade dos alunos; participação de universidades públicas na elaboração das propostas pedagógicas e o envolvimento dos pais e da comunidade no processo de aprendizado” (Zanetic 2007a, p. 42)

Também nesse projeto que nos parece de grandes dimensões, é importante destacar o alcance da proposta freireana que, respeitando a realidade dos participantes, propõe uma oportunidade para que os alunos e professores possam tomar consciência da sua vida, inserindo diferentes elementos do conhecimento humano na sua cultura, inclusive a ciência, evoluindo dentro de um processo dialógico, que possibilita o desenvolvimento de uma consciência crítica diante do mundo.

Esses foram apenas alguns exemplos de iniciativas que buscaram uma mudança na proposta de ensino de física. São iniciativas que pensam a física como mais um elemento da cultura humana. Apesar de tímidas, acreditamos que a sua implementação em escalas maiores, com planejamento, estruturas adequadas e capacitação de professores, poderiam, a médio e longo prazo, apresentar resultados melhores que os atuais, sobretudo na consciência crítica dos alunos participantes. É importante destacar que a proposta freireana foi pensada originalmente para a educação de adultos. Porém sua aplicabilidade em outros contextos tem se mostrado mais do que promissora, tem se mostrado real. Sendo assim, compartilhamos da ideia de que pensar na educação é fazer uma opção, pois:

A educação não pode ser simplesmente reprodutora da ideologia dominante. É verdade que o educador e a educadora críticos não podem sozinhos transformar o país para além do capital mas, como acreditava Paulo Freire, eles podem demonstrar que é possível mudar [...] (Zanetic, 2007a, p. 51)

2.2 A pesquisa em ensino de física

Linhas de pesquisa: breves reflexões

Fundada pelo governador Armado de Sales Oliveira, no dia 25 de janeiro de 1934, a Universidade de São Paulo, dentre outras obrigações e atividades, tinha como objetivos

²⁹ Mais detalhes dessas experiências podem ser encontradas em: Silva, A.F.G. da, “A construção do currículo na perspectiva popular crítica: das falas significativas às práticas contextualizadas”, Tese de Doutorado, PUC/São Paulo, 2004

³⁰ CONSTANTINO, Luciana. *Ensino público tem 33 escolas modelo*. Folha de São Paulo, 20/12/2006, pág. C4.

principais a preparação do pesquisador e a formação do professor secundário das mais diferentes áreas do conhecimento, inclusive da física. Além dos problemas na formação dos professores, indicados por diversos estudos da década de 50, outros grandes e permanentes problemas continuavam a existir. Segundo Werebe (apud Almeida Junior, 1979)³¹ os métodos de ensino continuavam centrados na exposição, as matérias eram compartimentalizadas e isoladas, os programas extensos, as bibliotecas muito pobres, os laboratórios mal aparelhados e os professores mal formados e mal remunerados. A grande maioria desses problemas, que ainda estão presentes em nossos dias, teve sua origem já no Brasil império.

Apesar dessa recorrência quanto aos problemas, aquele momento histórico fornecia condições, com a vinda de muitos pesquisadores estrangeiros para a Universidade de São Paulo, de se pensar sobre o ensino de física. Exponentes da pesquisa brasileira como: Mario Schenberg, José Leite Lopes e Jayme Tiomno se pronunciavam, sendo que os dois últimos, em 1952, escreveram um artigo sobre o ensino de física pensando especificamente o papel do livro didático.

[...] Preocupam-se mais com as definições e com a apresentação formalista dos assuntos, relegando a plano secundário ou omitindo, os fatos físicos mais simples. Daí resulta a concepção errônea de que a observação das leis relativas a esses fenômenos só pode ser feita mediante experiências complicadas (...) limitam-se os estudantes a memorizar assuntos para exames (...) não descobrem como é simples o funcionamento de objetos ligados a vida diária. (Lopes & Tiomno apud Zanetic, 1989, p. 183)

Percebemos a preocupação com a construção de uma física com base em objetos do cotidiano, menos “formulista”, além das críticas ao caráter preparatório para o exame. A grande utilização da matemática no ensino já estava presente, desde o império, sendo que a pouca formação matemática dos alunos era reclamada, algo ainda presente nos discursos de muitos professores em nossos dias.

No mesmo período, por volta da década de 1950, nos Estados Unidos e na Europa, iniciou-se um movimento de renovação do ensino de ciências com a criação de projetos de ensino. As críticas feitas ao ensino de ciências estavam centralizadas nas suas limitações em relação ao desenvolvimento da sociedade industrial. Em especial, um dos fatores que mais contribuiu para alertar as autoridades americanas sobre os problemas no ensino de ciências nos EUA está relacionado ao Sputnik. O episódio do lançamento pelos soviéticos, em 1957, da cápsula espacial Sputnik, desencadeou um movimento de reforma no ensino de ciências (Santos, 1989).

³¹ Werebe, Maria José Garcia. Grandezas e Misérias do ensino no Brasil. Difel, 1963.

A National Science Foundation patrocinou diversos programas de desenvolvimento curricular. A tentativa de "melhorar" o ensino de ciências partiu dos países anglo-saxões industrializados. Nos EUA desenvolveram-se programas de ensino em biologia (Biological Science Education Studies –BSCS), em química (Chemical Education Material Study – CHEM) e o de física (Physical Science Study Committe – PSSC). No Reino Unido o projeto mais influente foi o Nuffield e na Austrália o Australian Science Education Project – ASEP. Os idealizadores desses projetos foram cientistas de notável destaque com alguns laureados com o prêmio Nobel. A concepção desses projetos de ensino trazia uma ideia marcadamente diferente das que estavam vigentes.

As características mais significantes dos novos currículos de ciências são: deslocação do ensino de ciências de um corpo de conhecimentos para um método que gera e valida tais conhecimentos; relevância dada ao trabalho de investigação desenvolvido pelo aluno segundo um estilo do trabalho de cientista; apresentação da ciência como tarefa inacabada. (Santos, 1989, p. 7)

Esse movimento de reforma do ensino de ciência teve sua ressonância no Brasil. À mudança de paradigma do livro-texto para os projetos teve uma grande repercussão no ensino. A tradução do PSSC para o português revelou um material amplo e inovador, com equipamentos de laboratório, manuais dos professores, filmes e fotografias de qualidade para a época. É importante ressaltar que, apesar da facilitação de sua tradução para o português, com ajuda financeira de entidades americanas muito mais preocupadas em se contrapor ao socialismo cubano emergente na época (Bittencourt apud Zanetic, 1989), a sua chegada ao Brasil, por volta da década de 1960, teve um impacto em especial sobre a formação de professores.

[...] Como esse material é muito bem elaborado, com uma discussão dos conceitos, leis e teorias, bem como a parte experimental, razoavelmente aprofundada, sua aceitação por parte desses futuros professores, ou professores ativos através de cursos de treinamento, era muito boa. (Zanetic, 1989, p. 186)

Esse material supria uma deficiência de formação dos professores, que reaprendiam física em uma “nova perspectiva” para a realidade da época. Porém, apesar de experiências bem sucedidas com esse material em algumas escolas brasileiras, a diferença de realidade educacional entre os EUA e Brasil, constituíam-se em um dos componentes que limitavam a sua utilização em larga escala. É provável que entre as causas do insucesso desses projetos estivesse, segundo Pena (2012), na ausência de uma concepção de ensino-aprendizagem, pois esses projetos, em especial o PSSC, enfatizavam o ensino de física pensando nos alunos como físicos em potencial. No entanto é importante destacar que logo após a publicação do PSSC, os americanos desenvolveram um projeto de ensino intitulado Harvard Physics Project, ainda no início

da década de 60, que visava ensinar física para os não físicos. Nesse caso, procurou-se agregar elementos de história e de filosofia da ciência [HFC], assim como uma dimensão mais cultural.

[...] Segundo Matthews, o projeto Harvard, que atingiu 15% dos alunos de 1º e 2º graus nos Estados Unidos, foi o currículo escolar de ciências fundamentado em princípios históricos e preocupado com a dimensão cultural e filosófica da ciência mais amplamente utilizado e, seu sucesso em evitar a evasão dos estudantes, atrair mulheres para o curso de ciências, desenvolver habilidades do raciocínio crítico e elevar a média de acertos alcançada em avaliações, forneceu evidências suficientes para os que hoje, advogam a favor da história, filosofia e sociologia da ciência. (Pena, 2012, p. 1701-2)

A versão em português do Projeto Harvard foi publicada em Portugal, onde foi criado um projeto de profissionalização do ensino de ciências. A fundação Gulbenkian traduziu e publicou o material em 1978, com adaptações à realidade portuguesa, mas a sua efetiva utilização não aconteceu.

Apesar de não ter uma versão brasileira, sua proposta de pensar o ensino de física sob o viés das chamadas “humanidades”, surgiu como uma proposta "alternativa" para muitos professores que, inconformados com a mesma didática expositiva e de preparação para exames do ensino de física, buscavam de forma isolada implementar algumas mudanças.

Diante desse contexto, em janeiro de 1970, no campus da USP, ocorreu o primeiro contato entre os professores de física de diferentes regiões do Brasil, configurando o Primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física. Como resultado desse encontro, além da consciência de que os problemas regionais eram nacionais (Almeida Junior, 1979), e que todos estavam imbuídos do mesmo objetivo de melhorar o ensino de física, decidiu-se pensar em projetos de ensino que verdadeiramente estivessem conectados com a realidade brasileira. Portanto, desse contexto nasceram no Instituto de Física da Universidade de São Paulo dois projetos: o Projeto de Ensino de Física (PEF) e o Física Auto-Instrutiva (FAI), além do Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF), da Fundação Brasileira para Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC). Apesar da boa qualidade desses projetos, ao longo do tempo mostraram-se inviáveis à realidade brasileira e rapidamente desapareceram, perdurando por mais tempo na rede escolar paulista (Pena, 2012).

Após esse primeiro simpósio muitas iniciativas foram tomadas para tentar “melhorar” o ensino de física. Revistas especializadas em ensino foram criadas, outros simpósios e eventos foram e são organizados até hoje. É importante destacar a iniciativa

para a elaboração de outro projeto de ensino de física. O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), formado por professores da rede pública de São Paulo e por professores da USP³², buscaram em 1984 desenvolver uma proposta de ensino de física baseada no cotidiano e em questões práticas da vida.

As metas eram e ainda são, por um lado, tornar significativo esse aprendizado científico mesmo para alunos cujo o futuro profissional não depende diretamente da física; por outro lado, dar a todos os alunos condições de acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente, essencial para a sua cultura e para uma possível carreira universitária. (GREF, s/d, p. 15)

Essa proposta buscava aliar uma preparação para vida cotidiana e para o nível superior, buscando resolver algumas questões como as que foram apontadas por Lopes & Tiomno (1952) que citamos anteriormente.

O caráter prático-transformador e o caráter teórico-universalista da física não são traços antagônicos, mas, isto sim, dinamicamente complementares. Compreender este enfoque permitiu evitar tanto o tratamento “tecnicista” como o tratamento “formalista” e, procurando partir sempre que possível de elementos vivenciais e mesmo cotidianos, formulam-se os princípios gerais da física com a consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade. (GREF, s/d, p. 15)

Contudo, apesar do caráter inovador do projeto, com uma inspiração freireana na sua concepção, possuía assumidamente uma limitação no seu aspecto histórico-filosófico de produção.

Há outros aspectos que seriam de interesse, mas que ainda não estão desenvolvidos nesse texto e que, portanto, ficam como tarefa para os professores participantes nessa reelaboração contínua. É o caso, por exemplo dos aspectos históricos da evolução da ciência e do sistema produtivo. (GREF, s/d, p. 17)

Apesar desse aspecto estar ausente, e de não ter conseguido uma dimensão aplicativa em larga escala, o material do GREF continua disponível e contribuindo para formação e ação de professores de física, ainda que de forma autodidata³³.

Paralelo a essas iniciativas e influenciando o contexto brasileiro, os anos 80, nos EUA e Europa, foram inicialmente marcados por uma autocrítica dos pesquisadores da área de ensino de ciências que avaliaram como um grande insucesso as tentativas realizadas até aquela época de melhorar o ensino de ciências. “Não temos certeza se devemos ensinar para os factos, para os conteúdos da disciplina, para a sua estrutura conceptual, ou para o processo da ciência (Santos, 1989, p. 10)”. As muitas dúvidas surgiram a partir dos trabalhos sobre concepções de aprendizagem.

³² Professores Luis Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume e João Zanetic.

³³ Apesar do grupo não existir mais os livros continuam a serem vendidos na EDUSP e as apostilas disponíveis no site: <http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>. Muitos professores que temos contato utilizam isoladamente em suas aulas esse material.

Nesse período surgiu uma linha de investigação didática chamada movimento de concepções alternativas (MCA). A inspiração desse estudo é atribuída originalmente à conjunção das investigações de Piaget e de Ausubel. Driver (1981), uma importante pioneira no estudo das concepções alternativas, afirmava:

[...] evidentemente que o trabalho de Piaget é, em geral, a principal fonte para estudar as ideias das crianças. Mas, aqui, sugiro que seja lido dando atenção ao seu trabalho sobre pensamento causal das crianças do que as estruturas lógicas que Piaget postula explicar. (Driver, apud Santos 1989, p. 160)³⁴,

Ainda segundo Santos (1989) muitos outros investigadores pioneiros desse MCA como: Viennot (1979); Solomon (1983); Osborne & Freyberg (1985); Bullock(1985); Gilbert & Zylbersztajn (1985), entre outros, remetem a origem inspiradora da sua pesquisa a Piaget. No Brasil temos os trabalhos de Jesuína Lopes Pacca e Alberto Villani.

As teses de aprendizagem e significação da teoria ausubeliana também são influentes no MCA. Freyberg & Osberne (1985) apontam essa importância. “[...] encontrar os conceitos prévios do aprendiz e determinar as necessárias ligações entre o ensinado e o que o aprendiz já conhece [...] o facto singular mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já conhece.” (Freyberg & Osberne, apud Santos, 1989, p. 161)³⁵.

Embora ancorados em teorias psicológicas de autores que voltam o olhar para as potencialidades e dificuldades dos alunos [uma contribuição importante e inegável] e terem por objetivo caracterizar o conhecimento, algo relacionado ao campo epistemológico, uma das maiores críticas a esse movimento reside na ausência de fundamentação teórica no campo epistemológico. Pesquisas de Driver e Easley (apud Martins, 2007a)³⁶ defendiam o estudo das concepções alternativas, porém sem relação com os estágios de desenvolvimento piagetianos, algo que contrariava a tendência da época. Os trabalhos em concepção alternativa, segundo esses autores, eram divididos em dois grupos, ou seja:

[...] aqueles que procuram estudar as concepções em termos de sua congruência ou não com as ideias científicas aceitas, e os que procuram acessar as concepções, explorá-las e analisá-las em seus próprios termos, sem referência a um sistema externo. (Martins, 2007a, p. 21)

³⁴ Driver, R. Pupils Alternative framework in science. *European Journal of Science Education*, p.93-10, 1981

³⁵ Freyberg, P & Osborne, R. Assumptions about teaching and learning. In: Osborne, R. & P. Freyberg (Eds). *Learning in science implications of children's science*, p. 82-90. Auckland: Heinemann, 1985.

³⁶ Driver, P.H.; Easley, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in science education*, 5, 61-84, 1978.

Esses autores indicavam que as concepções dos alunos eram resistentes e persistiam apesar das intervenções educacionais. Além disso, eles já apontavam para a necessidade de pensar e interpretar os resultados a partir da nova filosofia da ciência.

Os nomes de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Stephen Toulmin, Larry Laudan e Gaston Bachelard passaram a figurar cada vez mais nas publicações referentes ao ensino de ciências. Durante a década de 1980, é inaugurada uma nova subdisciplina: a História e Filosofia da Ciência em Educação Científica. Paralelos entre as características do conhecimento científico e seu desenvolvimento e a aprendizagem das ciências começam a ser traçados. Concomitantemente ao crescimento do MCA, surgem modelos de ensino e aprendizagem, de orientação construtivista, que passaram a ser respaldados por visões epistemológicas. (Martins, 2007a, p. 21)

Portanto, nesse mesmo período de surgimento do MCA, outros pesquisadores e muitos também desse grupo passaram a discutir um processo de interferência na aprendizagem com o intuito de provocar alterações nas concepções espontâneas. “Ora, a aceitação e respeito pelas concepções alternativas dos alunos, como visões pessoais do mundo que fazem sentido do ponto de vista do indivíduo, não deve implicar a defesa de que tais concepções devem permanecer imutáveis” (Santos, 1989, p. 239). Esse novo movimento foi chamado de Movimento da Mudança Conceitual (MMC). As pesquisas em concepções alternativas identificavam as “ideias” dos alunos e tinha a expectativa de que, ao passarem pelo processo de ensino, seria possível provocar uma mudança de concepção, deixando as concepções pessoais e do senso comum para “migrar” para a científica. Esses trabalhos possuíam uma base epistemológica que:

[...] conforme proposto por Posner et al. (1982), encontra-se nos trabalhos de Kuhn, Lakatos e Toulmin. Os autores do MMC procuraram estabelecer uma correspondência entre os padrões de mudança conceitual na ciência e na aprendizagem, a partir de noções como “ciência normal” e “revolução científica” (Kuhn), “programas de pesquisa” (Lakatos) e “ecologia conceitual” (Toulmin). Isso leva aos conceitos de “assimilação” e “acomodação” [...]. (Martins, 2007a, p. 21).

Segundo Santos (1989), um grupo auto-intitulado PSHG [Posner, Strike e Gertzog da Universidade de Cornell nos EUA e por Hewson da Universidade de Witwatersrand na África do Sul] elaborou, a partir das suas pesquisas, modelos de mudança conceitual. Dentre esses modelos, segundo Hewson (apud Santos, 1989) as possibilidades de mudança conceitual são por captura conceitual ou por troca conceitual.

O modelo de mudança conceitual por captura (MMCC)³⁷ focaliza a sua atenção nos aspectos da representação dos alunos que são consistentes com o que se ensina. Parte-se do pressuposto de que existe sempre algo na representação dos alunos que permite a ancoragem dos novos conceitos.

³⁷ As relações com questões epistemológicas serão apontadas na próxima seção.

Tais teorias sempre preconizam, pois, que o novo é sempre construído no prolongamento do familiar por incorporação de novos elementos e que no processo de ensino aprendizagem se devem tentar evidenciar, logo de início, pontes entre os dois tipos de conhecimento (privado e público) de forma a reconciliar ideias que a partida, pareciam opor-se. (Santos, 1989, p. 242).

É importante ressaltar que, no limite desse modelo, pressupõe-se a existência de certo isomorfismo entre conhecimento público e privado, ou seja, uma proximidade entre a concepção do aluno e a da ciência, algo que determina a ausência de um conflito cognitivo (Santos, 1989).

No modelo de mudança conceitual por troca (MMCT) focaliza-se a atenção em concepções dos alunos que são inconsistentes e irreconciliáveis com o conhecimento científico proposto. O objetivo é causar uma desorganização que promova um abandono das concepções prévias em favor das concepções científicas.

Assim, para tais modelos, o novo não é construído no prolongamento do familiar, mas a partir de uma retificação deste. Não é por incorporação de novos elementos que os alunos constroem os conceitos, é, pelo contrário, a desorganização estrutural que abre caminho à reorganização estrutural – à troca das concepções pessoais dos alunos por conceitos científicos que, posteriormente, se reconciliam com as estruturas conceituais existentes. (Santos, 1989, p. 243).

Muitas questões estão em torno de uma “possível mudança conceitual”, em que o aluno abandone o seu conceito. O grupo PSHG, a partir dos estudos de Toulmin (1922 - 2009), indicou nos seus estudos, segundo Santos (1989), algumas condições importantes, como: a insatisfação com as concepções existentes; a inteligibilidade das novas concepções; plausibilidade das novas concepções e fecundidade da nova concepção.

A proposta de mudança conceitual, ainda que de grande importância, assim como os estudos de concepções alternativas, também têm suas limitações. Muitas vezes o conflito que é necessário para esse possível processo de mudança sequer é estabelecido. Segundo Villani (1992) a mudança conceitual é um processo longo e demorado que envolve diferentes graus de abstração e muitas vezes são mantidos fora do contexto escolar. Línder (1993 apud Martins, 2007)³⁸ se opõe à mudança conceitual, pensando na troca de concepções, e propõe uma habilidade do aluno em evocar uma concepção específica do conceito para cada contexto, algo também defendido de certa forma por Moreno e Waldegg (1998) que acrescentam a proposta de diferentes raciocínios em diferentes contextos culturais. Sendo assim, a ideia fundamental de um aluno

³⁸ Línder, C.J. A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77(3), 292-300, 1993

efetivamente modificar sua concepção e aprender algo novo abandonando completamente o “velho” ou pessoal é colocada em xeque, pois a pesquisa:

[...] mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas sobre força e movimento, aos quais estavam familiarizados, reverteram a um raciocínio pré-newtoniano de 'movimento requer força' em questões não familiares ou que envolvem um contexto cotidiano. Os autores concluem que "essa 'regressão' a visões ingênuas pelos mesmos sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente. (Galili & Bar apud Mortimer 1996, p. 6/7)³⁹

A partir dessas constatações, já em meados dos anos 90, Eduardo Fleury Mortimer propõe a noção de mudança no perfil conceitual, em sua tese de doutorado defendida em 1994 na Faculdade de Educação da USP. Segundo seu argumento, baseado na noção proposta por Bachelard sobre perfil epistemológico, Mortimer reconhece que as diferentes formas de conceber um conceito, coexistem em um mesmo indivíduo. Sendo assim, o abandono de concepções é difícil de ocorrer e o mais plausível é pensar na evolução do perfil conceitual.

Usarei a noção de perfil conceitual no lugar de perfil epistemológico com o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard, já que minha intenção é construir um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino. (Mortimer, 2006, p. 78)

Apesar de reconhecermos a importância dessa proposta de pesquisa, temos algumas críticas e restrições ao abandono da ideia de perfil epistemológico, sobretudo com relação à sua justificativa. Por hora, apenas afirmamos que Bachelard já propunha o uso de diferentes formas de conceber um conceito dentro de uma “filosofia” específica. Deixaremos essa argumentação para a seção seguinte.

Mudando um pouco o enfoque, mas ainda abordando a pesquisa em ensino de física, outra linha de pesquisa que merece destaque é a que relaciona o conhecimento científico com o aspecto cultural⁴⁰. Fazemos inicialmente menção ao trabalho de João Zanetic que, desde a defesa de sua tese de doutorado *Física também é cultura* em 1990⁴¹, tem trabalhado nessa direção. Em uma rápida pesquisa constatamos que o trabalho do professor Zanetic, sobre a dimensão cultural da física e suas relações com o ensino, muito provavelmente, seja um dos pioneiros nessa linha.

³⁹ Galili, I, Bar, V. Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? International Journal of science education, v. 14, n.1, p.63-81, 1992.

⁴⁰ Independente de os grupos mais organizados e de destaque na atualidade reconhecerem ou não, entendemos e reconhecemos essa linha temática como importante para o ensino de física. Além disso, esse trabalho é fruto das reflexões junto a esse grupo.

⁴¹ Ressaltamos que o depósito da tese foi em dezembro de 1989 e a defesa em abril de 1990.

A tese de Zanetic nunca foi publicada como livro e nem rendeu “uma série” de artigos em revistas especializadas, embora continue sendo uma referência na área de ensino de ciências (mostrando que quem morde nem sempre Lattes....). Relendo-a agora em 2009, somos surpreendidos com diversas passagens que adquiriram um caráter “visionário”. A discussão das relações entre ciências e sociedade, por exemplo, antecipa, de certo modo, muitas questões que o movimento “Ciência, tecnologia e Sociedade” (CTS) veio formalizar ao longo dos últimos anos. O papel da História e da Filosofia da Ciência (HFC) no ensino e na formação de professores é, sem dúvidas, outra vertente que permanece atual e capaz de trazer questões relevantes a professores e pesquisadores. O caráter interdisciplinar necessário à transformação do ensino de física, principalmente as relações entre física e literatura, bem como a questão de darmos sentido ao conhecimento escolar, já eram apontados por Zanetic muito antes de os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) estabelecerem a interdisciplinaridade e a contextualização como princípios norteadores de uma nova prática pedagógica. (Martins, 2009, p. 10).

Segundo Delizoicov (2009) a tese de doutoramento de Zanetic pode ser lida como precursora de muitas áreas hoje consideradas como linhas de pesquisa no âmbito da educação científica. Como exemplo, temos a transposição da concepção freireana para o ensino de ciências, a importância da história e da filosofia da ciência no ensino de ciência, além das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Sobre a transposição da concepção freireana para o ensino de ciência, Delizoicov (2009) aponta uma discussão e reflexão sobre possíveis aproximações da teoria freireana com a proposta de Snyders. Além disso, de forma prática:

De fato, no que se refere à implementação da concepção freireana defendida na sua tese e a relação com a fundamentação para se conceber a física como cultura, durante a sua abordagem na escola, cabe destacar da prática zaneticiana: 1- a constituição, em 1975, em conjunto com Luis Carlos de Menezes, do grupo de pesquisa em ensino de física no IFUSP, que se originou tendo como uma das metas aprofundar o entendimento da concepção de educação de Paulo Freire e possibilidade de transposição para educação escolar; 2 - a inserção sistematizada do estudo das concepções de Freire na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física e 3 – a sua atuação enquanto membro de equipe assessora da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, durante a gestão 1989 – 1992, na qual Paulo Freire foi secretário da educação e que enfrentou o desafio de implantar um processo de Reorientação Curricular estruturado a partir de temas geradores (ZANETIC, 1989; ZANETIC; DELIZOICOV, 1993; PONTUSCHKA, 1993).

Implementações da concepção de Freire, no âmbito escolar, sobretudo as relativas ao ensino de ciências, são objetos de vários estudos e de várias publicações que possibilitam caracterizar seus desdobramentos e sua disseminação. (Delizoicov, 2009, p. 55)

Em relação à história e filosofia da ciência (HFC), sobretudo quanto à sua aplicação ao ensino de física no Brasil, o programa zaneticiano também está na origem. Embora, como destaca Delizoicov (2009), a influência da pesquisa do exterior já estivesse presente no Brasil, como por exemplo, o primeiro número do periódico espanhol *Enseñanza de la Ciencia* publicado em 1983 e que versava sobre essa relação entre HFC

e ensino de ciência. No entanto, deve ser notado que Medeiros (1984) defende a sua dissertação de mestrado, *Condicionantes Históricas e Sociais no Ensino de Física*, no programa de Pós-graduação em ensino de física do IFUSP, sob a orientação do professor Luis Carlos de Menezes, tendo uma participação ativa no grupo de pesquisa em ensino de Menezes e Zanetic naquele período (Delizoicov, 2009).

Zanetic vem desde então desenvolvendo um trabalho nessa linha, em conjunto com seus alunos de graduação e pós-graduação. Os temas mais discutidos são sobre o papel da HFC no ensino de física, inserção da ciência na cultura, as relações entre a ciência e a literatura, teatro e ficção científica. Quanto a esse último também participam alunos de novos grupos de pesquisa como o de Luis Paulo de Carvalho Piassi.

Mais especificamente nos últimos anos a dimensão cultural generalizada tem sido mais reconhecida como uma componente importante do ensino de ciências. No entanto, ao pensar o multiculturalismo, as pesquisas que envolvam essa questão e o ensino de ciências, sobretudo no aspecto metodológico, ainda carecem de trabalhos. Mas, as questões ambientais e as pesquisas de natureza antropológica têm cada vez mais despertado essa necessidade.

Este debate ganhou tal importância que o principal periódico da área, *Science Education*, dedicou, nos últimos dez anos, três números especiais (nos volumes 78, 83 e 85) ao tema, impulsionando na área acadêmica internacional as discussões acerca das influências culturais sobre o ensino e aprendizagem em ciências. (El-Hani & Sepúlveda, 2006, p. 164).

Ressaltamos, por fim, que fizemos apenas uma breve reflexão sobre a pesquisa em ensino de física e entendemos que, por se tratar de uma tese nessa área seria importante abordar alguns aspectos. No entanto, sabemos que existem outras linhas de pesquisa em ensino de física na atualidade, porém não é nosso objetivo aprofundar essa reflexão. Destacamos apenas algumas linhas de pesquisas que, de certa forma, estão relacionadas com a nossa pesquisa⁴².

⁴² Para maiores detalhes sobre a pesquisa em ensino de física, recomendamos a leitura da tese de doutoramento: Salem, Sônia. Perfil, evolução e perspectivas da Pesquisa em Ensino de Física no Brasil. Tese de Doutorado. Programa Interunidades em Ensino de Ciências. IFUSP, 2012.
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13082012-110821/pt-br.php>

Epistemologia de Bachelard e a pesquisa

Nas seções anteriores, discutimos o desenvolvimento da pesquisa em ensino de ciência, em que destacamos o movimento de concepções espontâneas ou alternativas (MCA) e o movimento de mudança conceitual (MMC), além da importância da epistemologia e história da ciência nesse segmento do ensino. Os dois movimentos, MCA e o MMC, têm reconhecidos fundamentos epistemológicos. Portanto, faremos uma reflexão defendendo a epistemologia de Bachelard como um fundamento dos dois movimentos, entendendo que a pesquisa sobre concepções espontâneas ainda está ativa (Cachapuz, 2005) e o MMC tem um reflexo sobre o projeto de evolução de perfil conceitual (Mortimer, 1996; 2000; 2006), sobre o qual teceremos nossa visão.

Inicialmente, é válido destacar que a epistemologia de Bachelard contempla aspectos importantes atribuídos à filosofia racionalista da ciência contemporânea, encontrados nas propostas de Kuhn, Lakatos, Popper e Toulmin, como: a relação sujeito-objeto; a forma de conceber o erro; o papel das teorias científicas no processo empírico; entre outros. No entanto, é com as concepções de obstáculos epistemológicos e pedagógicos que trataremos as concepções espontâneas.

O conceito de obstáculo epistemológico refere-se aos imperativos funcionais, lentes, inerentes ao ato de conhecer (Bachelard, 1996). Ou seja, segundo Santos (1989), as diferentes concepções alternativas já se encontram presentes nos pressupostos teóricos bachelardianos.

A investigação demonstrou o que a teoria epistemológica bachelardiana tinha previsto, que o aluno, à semelhança do cientista, tem grande dificuldade em se separar das suas representações espontâneas. Representações que a experiência de todos os dias reforça, (Santos, 1989, p. 194)

Um primeiro fundamento que o MCA encontrado na proposta de Bachelard, refere-se à forma como o erro é incorporado na sua teoria. O erro tem um caráter importante e pode proporcionar uma experiência rica de aprendizagem. No entanto, Bachelard caracteriza os tipos de erros, ou seja, existem erros positivos que são úteis e contribuem como uma barreira a ser suplantada, saindo do senso comum para o conhecimento científico. Existem outros erros que, segundo Bachelard, são distrações do espírito (Bachelard, 1996). Portanto, os erros são necessários e abrem um caminho para uma conceitualização científica. Os tipos de obstáculos epistemológicos que discutimos no capítulo 1 dão significado a muitas concepções espontâneas identificadas nas pesquisas. Segundo Santos (1989), muitas das concepções alternativas dos nossos alunos têm

relação com analogias e imagens metafóricas, que são reforçadas pela prática pedagógica. Bachelard critica esse reforço pedagógico que não contribui para uma ruptura com essas concepções e, provavelmente, fortalece o obstáculo epistemológico. As metáforas são perigosas e necessárias, sendo que as concepções alternativas passam por elas, porém o professor deve contribuir para que seja possível superá-las.

[...] à imagem do desenvolvimento da ciência, Bachelard preconiza que o aluno, de ruptura em ruptura, deve ser capaz de uma ruptura epistemológica fundamental – a ruptura entre o processo de construção do conhecimento comum e o processo de construção do conhecimento científico. (Santos, 1989, p. 203)

Outro aspecto de destaque na relação da epistemologia de Bachelard com as concepções espontâneas, refere-se ao entendimento sobre as causas desses obstáculos, que estão também na essência do ato de conhecer. Portanto, o erro é dotado de uma “lógica” interna, que é no fundo enganadora, porém o transforma em verdade para o sujeito. Em situações escolares isso é muito comum, por exemplo, pensar no geocentrismo e heliocentrismo, tentando identificar argumentos que justifiquem um ou outro modelo, é possível assistirmos a uma vitória esmagadora do geocentrismo. Sendo assim, para Bachelard, a prática pedagógica deve levar os alunos a perder sua “certeza”.

[...] O erro, quer no caso do cientista, quer no caso do professor, quer no caso do aluno, define-se por oposição a algo que é verdadeiro. Ora, as crianças têm excesso de confiança nas suas ideias e o ensino não se preocupa em encontrar processos de levar esses alunos a perder essas certezas. (Santos, 1989, p. 206)

A relação entre as concepções espontâneas dos alunos e as ideias dos cientistas, ao longo da história, também encontram referência na obra de Bachelard, como mostra Santos:

A história da ciência é plena de ensinamentos para a pedagogia. É na pedagogia que se pode considerar a história da ciência como uma imensa escola, como uma sequência de classes, das classes mais elementares às classes superiores [...] encontrei na história da ciência verdadeiros testes pedagógicos. Há uma actualidade minuciosa nos antigos erros para indiciar dificuldades da pedagogia elementar. (Bachelard apud Santos, 1989, p. 208).

Essa perspectiva encontra-se em muitos trabalhos sobre concepções espontâneas, porém é importante ressaltar que a proposta de Bachelard é muito anterior ao MCA. No Brasil, para apresentarmos um exemplo, na sua tese de doutoramento de 1986, Yassuko Hosoume, ao estudar as concepções espontâneas sobre movimento, afirma:

Podemos dizer que talvez os conceitos encontrados ao longo da história da ciência possam servir como sugestões para novas interpretações do modo de pensar dos estudantes, onde ideias de “espaço absoluto”, “movimento próprio”, “observadores privilegiados” parecem bastante arraigadas e

concorrendo com a física clássica ensinada na escola. (Yassuko apud Zanetic, 1989, p. 128)⁴³

Em paralelo à identificação de concepções espontâneas, encontramos o MMC que na sua essência propõe uma substituição das ideias espontâneas pelas científicas. O grupo PSHG, que já citamos, indicou nos seus estudos algumas condições importantes para o MMC: a insatisfação com as concepções existentes e a inteligibilidade; plausibilidade e fecundidade das novas concepções. Essas condições têm uma fundamentação em Kuhn (as três primeiras) e a última em Lakatos (Mortimer, 2006; Gurgel, 2010). Mas, a proposta de transportar a ideia de revolução científica na ciência para a sala de aula encontrou, principalmente na concepção do aluno como cientista, uma de suas limitações,

Mesmo que o modelo de revolução científica pudesse ser aplicado a qualquer mudança conceitual na ciência, a maneira como ele foi transposto para o processo de ensino-aprendizagem desconhece as diferenças profundas entre um processo que ocorre dentro de uma cultura científica e outro, que é justamente um processo de “enculturação”. (Mortimer, 2006, p. 65)

Por outro lado, tomando como referência a epistemologia de Bachelard, é possível encontrar um fundamento para pensar nesse processo de aprendizagem que envolve o conhecimento de “uma cultura específica”. Na proposta bachelardiana, quando as concepções espontâneas, que como discutimos tem um fundamento no obstáculo epistemológico, são questionadas no processo de ensino-aprendizagem para que ocorra uma ruptura, visando um avanço posterior, no sentido de inserir a ciência na cultura do indivíduo, temos dois momentos específicos: o tempo da negação e o tempo da reorganização.

O tempo da negação consiste, em termos bachelardianos, no tempo da psicanálise, no tempo da ruptura, ou ainda, no tempo de dizer NÃO à experiência primeira.

[...] Há que lhe proporcionar oportunidade de chamar progressivamente à consciência e de criticar a cultura elementar de que é portador a fim de poder sair do reino da ciência fácil e entrar no reino da ciência difícil, no tempo das iniciações viris. [...] (Bachelard apud Santos, 1989, p. 258)

Sendo assim, o professor deve levar em consideração que não está diante de uma “mente vazia” e que o aluno não é um banco, para usar um termo freireano, em que se deposita o conhecimento. Bachelard indica uma característica psicanalítica, por se tratar, apesar do professor ser alguém que estimule esta reflexão, de um processo interno da cognição. Contudo, esse processo de negação é lento e difícil. “ Há que permanecer o tempo suficiente nos “pensamentos de retrospectão, de inspecção e de

⁴³ Hosoume, Yassuko. Proposta de um modelo espontâneo de movimento. Tese de doutoramento, FEUSP, 1986.

prospecção [...]. É o lento e cuidadoso amadurecimento destes pensamentos que vai preparar a racionalidade de tempo da psicossíntese." (Bachelard apud Santos, 1989, p. 260). A reorganização do pensamento segue a dialética da psicossíntese, ou seja, se desconstrói uma ideia reconstruindo em outro sentido, algo que Bachelard chama de síntese transformante.

É a síntese transformante que valoriza (revaloriza) o conhecimento subjectivo recuperando, a um outro nível, algo do que previamente foi negado no tempo da psicanálise. É a síntese que dá ao psiquismo a sensação de progresso por rectificação do que foi negado. (Santos, 1989, p. 261)

Ainda que a síntese transformante implique em reorganização e reconhecimento da limitação das concepções primeiras, é importante ressaltar que, na visão bachelardiana, a retificação não implica em eliminação de uma concepção. Recusar um realismo ingênuo ou um empirismo não significa eliminá-los e sim evitar que aí se permaneça. Sendo assim, as limitações do MMC identificados pelas pesquisas e presentes na literatura, sobretudo em relação à troca de concepção, tem uma fundamentação já reconhecida na obra de Bachelard. A proposta de perfil epistemológico, pressupõe a coexistência de diferentes concepções epistemológicas de um conceito em um indivíduo. Para Bachelard, o perfil guarda as marcas que a cultura teve de superar para sua evolução. Tem uma profunda conexão com os obstáculos epistemológicos, porém, a epistemologia bachelardiana está ausente na imensa maioria dos estudos relacionados à mudança conceitual. A proposta de utilizá-la pode ser encontrada nos trabalhos de Mortimer (1995, 1996 e 2000) que tem uma fundamentação em Bachelard. Em favor da idéia de convivência das diferentes concepções de um conceito, Mortimer propõe a ideia de “perfil conceitual”, enfatizando a possibilidade de usar essas diferentes concepções do mesmo conceito em diferentes domínios, opondo-se assim a uma troca definitiva e absoluta das ideias prévias. Além disso, defende que o processo de aprendizagem seja visto como a construção de um corpo de noções que possa ser aplicado a diferentes contextos, algo também já presente em Bachelard. Segundo o autor, mais do que a mudança conceitual, o objetivo do ensino de ciências passaria a ser uma mudança do *perfil conceitual*, acompanhada por uma “maior aquisição” de consciência dos estudantes sobre seus próprios perfis. Um exemplo detalhado de aplicação dessa proposta pode ser encontrado em Mortimer (2006). Nessa obra, o autor trata da evolução de ideias sobre “atomismo” e “estados físicos da matéria”, numa sala de aula de ciências da última série do ensino fundamental, evidenciando a alteração do

perfil conceitual dos alunos em função de uma seqüência específica de atividades orientadas.

Os trabalhos de Mortimer têm influenciado de modo significativo uma série de pesquisas na área de ensino de ciências. No entanto, em concordância com Martins (2004; 2007), discordamos da preferência do autor pela expressão “perfil conceitual”, dada por ele, em substituição do “perfil epistemológico” bachelardiano. Na transição para os problemas de ensino, o autor avalia que seja necessário *introduzir* algumas características no perfil que estariam ausentes, na sua visão, na proposta filosófica de Bachelard.

Usarei a noção de perfil conceitual no lugar de perfil epistemológico com o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard, já que minha intenção é construir um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino. A noção de perfil conceitual tem, obviamente, características em comum com a de perfil epistemológico, como, por exemplo, a hierarquia entre as diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores. No entanto, alguns elementos importantes devem ser adicionados à noção bachelardiana.

O primeiro deles é a distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil. Apesar de lidar com o mesmo conceito, cada zona do perfil poderá ser não só epistemológica como também ontologicamente diferente das outras, já que essas características do conceito mudam à medida que se mova através do perfil. [...]

Um outro aspecto importante a acrescentar é que a tomada de consciência, pelo estudante, de seu próprio perfil desempenha um papel importante no processo de ensino-aprendizagem. (Mortimer, 2006, p. 78/79)

Ele apresenta sua argumentação de defesa do termo perfil conceitual, tendo por base dois argumentos. O primeiro diz respeito à distinção entre características ontológicas e epistemológicas. Segundo esse autor, apesar de trabalharmos com o mesmo conceito, cada zona do perfil não é somente epistemologicamente diferente, mas também ontologicamente, pois as características do conceito em cada parte do perfil são diferentes. O segundo argumento é que os níveis pré-científicos não são determinados por escolas filosóficas, mas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos, sendo esses influenciados pela cultura, definidos como um sistema supra-individual com um pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro daquela cultura.

Embora Mortimer em suas investigações tenha trazido novas contribuições, como já apontamos, que permitem ampliar o alcance de aplicação das concepções de Bachelard, não concordamos com os seus argumentos. Entende-se que o primeiro argumento não se aplica, pois Bachelard, apesar de não utilizar explicitamente o termo ontológico leva em

consideração esse aspecto quando apresenta o seu perfil epistemológico do conceito de massa com natureza diferente em cada uma das escolas filosóficas de pensamento, destacadas em *A filosofia do Não*. Portanto, concordamos com a análise de Martins quando afirma que:

Parece-nos que Bachelard poderia muito bem ter “batizado” o perfil de perfil onto-epistemológico, sem qualquer modificação da sua proposta original. Talvez o uso apenas de epistemológico, deva-se à ênfase que nosso autor procura dar à idéia de progresso nesse terreno. (Martins, 2007a, p. 61)

É importante ressaltar que, nas pesquisas atuais, a referência a Bachelard tem sido "esquecida" à medida que as preocupações estão voltadas para problemas de análise do discurso e da linguagem. Segundo Martins (2012), em um trabalho representativo sobre perfil conceitual, Amaral e Mortimer (2006), ao longo de cinco páginas de reflexão sobre o perfil conceitual, citam outros referenciais sem nenhuma menção a Bachelard. Em linhas gerais,

Um estudante que fizesse, hoje em dia, uma pesquisa bibliográfica na literatura especializada apenas dos últimos cinco anos (o que é considerado razoável em primeira aproximação, em muitos casos) talvez tivesse dificuldade em identificar que a ideia de perfil conceitual tem suas raízes em Bachelard. Isso, por suposto, não se constitui em um problema, evidenciando, apenas, uma depuração do enfoque teórico-metodológico da pesquisa sobre perfil conceitual. (Martins 2012, p. 278)

Quanto à parte do segundo argumento de Mortimer, em que o indivíduo seria influenciado pela cultura, também já se encontra contemplado na proposta de Bachelard:

Insistimos no fato de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. É esta dupla particularização que torna um perfil epistemológico interessante para uma psicologia do espírito científico. (Bachelard 1978a, p. 25)

Ainda sobre o segundo argumento, em que os níveis pré-científicos não seriam determinados apenas pelas escolas filosóficas de pensamento, mas também pelos compromissos ontológicos e epistemológicos, acreditamos que também esse item esteja dentro da proposta bachelardiana, pois:

Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico porque um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estádios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos. (Bachelard, 1978a, p. 30)

Quanto à questão da tomada de consciência do próprio perfil pelo aluno, como já destacamos, o tempo da negação, seguido do tempo da reorganização, chamada de psicossíntese, resultando em uma síntese transformante, é uma tomada de consciência

do próprio perfil, que já se encontra na obra de Bachelard. Portanto, concordamos com a análise realizada por Martins, pois:

Essas escolas são, inclusive, de certa maneira uma "generalização" desses compromissos. Dada a multiplicidade de obstáculos epistemológicos com os quais os indivíduos deparam-se ao longo do processo de conceitualização, poderíamos até pensar em "subdividir" certas regiões do perfil, admitir uma espécie de "estrutura fina" para as zonas mais elementares. Talvez isso nem seja necessário, mas, mesmo assim, não estaria em desacordo com a visão de Bachelard, que se refere – em *A Filosofia do Não* – à primeira região do perfil tanto com a denominação de animismo como de realismo ingênuo. Entendemos que, para ele, essa região é multifacetada justamente devido ao polimorfismo dos obstáculos. Não é necessário, assim, desvincular os níveis "pré-científicos" de um realismo ou empirismo ingênuos, ou seja, de escolas filosóficas de pensamento mais gerais que, tanto na história das idéias quanto na pesquisa sobre concepções alternativas, encontram-se subjacentes às concepções manifestas pelos sujeitos. (Martins, 2007a, p. 61)

Apesar de não concordarmos com a adoção de outra terminologia para o perfil, pensamos na mesma direção apontada por Martins (2012), quanto entende que na pesquisa atual, podemos utilizar as propostas de perfil conceitual ou perfil epistemológico que são diferentes. Sobre pesquisas utilizando a noção de perfil conceitual:

O perfil conceitual – até o nível em que podemos perceber – *descola-se* da hierarquia de doutrinas filosóficas bachelardianas, trazendo ao pesquisador em ensino a *liberdade* de estabelecer as categorias de análise a serem usadas na caracterização das diferentes zonas do perfil. Tais zonas não serão necessariamente as mesmas para os diversos conceitos, e muito provavelmente serão diferentes para indivíduos de culturas diferentes. Embora a determinação dessas categorias e zonas, para cada conceito, seja cotejada com a literatura relativa às concepções alternativas e com a História da Ciência, ela tem forte relação com o discurso dos sujeitos e com o meio sociocultural, surgindo a partir da análise dos dados de pesquisa, numa perspectiva mais empírica. (Martins, 2012, p. 279)

Sendo assim, a noção de perfil conceitual parece mais variável, ou seja, permite explorar as concepções dos alunos na dependência de contextos que mobilizam determinados compromissos ontológicos e epistemológicos, prolongando e aprofundando o movimento de concepções alternativas, em certa medida. (Martins, 2012, p. 280)

Por outro lado, a suposta liberdade que o perfil conceitual proporciona pode, dependendo da pesquisa, tornar-se uma desvantagem. Deixar de ter uma estrutura generalizável, põe em dúvida a articulação entre as categorias, além de não ter um compromisso com o progresso epistemológico. Portanto, dependendo da pesquisa, o perfil epistemológico pode ser mais adequado

O perfil epistemológico, por seu turno, tem como vantagem a possibilidade de interpretação do conjunto (contextual) de concepções, para um dado conceito, a partir de uma *estrutura* comum. Ao conservar a hierarquia de doutrinas filosóficas bachelardianas conserva, conseqüentemente, o sentido

de *progresso epistemológico*. A novidade do perfil – epistemológico – é buscar a *forma* subjacente ao *conteúdo*, os compromissos ontológicos e epistemológicos dos sujeitos que, generalizados, possam levar a uma compreensão de certas estruturas de pensamento que se repetem para diversos conceitos, contextos e – por que não? – culturas.

Desse ponto de vista, há um *a priori* teórico mais forte com a adoção da noção de perfil epistemológico na pesquisa em ensino. Uma estrutura pré-determinada orienta mais rigidamente uma tomada de dados. Nesse sentido, trata-se de uma perspectiva mais racionalista. (Martins, 2012, p. 280)

Também aqui a vantagem pode se tornar desvantagem, pois a estrutura mais rígida pode precipitar uma acomodação precoce de dados nas categorias bachelardianas. É preciso aprofundar a investigação no sentido de desenvolver ferramentas adequadas de coleta de dados e análise que aprofundem a característica multifacetada de cada escola filosófica.

Ainda sobre o perfil epistemológico também concordamos com Martins (2012) quando da limitação de sua aplicabilidade. No sentido proposto por Bachelard, o perfil epistemológico é mais adequado para pensarmos em conceitos de base como tempo, espaço, massa, energia, força. "Deste modo, pensamos que só depois de se ter recolhido o álbum dos perfis epistemológicos de todas as noções de base, é que se pode estudar verdadeiramente a eficácia relativa das diversas filosofias." (Bachelard, 1978a, p. 28). Acreditamos, com base nos argumentos citados, que a proposta de Bachelard é mais adequada e completa para nossa tese, além de explicitar os compromissos ontológicos e epistemológicos, que estão na base dos conceitos com vantagem em relação ao perfil conceitual. Sobre trabalhos com perfil epistemológico temos: Pinto & Zanetic (1999); Martins (2004); Martins & Pacca (2005); Martins (2007); Tenório & Bastos (2008); Souza & Zanetic (2008); Souza(2008); Junior (2010).

Caminhando...

Esse capítulo procurou refletir sobre a necessidade da presença de uma visão epistemológica e cultural no ensino de física. Talvez mais do que a presença, percebemos a necessidade desses olhares quando sonhamos com um ensino de qualidade. O ensino de física pouco mudou ao longo dos anos. Apesar de algumas iniciativas, além de um aumento na oferta de cursos de graduação e pós-graduação, as dificuldades enfrentadas na licenciatura continuam as mesmas do ensino geral (aulas expositivas, listas de exercícios, excesso de formulismo sem sentido, tec..) e os currículos pouco se alteraram. Apesar disso, foi possível apresentarmos algumas

iniciativas de um ensino de física "fora dos padrões" com uma proposta diferente que pensa a física como cultura.

Além das questões relativas ao ensino de física, revisitamos a pesquisa em ensino de física e centramos uma parte de nossa argumentação na necessidade de, no mínimo, reconhecer o pioneirismo das propostas de Bachelard. A epistemologia de Bachelard, que ficou por muitos anos esquecida, e mesmo atualmente, apesar de mais conhecida, ainda permanece ausente nas pesquisas sobre ensino e nos cursos de graduação que visam à formação de professores e nas referências de muitos trabalhos que nitidamente utilizam suas idéias.

De forma análoga, também procuramos discutir a necessidade de formarmos cidadãos conscientes, com a física fazendo parte de sua cultura. Ainda que estejam longe de ser alcançados, principalmente, pela falta de formação cultural dos professores de física, de estruturas adequadas e vontade política, esses objetivos têm sido perseguidos com êxito pela utilização de abordagens dialógicas no ensino, no sentido freireano do termo.

Sendo assim, Bachelard e Freire nos permitem uma abordagem de conceitos de base no ensino que estão epistemologicamente e culturalmente relacionados. É necessário abordar e aproximar a dimensão epistemológica da cultural na formação dos futuros professores de ciências. São como “ferramentas” que devem integrar o seu olhar sobre o planejamento de suas aulas, pensando em estudantes que, estão imersos em uma sociedade multicultural e globalizada e, não necessariamente, pensam em trabalhar com ciência ou na ciência como algo fundamental para a vida cotidiana.

Portanto, tendo essa aproximação entre epistemologia e cultura como referência, entendemos que os conceitos de tempo e espaço, que, inerentemente, são multiculturais, multidisciplinares e multiconceituais, podem ser uma “porta” de entrada para uma abordagem da epistemológica e a cultura. Ou seja, entendemos os conceitos de tempo e espaço e, mais especificamente, os seus perfis epistemológicos, como algo similar aos conceitos de massa e energia, quando da abordagem feita por Bachelard. Assim, caminhamos para o próximo capítulo buscando abordar os conceitos de tempo e espaço na física.

3. O CONCEITO DE TEMPO E ESPAÇO: FÍSICA E CULTURA

Como apontamos no final do capítulo anterior, os conceitos de tempo e espaço têm características múltiplas e estão presentes, explícita ou implicitamente, em muitas áreas do conhecimento. Nesse capítulo abordaremos os conceitos de tempo e espaço na física, tendo um olhar sobre as concepções que se desenvolveram principalmente no ocidente. É importante destacar que a nossa abordagem está longe de esgotar as concepções de tempo e espaço. O nosso olhar seguirá algumas concepções que influenciaram ou estão relacionadas com as físicas clássica e contemporânea. Trata-se de abordar esses conceitos pelas teorias mais tradicionais da física, tendo como foco concepções que podem ser analisadas sob o olhar da noção de perfil epistemológico de Bachelard. Nesse sentido, o olhar bachelardiano sobre a ciência tem como referência a construção ocidental, sendo assim, outras concepções de tempo e espaço do oriente e de outras culturas e épocas, não serão abordadas, com exceção a uma curta menção aos Árabes, pois identificamos concepções no estudo empírico que se aproximam a deles.

Partindo do princípio que esses conceitos, como já dissemos, estão na base do conhecimento humano e, portanto, também da física, iniciaremos a nossa abordagem na física clássica com as concepções da Grécia clássica, com destaque para Platão e Aristóteles, até algumas noções desenvolvidas no período medieval, que foram importantes para a mecânica clássica que se organizava nesse período. Ainda na física clássica abordaremos os conceitos de tempo e espaço na mecânica, com destaque para Galileu e Newton, além de algumas controvérsias físicas e "filosóficas" sobre tempo e espaço absolutos ou relativos. Além disso, discutiremos a concepção de espaço do eletromagnetismo, com destaque para Maxwell, e a concepções de seta do tempo na termodinâmica.

Na física contemporânea a nossa abordagem será em torno da relatividade restrita e geral, das concepções de tempo e espaço na mecânica quântica, principalmente sobre o princípio da incerteza, além das teorias cosmológicas que têm no seu alicerce algumas formas específicas de entender o tempo e o espaço.

Por fim, na última seção faremos uma breve reflexão sobre o caráter cultural desses conceitos, a influência sobre a construção da sociedade moderna e contemporânea, além de discutirmos a necessidade humana de tentar dominar esses conceitos através da construção de instrumentos de medida, procurando abordar a dimensão empírica.

3.1 A física clássica

Algumas concepções gregas e medievais

Na *Grécia* encontramos uma grande composição de teorias sobre os conceitos de tempo e espaço, que influenciaram as reflexões das épocas seguintes. Pensando no conceito de tempo, as primeiras formulações podem ser encontradas no pensamento de Heráclito (540 - 470 a.C) que afirmava a existência de uma lei fundamental do universo relacionada à mudança, sinteticamente representada pela frase: “não se pode tomar banho duas vezes no mesmo rio” (apud Whitrow, 1993, p. 53).

Apesar das idéias de Heráclito, esse período foi marcado pela influência de Pitágoras (580 - 500 a.C) e seus seguidores que interpretavam o tempo, assim como o espaço, como a alma do universo, além de relacionar o espaço ao vazio. Esse *pneuma*, como eles o chamavam, relacionava espaço com a matéria, ou seja, o “ar” era o espaço (Jammer, 2010). No entanto, o pitagórico Árquitas distinguiu o espaço da matéria definindo-o como um “lugar” em que todas as coisas estão, porém ele nunca está em outra coisa. Trata-se de “algo” que estabelece a fronteira e os limites dos corpos.

As concepções de tempo e espaço ganham novas reflexões com as propostas de Platão (427-327 a.C), evidenciadas no seu diálogo cosmológico intitulado *Timeu*. Na cosmologia platônica o universo é moldado por um artífice que impunha ordem ao caos. Esse artífice, identificado com o princípio da razão, estabelecia um padrão de lei que era fornecida pela geometria. Nesse sentido, diferentemente do mundo ideal e eterno, o universo está sujeito a mudança, sendo o tempo a imagem do movente.

Essa imagem movente se manifesta nos corpos celestes. A estreita associação que estabeleceu entre o tempo e o universo conduziu Platão a considerar o tempo como efetivamente produzido pelas revoluções da esfera celeste. Um legado permanente de sua teoria do tempo é a idéia de que este e o universo são inseparáveis. Em outras palavras, o tempo não existe por direito próprio, sendo uma característica do universo. (Whitrow, 1993, p. 57)

Em relação ao conceito de espaço, Platão também buscou uma definição nessa mesma obra, identificando a matéria com o espaço. No entanto, um corpo físico seria uma parte do espaço limitada por superfícies geométricas que não conteriam nada além de espaço vazio.

[...] Platão afirmava que os elementos apresentavam estruturas espaciais definidas: à água ele atribuía a estrutura espacial de um icosaedro; ao ar, a de um octaedro; ao fogo, a de uma pirâmide; à terra, a de um cubo. A terra, na visão de Platão, por sua forma cúbica, era a menos móvel dos quatro, pois suas bases eram mais estáveis. Era natural, portanto, que esse elemento estivesse no centro do Universo; como um núcleo, ele se inseria nas camadas formadas pelos outros elementos do espaço, ordenados conforme sua mobilidade crescente. (Jammer, 2010, p. 39)

Para Platão a matéria é reduzida ao espaço e a física é reduzida à geometria. Essa identificação do espaço com a matéria, mais especificamente, da tridimensionalidade com a matéria, exerceu grande influência no pensamento da física na idade média.

Aristóteles (384-322 a.C), seguidor de Platão, também propôs algumas definições para o tempo e o espaço. Em relação ao conceito de tempo, defendia que o movimento, uniforme ou não-uniforme⁴⁴, é definido pelo tempo, porém o tempo não pode ser definido por si mesmo (Whitrow, 1993). “O tempo é o mesmo em todo o lugar e para todos os homens” (Aristóteles apud Piettre, 1997, p. 21). Seguindo esse raciocínio, Aristóteles propõe que o tempo é a medida do movimento e não pode existir fora da alma, como ocorre com o movimento. Portanto, o tempo é um número, algo numerável, como afirmava, necessitando de alguém que o numere. “Não apenas medimos o movimento pelo tempo, mas também o tempo pelo movimento, porque eles se definem um ao outro. O tempo marca o movimento, visto que é seu número, e o movimento marca o tempo” (Aristóteles apud Whitrow, 1993, p.57). É pela consciência do “antes” e do “depois”, é na mudança que temos a consciência do tempo.

A teoria aristotélica do espaço aparece em dois textos, *Categoria* e *Física*. No *Categoria*, Aristóteles define o espaço como uma quantidade contínua, sendo concebido como a soma de todos os lugares ocupados pelos corpos.

Pois as partes de um sólido ocupam um certo espaço e têm um limite comum; decorre daí que as partes do espaço, que são ocupadas pelas partes do sólido, têm também o mesmo limite comum que as partes do sólido. Portanto, não apenas o tempo mas também o espaço são quantidades contínuas, pois suas partes têm um limite comum. (Aristóteles apud Jammer, 2010, p. 40)

De forma inversa à ideia de espaço concebida no texto *Categoria*, no *Física* a ideia de lugar é concebida como a parte do espaço em que os limites coincidem com os do corpo que o ocupa. Nesse caso encontramos uma teoria das posições no espaço, excluindo a concepção de um espaço geral, pois sua concepção não relaciona espaço com o vazio. A ideia de lugar é importante na evolução das teorias do espaço e na concepção de queda dos corpos. Para Aristóteles o lugar de alguma coisa não é parte dela, mas sim daquilo que a abarca; pode ser abandonado por ela e separado dela.

[...] todo e qualquer lugar implica e envolve correlatos de “acima” e “abaixo”, e as substâncias elementares têm uma tendência natural a se mover para seus lugares próprios, ou repousar neles quando neles se encontram – e tal movimento é “para cima” ou “para baixo”, e tal repouso é “acima” ou “abaixo”. (Aristóteles apud Jammer, 2010, p. 41)

⁴⁴ Aristóteles entendia o movimento como o deslocamento, assim como nós, mas também utilizava a palavra movimento para significar mudança.

Essa definição faz do espaço, concebido pela ideia de lugar, uma base física do movimento natural. Definindo lugar como a fronteira adjacente do corpo continente e tendo base para o movimento, Aristóteles atribui uma realidade ao espaço, fornecendo uma característica ativa no movimento, algo que, para usar uma expressão moderna, se assemelha à ideia de campo. “Além disso, as tendências dos elementos físicos (fogo, terra e os demais) mostram não apenas que a localidade ou lugar é uma realidade, mas também que exerce influência ativa [...]” (Aristóteles apud Jammer, 2010, p. 42). Essa “concepção de movimento relacionada ao espaço” de forma ativa recebe uma denominação de lugar natural.

As concepções de tempo e espaço de Platão e Aristóteles foram protótipos de todas as teorias sobre esses conceitos até o século XIV, tendo sofrido pequenas alterações. Ainda na Grécia, sofreram oposição de pessoas e grupos importantes como Teofrasto (372-287 a.C), discípulo de Aristóteles, que concebeu o espaço, por exemplo, como um sistema de relações, além de discordar de uma concepção de universo fora do espaço. Para os estoicos, grupo que seguia a proposta de Zenão de Cítio (334 – 262 a.C), existia um vácuo fora do universo material, quando pensamos no espaço, e, quando se refere ao tempo, de forma bastante simplificada, esse grupo entendia o tempo como o intervalo do movimento. Plotino (205-270 a.C), um filósofo neoplatônico, em sua obra *Enéadas*, segue a linha platônica e discorda de Aristóteles. Suas objeções concentram-se na crítica ao tempo como o número do movimento.

Segundo Plotino, dizer que o tempo é um número do movimento é confundir o numerado com o numerante; o que é medido, com o que mede: é como dizer que um côvado que mede uma extensão no espaço, contém o espaço. Há grandezas contínuas do tempo (como as grandezas contínuas do espaço), suscetíveis de serem mensuradas numericamente, por unidades descontínuas de dia, hora, minuto ... (como espaço por unidades de comprimento, côvado, estádios) (Pietre, 1997, p. 25)

Plotino objeta Aristóteles e defende a ideia de tempo como duração, sendo uma consequência da marcha inacadaada do espírito que anima o mundo. No entanto, como já afirmamos, as concepções platônicas e aristotélicas, ainda que distintas, apesar de Aristóteles sofrer influência de Platão em alguns aspectos, mesmo diante de críticas e de outras possibilidades, permaceram como as teorias mais influentes dos anos que se seguiram.

A proposta de Santo Agostinho (354-430) sobre o conceito de tempo, seguiu uma linha que concordava com Platão e Plotino em discordância com Aristóteles. Suas

reflexões sobre o tempo são apresentadas em sua obra *Confissões*. Ao questionar-se sobre *o que é o tempo*, busca resposta na observação do presente, ou seja:

Se pudéssemos conceber um espaço de tempo que não seja suscetível de ser dividido em minúsculas partes de momentos, só a este poderíamos chamar tempo presente. Esse, porém, passa tão velozmente do futuro ao passado, que não tem nenhuma duração. Se tivesse alguma duração, dividir-se-ia em passado e futuro. Logo, o tempo presente não tem extensão alguma. (Agostinho, 2001, p. 114)

Santo Agostinho também defende a concepção de tempo como duração, em contraposição à proposta de tempo como instante, na linha defendida por Aristóteles. Sua concepção de tempo tem uma essência denominada *distentio animi* (distensão ou repouso da alma), ou seja, não existe fora do espírito como algo real.

Uma coisa é agora clara e transparente: não existem coisas futuras nem passadas; nem se pode dizer com propriedade: há três tempos, o passado, o presente e o futuro; mas talvez se pudesse dizer com propriedade: há três tempos, o presente respeitante às coisas passadas, o presente respeitante às coisas presentes, o presente respeitante às coisas futuras. Existem na minha alma estas três espécies de tempo e não as vejo em outro lugar: memória presente respeitante às coisas passadas, visão presente respeitante às coisas presentes, expectativa presente respeitante às coisas futuras. (Agostinho, 2001, p. 117)

Ao distinguir o tempo do movimento, Santo Agostinho estende ainda mais a sua crítica ao pensamento aristotélico:

[...] Dado que uma coisa é o movimento do corpo, outra aquilo com que medimos a sua duração, quem é que não percebe a qual destas coisas de preferência se deve chamar tempo? Na verdade, se o corpo umas vezes se move a um ritmo desigual, outras vezes está parado, medimos com o tempo, não só o seu movimento, mas também o seu repouso, e dizemos: 'Esteve tanto tempo parado como em movimento'; ou: 'Esteve parado o dobro ou o triplo do tempo em que esteve em movimento'; ou qualquer outra coisa que a nossa medição tenha compreendido ou avaliado, mais ou menos, como costuma dizer-se. Por conseguinte, o tempo não é o movimento do corpo. (Agostinho, 2001, p. 112).

Nesse período que antecedeu a idade média⁴⁵, as concepções de espaço tinham uma idealização mística no sentido de relacionar o espaço ou lugar com Deus, de forma análoga ao espaço com a luz, também identificada com Deus. Essas motivações surgiram na tradição judaico-cristã e permearam todo o período seguinte chegando a influenciar Isaac Newton (1643 – 1727)⁴⁶.

⁴⁵ Os historiadores compreendem esse período, o da idade média, dentro do intervalo entre os séculos V e XV.

⁴⁶ Durante a existência de Newton, dois calendários eram utilizados na Europa: o Juliano na Grã-Bretanha e partes do norte e leste da Europa, e o gregoriano, utilizado pela Europa Católica Romana (instituído em 1582, mas adotado na Inglaterra só após 1752). No nascimento de Newton, as datas no calendário gregoriano eram dez dias adiantados em relação ao Juliano. Portanto, Newton nasceu no dia 25 de dezembro de 1642 no calendário juliano, que corresponde ao dia 4 de janeiro de 1643 no gregoriano. Já na época de sua morte, a diferença de dias entre seus calendários passou para onze dias. Alguns autores consideram que Newton nasceu em 25 de dezembro para coincidir com a data da morte de Galileu.

Destacamos a teoria sobre o conceito de espaço desse período, que chegou ao ocidente nos fragmentos do livro do filósofo neoplatônico Proclo Lício (412-485), sendo o espaço concebido como o intervalo entre os limites do corpo circundante e comensurável às coisas corpóreas, pois era capaz de conter outros corpos, sendo corpóreo em algum sentido. No entanto, o espaço deve ser imaterial e imóvel, pois não ocupa o mesmo lugar dos outros corpos e não se move sobre ele mesmo. Por essas características, Proclo identifica o espaço com a luz (Jammer, 2010). A proposta de Proclo, em certo sentido, se assemelha ao éter aristotélico com características de uma substância e, por outro lado, a imobilidade do espaço nos lembra o referencial absoluto de características newtonianas.

Já *no período medieval*, em que as propostas Aristotélicas e Platônicas permaneceram como as principais em debate, podemos entendê-lo como uma época de gestação e reflexão que antecedeu as novas concepções que estariam por vir. É possível identificarmos um caminho de reflexão que buscou emancipar-se das concepções gregas centradas em Platão e Aristóteles, algo nem de longe muito fácil. Nesse período o trabalho do monge Beda (672–735) merece destaque pela sua contribuição à organização cronológica do tempo. Em seu tratado *De temporum ratione* (Sobre a contagem do tempo), escrito por volta de 725, encontramos a organização de tabelas com a data da páscoa, algo de extrema importância para a organização do calendário religioso, além de uma cronologia geral da existência humana até aquele período.

Em relação ao conceito de espaço, destacamos a crítica de Filopono (490 – 570) ao trabalho de Aristóteles, mais especificamente à sua concepção de vazio. Para Aristóteles era inconcebível pensar na existência do vazio e muito menos de um movimento no vazio. Do ponto de vista dinâmico, na ausência de um meio material não haveria movimento, pois a velocidade dependeria da razão entre a força motriz e a força de resistência do ar, ambas dependentes do meio. Para Filopono o movimento tem sua velocidade dependente da diferença entre a força motriz e a de resistência do meio, proposta que possibilita o movimento no vazio, algo que para Aristóteles era absurdo. A concepção de Filopono com respeito ao vazio está relacionada à sua ideia de espaço concebido como extensão.

Aristóteles, por sua vez, recusou-se a pensar o lugar com uma extensão (diastema) estendendo-se entre as paredes de um contêiner (ver: Arist. *Physica*, livro 4, cap. 4 211b14- 212a2), e portanto excluiu a ideia de um vazio por que ela envolvia a ideia desacreditada de lugar como extensão que

podia ser esvaziada. Philoponos restaura ambas idéias. Lugar e espaço seriam vistos como uma extensão e esta extensão poderia 'dependendo dela' ser vazia ou vácuo. A extensão espacial de Philoponos seria tridimensional. (Sorabji apud Évora, 1995, p. 81/82)⁴⁷

Na visão de Filopono constituía-se em erro atribuir ao espaço propriedades causais, ou seja, o espaço não podia se concebido como causa eficiente do movimento que o obrigava a ir para o seu lugar natural. "É ridículo pretender que o espaço, como tal possua uma força inerente. Se todo corpo tende para o seu lugar natural, não é porque procura alcançar uma certa superfície; a razão está, antes, em que ele tende para o lugar que lhe foi atribuído pelo Demiurgo". (Duhem apud Jammer, 2010, p. 86). Portanto, a ideia de "acima" e "abaixo" não eram qualidades intrínsecas do conceito de espaço, dependendo de um arranjo geométrico e da predestinação mística ditada por um Demiurgo.

Ainda sobre o conceito de espaço, a proposta de Damáscio (458-538), filósofo considerado como o último dos neoplatônicos, tem grandes diferenças em relação à concepção de Filopono. A teoria do espaço de Damáscio investiga prioritariamente a posição ou localização de um corpo, algo que para ele é inseparável do objeto. "[...] O espaço é diferente da posição como o tempo é diferente do movimento. Assim como o tempo, para Aristóteles, é a medida numérica do movimento, o espaço ou lugar, para Damáscio, é a medida numérica da posição." (Jammer, 2010, p. 88). A posição de um corpo deixa de existir quando temporalmente assume uma nova posição. Além disso, em oposição à proposta de Filopono, Damáscio atribui causas eficientes e finais ao espaço, ou seja, o espaço exerce uma força direta sobre o corpo colocando-o em movimento.

É importante abrirmos um espaço para discussão de algumas ideias filosóficas dos árabes, que nesse período tinham grande influência e importância sobre toda Europa medieval. Além das traduções dos escritos gregos, os árabes propuseram suas concepções para o tempo e o espaço. A *Kalām*, uma fonte doutrinária dos árabes, algo comparado com a filosofia escolástica medieval, propunha uma concepção atomística do espaço em oposição ao continuum aristotélico. Os átomos da *kalām* são partículas indivisíveis e desprovidas de extensão. A magnitude só existe após a combinação para formação de um corpo.

⁴⁷ SORABJI, R(ed), Philoponus and the rejection os Aristotelian science. New York: Cornell University Press, 1987.

Para sermos exatos, a estrutura discreta do espaço, segundo a teoria da Kalâm, pode ser inferida a partir de duas premissas: (1) o carácter discreto do tempo (terceira proposição fundamental da kalâm, de acordo com a enumeração de Maimônides e (2) a inferência aristotélica da continuidade do movimento (a partir da continuidade do espaço) e da continuidade do tempo (a partir da continuidade do movimento). Como o conseqüente é negado pela primeira premissa, a aplicação formal do modus tollens leva a conclusão de que o espaço é descontínuo. (Jammer, 2010, p. 95)

A expressão modus tollens significa que um movimento é mais lento que outro, porque tem mais intervalos a percorrer; é mais rápido quando tem menos intervalos a percorrer. Além da descontinuidade do espaço, os árabes, como descrito na citação anterior, também propunham uma atomização do tempo. Moises Maimônides (1135-1204) em sua obra *O guia para os perplexos* expressa a concepção atomística de tempo propondo átomos de tempo, seguindo a linha da Kalâm, mas esses átomos possuem uma “duração”.

O tempo é composto por átomos de tempo, isto é, de muitas partes, que, em razão de sua curta duração, não podem ser divididas (...) Uma hora é, por exemplo, dividida em 60 minutos, o segundo em 60 partes e assim por diante; ao cabo de dez ou mais sucessivas divisões por 60, obtêm-se elementos de tempo que não são passíveis de divisão, e são de fato indivisíveis. (Whitrow, 1993, p. 96)

Merece destaque também em relação ao conceito de tempo na idade média, o teólogo e filósofo São Thomas de Aquino (1225-1274). O tomismo, como ficou conhecida a sua proposta, buscava uma conciliação entre a visão cristã de mundo e as ideias de Aristóteles. Nesse sentido, o conceito de tempo tornou-se um elemento chave para essa ligação. Na sua *Summa teológica*, esse teólogo discute a existência de três tipos de tempo: o tempo no sentido estrito da palavra, concebido como um estado de sucessão que tem início e fim, sendo aplicado aos corpos terrestres; a eternidade que é simultânea e atemporal, sendo prerrogativa de Deus; e um terceiro conceito chamado de *aevum* que tem começo, mas não tem fim, aplicado aos anjos, corpos celestes e às ideias (Whitrow, 1993).

Outro cristão que merece destaque é Nicolas Oresme (1320-1382) que, em seu tratado *Del cielo e Del mundo*, refletia sobre a constância dos movimentos das esferas celestes que transportavam os planetas. Segundo Oresme e outros físicos medievais, um corpo posto em movimento prosseguia em função da ação do impetus (força impressa)⁴⁸. Assim, atribuindo a Deus a intervenção no sistema planetário com intuito de frear uma suposta aceleração infinita, Oresme propõe a ideia de um universo-relógio.

⁴⁸ O impetus às vezes era entendido como uma força que provocava o movimento e às vezes como uma qualidade do movimento, ou seja, às vezes era causa e em outras efeito. Jean Buridan (1300-1358) e Nicolau de Cusa(1401-1464) também estudaram o movimento a partir da idéia do impetus.

A proposta de Oresme comparava a invenção do escape para os relógios, com o objetivo de manter a constância do movimento, com a esfera celeste, criada por Deus no Gênesis, com sua harmonia de movimento. Essa ideia de um criador, como na proposta cristã, tem semelhança com o Demiurgo proposto por Platão no Timeu. Compartilharam dessa proposta personagens importantes da história da ciência, como: Galileu (1564-1642), Descartes (1596-1650), Robert Boyle (1627-1691) (Redondi, 2010).

Apesar de todas essas teorias, algumas que seguem um caminho oposto às de Aristóteles e outras que tentam conciliar as propostas aristotélicas de tempo e espaço com o contexto da época, foi no renascimento italiano que se identificou uma emancipação dos conceitos de tempo e espaço da proposta aristotélica. Bernadino Telésio (1509-1588), um pensador natural da Itália, adotou teorias materialistas e estoicas, atribuindo qualidades de realidade ao espaço e ao tempo de forma análoga à matéria concreta. Para esse pensador o espaço deixou de ser uma qualidade, passando a ganhar uma existência, ou seja, corporeidade. No entanto, esse status de corporeidade não fazia do espaço algo parecido com as formas que ele recebia. Não tinha capacidade de agir ou influenciar o corpo recebido. Quando o corpo deixa sua “posição espacial” ela continua ali esperando outro que será recebido. Além disso, o espaço era homogêneo e todas as partes tinham condição de receber o corpo. Nesse sentido, Telésio já aponta sua crítica às propostas aristotélicas de lugar natural e também à proposta de o espaço “agir” provocando movimento.

[...] O movimento dos corpos no espaço não era causado por diferenças qualitativas inerentes ao espaço em si, mas resultava de força física. O espaço como um todo era imóvel [*universum perpetuo immobile permanet*] e acessível à percepção sensorial [*ipso comprehensum est sensu*], como demonstrava claramente os experimentos com o vazio. (Jammer, 2010, p. 115)

Sendo assim, esse período era dominado pela doutrina tradicional da substância e do acidente, grandes alicerces do pensamento escolástico da época, que só foram questionadas e colocadas de lado, com as teorias de Francesco Patrizi (1529 – 1597) também na Itália. Sua proposta baseava-se em pensar o espaço como condição necessária para tudo que existe. Portanto, qualidades de coisas que são contidas pelo espaço não podiam se aplicar a ele. Para Patrizi, ontológica e epistemologicamente, o espaço deve ser a base primordial de toda existência. A investigação do espaço deveria ser um pré-requisito para todo o estudo da natureza. A teoria de Patrizi foi desenvolvida ainda mais com as reflexões de Tommaso Campanella (1568 – 1639), que propunha o

espaço como a base de toda vida, ou seja, o lugar que conserva a bela obra do mundo. “[...] o espaço era homogêneo e indiferenciado, corporeamente penetrado e incorporeamente penetrante. Sua homogeneidade excluía diferenciações de abaixo ou acima, que se ligavam às diversidades dos corpos e não ao espaço em si” (Jammer, 2010, p. 120). Nesse sentido, inexistiam lugares naturais e o espaço era um receptáculo com a capacidade de receber corpos, algo criado por Deus.

Ainda na Itália, vale a menção a Giordano Bruno (1548–1600), teólogo dominicano e filósofo que ficou muito conhecido por desafiar à inquisição e ter a sua vida abreviada com a morte na fogueira. No entanto, em sua obra⁴⁹, faz questionamentos às limitações da proposta aristotélica na definição da esfera mais externa no seu modelo cosmológico. Para Bruno o espaço era o infinito vazio que continha todas as esferas e incontáveis globos ou mundos, algo infinito que nem a razão, os sentidos ou a percepção eram capazes de limitá-los. Algo que existe infinitamente por si mesmo e no eterno tempo.

Nesse período na França também encontramos teorias sobre tempo e espaço, que contribuíram para uma emancipação do aristotelismo e serviram de reflexões para as concepções newtonianas. René Descartes (1596–1650), filósofo e matemático, contribuiu com algumas ideias sobre os conceitos de tempo e espaço. Sobre o espaço, Descartes defendia que a extensão do corpo e a extensão espacial, em última análise, eram a mesma coisa. “O espaço ou o lugar interior, e o corpo que está compreendido nesse espaço, não são diferentes senão em nosso pensamento. Pois, com efeito “...a mesma extensão que constituiu espaço, constitui também o corpo”. (Descartes apud Koyré, 2001, p. 102,)⁵⁰. A extensão, segundo ele, constituía a própria substância corpórea sendo o seu principal atributo. A extensão seria a essência do corpo e o pensamento a essência da alma.

Descartes, através do exame de um corpo individual, no caso, uma pedra, conforme descrito nos *Les principes de la philosophie*, concluiu a tese acerca do corpo em geral, ou seja, o que é comum a todo o corpo deve persistir através de qualquer mudança natural; e o que não persiste não é parte da natureza do corpo. Apenas a extensão ou a quantidade, dotada de altura, largura e profundidade, pertenceria a todo e qualquer corpo; e também só ela pertenceria a todo o espaço, tornando-o *plenum*, eliminando qualquer possibilidade de existência de espaciotemporais sem matéria. Consequentemente, espaço e corpo seriam uma coisa só. (Sapunaru, 2012, p. 26)

Em relação ao conceito de tempo, Descartes considera a duração um atributo dos corpos, algo que lhes é característico. A duração está presente naquilo que dura, sendo

⁴⁹ Acerca do Infinito do Universo e dos Mundos

⁵⁰ Descartes, R. *Principia philosophiae*, Adam Tannery, Paris, 1905.

considerada por Descartes como um modo sob o qual concebemos as "coisas". Portanto a duração é uma propriedade intrínseca de toda e qualquer substância, seja ela extensa ou pensante. Por outro lado, mas ainda sobre questões que envolvem a temporalidade, Descartes interpreta o tempo, de forma distinta da duração, considerando-o como um modo de pensar. “[...] como precisamos medir a duração de todas as coisas, compara-se cada duração com aquela dos movimentos maiores e mais uniformes, dos quais resultam os dias e os anos, e chamamos tempo a essa duração” (Silva, 2010, p. 18/19). Portanto, o tempo pode ser entendido como uma dimensão, ou seja, uma forma de conhecer a duração de cada coisa, segundo a proposta cartesiana.

Por fim, ainda que longe de abordar amplamente as concepções de tempo e espaço no pensamento grego e medieval, acreditamos que as concepções apontadas e refletidas nessa seção sejam suficientes para compreender o período como uma grande "gestação" da física conhecida como clássica que estaria por surgir.

A mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo

A nossa reflexão sobre os conceitos de tempo e espaço na mecânica se iniciará a partir dos trabalhos de Nicolau Copérnico (1473 – 1543). Como já apontamos no final da seção anterior, muitas ideias sobre a mecânica já se encontravam em gestação no período medieval. Porém, para identificar novos períodos na física e na astronomia, "kuhnianamente", atribuímos o nome de revolução copernicana ao rompimento ocorrido entre o pensamento grego clássico e medieval e o pensamento moderno nas ciências físicas e astronômicas.

Na época de Copérnico o sistema aristotélico-ptolomaico enfrentava muitas dificuldades para continuar como referência cosmológica. Apesar de serem aceitos pela maioria dos estudiosos da época, alguns problemas eram difíceis de resolver como, por exemplo, os movimentos retrógrados dos planetas e o fato de Vênus e Mercúrio sempre serem vistos próximos ao Sol. Copérnico estudou em detalhe o sistema aristotélico-ptolomaico e, por volta de 1510, estava convencido que esse universo era insatisfatório e confuso. Suas ideias foram publicadas no seu primeiro livro: *Nicolai Copernici de hypothesibus mottuum caelestium a se constitutis commentariolus* (Pequeno comentário sobre as hipóteses formuladas por Nicolau Copérnico). Copérnico retoma uma antiga proposta de Aristarco de Samos (320- 250 a.C), que coloca o Sol no centro do sistema e ordena os planetas em órbitas circulares com uma duração que é proporcional à

distância do planeta ao sol. Dessa forma, atribui ao tempo um papel de parâmetro fundamental e resolve os principais problemas que estavam no sistema aristotélico-ptolomaico. Na sua obra *De revolutionibus orbium coelestium*, publicada em 1543, Copérnico mostra a relação entre a posição do planeta, ou seja, o espaço ocupado, em função do tempo ao descrever os períodos de duração das órbitas (Redondi, 2010). O modelo copernicano trazia também na sua essência uma proposta de simetria, que tinha influência da ideia de um universo-relógio desenvolvida dentro do pensamento cristão medieval, principalmente com Nicolas Oresme.

Especificamente, com relação ao espaço, Copérnico teve de resolver uma contradição que existia entre o movimento da última esfera do sistema aristotélico que se movia sem ter um lugar. Para o próprio Aristóteles a ideia de espaço relacionava-se ao lugar que continha outro corpo, ou seja, tinha uma superfície adjacente. Sendo assim, em que lugar estava contida a última esfera para que pudesse se mover? A solução dada por Copérnico foi manter a última esfera fixa e imóvel, sendo aquela que continham as outras (Redondi, 2010).

Como o céu é o que contém e envolve tudo, como ele é o lugar comum de todas as coisas, não fica claro por que o movimento não deve ser atribuído ao conteúdo antes que o continente, ao localizado e não ao que localiza. Acrescento que parece absurdo atribuir o movimento ao continente ou àquele que localiza, e não ao conteúdo e localizado, que é a Terra. (Copérnico apud Jammer, 2010, p. 102-103)

Portanto, Copérnico incorpora no seu sistema, além das ideias platônicas de órbitas circulares, já existentes no modelo aristotélico-ptolomaico, a conciliação da definição de espaço dada por Aristóteles.

Os trabalhos de astronomia que se seguiram a Copérnico, tiveram uma grande contribuição do luterano Tycho Brahe (1546-1601), sobretudo com relação às suas observações e medidas astronômicas. Trinta anos após a publicação do *De revolutionibus*, Brahe publica o *De nova et nullis aevi memoria prius vis Stella* (1573), demonstrando que a nuvem avistada na constelação de Cassiopeia em novembro de 1572 não era um meteorito, e sim uma estrela que sofria mudanças de brilho, até se consumir completamente em 1574. Tratava-se de uma supernova como modernamente chamamos. Portanto, nada foi criado para um tempo eterno, existia um ciclo a que nem mesmo as estrelas escapavam.

As medições de distância e as observações de Brahe, também o habilitaram a afirmar que as luzes efêmeras vistas no céu não eram vapores terrestres e sim objetos “estelares”, chamados de cometas, que descreviam trajetórias complicadas e

provavelmente retilíneas (Redondi, 2010). Essas observações também permitiram a Brahe afirmar que as esferas, que continham os planetas, não eram sólidas, pois os cometas as atravessam. Outra possibilidade era que esses corpos celestes haviam “destruídos” essas esferas sólidas.

Seguindo os dados do seu mestre Tycho Brahe, o alemão Johannes Kepler (1571-1630), após alguns anos de observação da órbita de Marte, concluiu que os planetas não descrevem órbitas platônicas circulares perfeitas, e sim órbitas em forma de elipse, seguindo as cônicas de Apolônio. As velocidades dos planetas não eram uniformes, apesar de existir uma regularidade entre o espaço e o tempo quando observados no todo. Em nossa linguagem, os planetas quando no afélio (ponto mais distante do foco em que se localizava o Sol) possuíam uma menor velocidade e no periélio (ponto mais próximo do foco em que se localizava o Sol) possuíam uma velocidade maior. Porém, nessa aparente irregularidade, Kepler percebe uma regularidade, pois os planetas percorriam, em tempos iguais, superfícies iguais definidas por um raio imaginário que une os planetas ao Sol. Para Kepler a alma motriz do Sol fazia os planetas girarem, com seus raios de luz. Uma suposta “força magnética” emitida do centro do Sol arrastava os planetas. Provavelmente, Kepler tenha se influenciado pelas ideias de William Gilbert (1540 - 1603) sobre magnetismo, publicadas no seu livro *De magnete* em 1600. Essa ideia preconizou a proposta da “gravidade newtoniana”, como destacava Kepler, em seu *Astronomia Nova*, de 1609, a respeito de sua concepção de gravidade em oposição ao lugar natural aristotélico:

[...] Se duas pedras fossem colocadas em qualquer lugar do espaço, uma perto da outra, e fora do alcance da força de um terceiro corpo cognato, unir-se-iam, à maneira dos corpos magnéticos, num ponto intermediário, aproximando-se cada uma da outra em proporção à massa da outra. (Kepler apud, Koestler 1991, p. 231/232)

Continuando, Kepler constrói uma relação, entre o período de revolução e a distância do planeta ao Sol. Em sua obra *Harmonia do Mundo*, de 1619, Kepler apresenta uma proposta harmônica para o modelo cosmológico, sendo influenciado pela geometria grega, astrologia e pela música. Dentro desse contexto um tanto quanto místico, Kepler apresenta a sua terceira lei, que relaciona o quadrado do período de revolução do planeta com o cubo da sua distância média ao Sol. Nessa construção Kepler implementa uma característica de parâmetros matemáticos expressos na relação de tempo e espaço.

Contemporâneo de Kepler, Galileu Galilei (1564-1642) vivia nesse “mundo”, em que a ciência era dominada pelas ideias de Aristóteles e de seus inúmeros seguidores e

comentadores medievais. Obviamente, muitos contribuíram com as idéias iniciais de Aristóteles, e muitos outros elaboraram críticas às suas concepções, como vimos na seção anterior, porém a visão de mundo aristotélico-ptolomaica era sólida e dominava esse período, como também já mencionamos. Durante o período medieval, muitos críticos à visão de mundo aristotélica⁵¹ apresentaram suas propostas, tanto em relação à astronomia quanto a questões relativas a concepções que originariam a mecânica. Copérnico, Galileu, Kepler, entre outros, tinham onde ler ideias alternativas a Aristóteles.

Galileu vai dar também sua profunda colaboração para uma alteração da concepção geocêntrica de mundo, defendida pelos aristotélicos, em favor da concepção heliocêntrica, já iniciada por Copérnico, que possuía uma origem em Aristarco de Samos (séc.III a.C.). Em seu livro *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, publicado em 1632, tendo inspiração no Timeu de Platão, Galileu busca defender o sistema copernicano. Sua hipótese está baseada na ideia de que Deus criou planetas, preferindo órbitas regulares, nesse universo-relógio. Além disso, sua referência repousa sobre a ideia augustiniana de um universo criado junto com o tempo. O criador converteria o movimento linear dos corpos, que no princípio é retilíneo e acelerado, em movimento circular, mantendo a velocidade constante (Redondi, 2010). Ainda nesse mesmo livro, encontramos uma reflexão sobre a concepção de espaço, centrada nas ideias aristotélicas de que a tridimensionalidade nos proporciona uma compreensão completa do universo (Jammer, 2010). No diálogo a seguir, retirado do livro *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, o personagem Simplicio, que defende o pensamento aristotélico, argumenta:

[...] Não tendes, em primeiro lugar que além das três dimensões não existe outra, por que o três é cada coisa e o três está em toda parte? E isso não está confirmado pela autoridade e pela doutrina dos pitagóricos, que dizem que todas as coisas são determinadas pelo três, princípio, meio e fim, que é o número do todo? [...] Ora, considerando tudo isso, não vos parece ter ele provado suficientemente como, para além das três dimensões, comprimento, largura e profundidade, não se dá passagem a outra, e que assim, o corpo, que as tem todas, é perfeito? (Galileu, 2004, p. 90)

Para Galileu essa argumentação não era suficiente para provar a existência única de três dimensões, portanto, através do personagem Salviati, ele discorda:

⁵¹ Apenas para exemplificar, Buridan, que já citamos anteriormente, chegou a conceber a rotação da Terra, elaborou um conceito de impetus, adicionado à gravidade natural, para explicar a queda acelerada de um grave, que dependia da massa e da velocidade de um corpo, além da dúvida se a velocidade de queda era proporcional à distância percorrida ou ao tempo decorrido.

Para dizer a verdade, em todos esses argumentos não me sinto forçado a conceber outra coisa que aquilo que tem princípio, meio e fim possa e deva considerar-se perfeito; mas que depois, porque princípio meio e fim são 3, o número 3 seja um número perfeito e tenha que ter a faculdade de conferir perfeição ao que o possuir, não sinto nada que me obrigue a admiti-lo; e não compreendo e nem acredito que, por exemplo, para as pernas o número três seja mais perfeito que o número 4 ou o 2; [...] Seria melhor deixar estas vaguidades aos retóricos e provar o seu propósito com demonstrações necessárias, que é o que convém fazer nas ciências demonstrativas. (Galileu, 2004, p. 90-91).

Pensando no Galileu que estudou a queda dos corpos, nos seus estudos sobre plano inclinado, na obra *Duas novas ciências*, original de 1638, ele expressa sua forma de medir o tempo:

[...] Para medir o tempo, pegamos um grande balde d'água, que penduramos bem alto, de um pequeno orifício feito em seu fundo escoava um filete d'água, que era recolhido num pequeno recipiente durante todo o tempo em que a esfera deslizava pelo canal. As quantidades de água assim recolhidas eram pesadas a cada vez, com a ajuda de uma balança muito sensível, e as diferenças e proporções dos pesos forneciam-nos as diferenças das proporções entre os tempos; a precisão da experiência foi tamanha que nunca surgiu nenhuma discrepância significativa entre os experimentos, muitas e muitas vezes repetidos.” (Galileu, apud Elias 1998, p. 88)

A medida do tempo nesse caso era construída de forma indireta relacionada com o “peso” da porção de água. Sendo assim, Galileu atribuiu um sentido físico ao tempo, relacionando-o com o movimento de uma esfera. Mas, Galileu nem sempre pensou assim, pois o seu olhar para a queda dos corpos atribuía características temporais ao espaço. Analisando o trecho abaixo de uma carta de Galileu a Paolo Sarpi.

Refletindo nos problemas do movimento, para os quais, a fim de demonstrar os acidentes por mim observados, me faltava um princípio absolutamente indubitável que pudesse estabelecer como axioma, cheguei a uma proposição que parece suficientemente natural e evidente; estando ela suposta, demonstro depois o resto, nomeadamente que os espaços percorridos pelo movimento natural estão na proporção dupla do tempo e que, por conseguinte, os espaços percorridos em tempos iguais são como números ímpares ab unitate e as outras coisas. E o princípio é este: que o móvel natural vai aumentando de velocidade na própria proporção em que se afasta do ponto de partida. (Koyré, apud Martins, 1998 p. 126)

Galileu estava atribuindo ao espaço características que eram próprias do tempo. As idéias neoplatônicas influenciavam Galileu, que utilizava a geometria como forma de interpretar a natureza. Posteriormente, Galileu expõe sua visão de um tempo contínuo com infinitos instantes. A idéia de uma grandeza contínua que é composta de uma infinidade de elementos muito pequenos fica evidenciada na lei de queda dos graves, um dos maiores triunfos de Galileu.

Se um móvel, partindo do repouso, cai com um movimento uniformemente acelerado, os espaços por ele percorridos em qualquer tempo estão entre si na razão dupla dos tempos, a saber, como os quadrados desses mesmos tempos. Representemos o tempo que tem início no instante A por meio da linha reta AB, na qual tomamos dois intervalos quaisquer de tempo AD e AE. Seja HI a

linha segundo a qual o móvel, partindo do repouso em H, cairá com um movimento uniformemente acelerado; seja HL o espaço percorrido durante o primeiro intervalo de tempo AD e HM o espaço percorrido durante o intervalo de tempo AE.

Afirmo que o espaço MH está para o espaço HL numa proporção dupla daquela que o tempo EA tem para o tempo AD; e podemos também afirmar que os espaços HM e HL têm a mesma proporção que os quadrados de EA e de AD. Tracemos a linha AC que forma um ângulo qualquer com a linha AB; e a partir dos pontos D e E tracemos as linhas paralelas DO e EP: se DO representa o grau máximo de velocidade adquirido no instante D do intervalo de tempo AD, PE representará, por definição, a velocidade máxima obtida no instante E do intervalo de tempo AE. Mas, conforme foi demonstrado acima a propósito dos espaços percorridos, esses espaços são os mesmos, se um móvel, partindo do repouso, se move com um movimento uniformemente acelerado e se, durante um intervalo de tempo igual, ele se move com um movimento uniforme, cuja velocidade é a metade da velocidade máxima adquirida durante o movimento acelerado. Segue-se que as distâncias MH e LH são idênticas às que seriam percorridas nos intervalos de tempos AE e DA por movimentos uniformes, cujas velocidades seriam iguais à metade daquelas representadas por DO e EP. Se tiver, portanto, sido provado que as distâncias MH e LH estão na dupla proporção dos tempos EA e DA, a proposição terá sido provada. Na quarta proposição do livro primeiro foi demonstrado que os espaços percorridos por dois corpos com movimento uniforme estão entre si numa proporção que é igual ao produto da proporção das velocidades com a proporção dos tempos. Neste caso, porém, a proporção das velocidades é a mesma que a proporção dos tempos (uma vez que a proporção entre AE e AD é a mesma que a proporção entre a metade de EP e a metade de DO, ou entre PE e OD). Consequentemente, a proporção entre os espaços percorridos é a mesma que o quadrado da proporção entre os tempos; o que queríamos demonstrar. (Galileu, 1985, p. 137).

Assim, para Galileu o movimento é um fenômeno essencialmente temporal, ou seja, o espaço e a velocidade do corpo são dependentes do tempo da seguinte forma:

Os graus de velocidade de um móvel descendente com movimento natural a partir da mesma altura por planos com qualquer inclinação são sempre iguais ao chegar no plano horizontal, desde que sejam removidos os obstáculos. Devemos aqui ter presente, antes de mais nada, que qualquer que seja a inclinação do plano no qual o móvel, que parte do repouso, aumenta a sua velocidade, ou a quantidade de ímpeto proporcionalmente ao tempo (segundo a definição dada pelo autor do movimento naturalmente acelerado), os espaços percorridos são proporcionais aos quadrados dos tempos e, conseqüentemente, aos graus de velocidade, como demonstrado pela proposição precedente. (Galileu, 1985, p. 144)

Quanto à mensuração do tempo, na visão de Elias (1998), o trabalho de Galileu no estabelecimento da lei de queda dos corpos, foi muito além de uma simples mensuração,

pois até essa época não se tinha registro da utilização de aparelhos de medição de tempo em processos físicos.

A imaginação inovadora de Galileu levou-o a mudar a função desse antigo instrumento, utilizando-o sistematicamente como padrão de medida de processos físicos, e não mais eventos sociais. Assim nasceu um novo conceito de “tempo”, um “tempo físico” que se afastava do antigo conceito, relativamente mais unitário e centrado no homem. (Elias, 1998, p. 92).

A concepção de espaço e tempo absolutos tem uma contribuição significativa com os trabalhos de Isaac Newton (1642-1727). Para entendermos a construção da concepção de espaço e tempo de Newton é importante não negligenciar a influência direta ou indireta dos seus professores. Jammer (2010), argumenta que as teorias de espaço infinito, homogêneo e isotrópico, Newton deve ter herdado de Patrizi (1529-1597), Campanella (1538-1639), além das ideias de Henry More (1614-1687), por meio de Isaac de Barrow (1630-1677), seu professor e antecessor em Cambridge.

Os trabalhos de More haviam sido publicados uns sete anos antes do *Principia* (1686) de Newton. Baseando-se em visões místicas, More traça sua concepção de tempo e, principalmente, de espaço, discordando de Descartes, sobretudo em relação à identificação cartesiana do espaço com a matéria. Sendo assim, com a influência dos trabalhos de More, que além dos aspectos matemático, eram dominados por concepções religiosas, pensamentos cabalísticos e neoplatônicos, Newton, logo nas primeiras páginas do *Princípio* expõe a sua concepção de tempo.

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida de duração perceptível e externa (seja ela exata ou irregular) que é obtida por meio de movimento e que normalmente é usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano. (Newton, 2008 p. 45).

É interessante observar que na primeira parte dessa citação, Newton conceitua o tempo relacionando-o com a matemática e com um fluir uniforme que não sofre nenhuma interferência. Na segunda parte da citação, Newton esclarece que as medições de tempo, que são obtidas por meio do movimento de um corpo, são usadas no lugar do tempo verdadeiro, ou seja, as diferentes medidas que podem ser obtidas em um experimento de um corpo em movimento não são resultados que nos permitem pensar em um tempo relativo, pois são características do movimento. “ Todos os movimentos podem ser acelerados ou retardados, mas o fluxo de tempo absoluto não é passível de mudanças” (Newton, 2008, p. 46).

Em relação ao espaço, Newton apresenta a seguinte definição também no *Principia*:

O espaço absoluto, em própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. Espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação à Terra. Espaços absolutos e relativos são os mesmos em configuração e magnitude, mas não permanecem sempre numericamente iguais. Pois, por exemplo, se move, um espaço de nosso ar, o qual relativamente à Terra permanece sempre o mesmo, será algum momento parte do espaço absoluto pelo qual o ar passa; em um outro momento será outra parte do mesmo, e assim, com certeza, estará continuamente mudando. (Newton, 2008, p. 45)

De forma análoga ao tempo, Newton apresenta uma definição de espaço como algo absoluto e uma concepção relativa que se define na medição, sendo uma característica da posição do corpo. Newton constrói definições de espaço e tempo com grande referência nos movimentos dos corpos. “Pois é como se tempos e espaços fossem lugares tanto de si mesmo como de todas as outras coisas. Todas as coisas são colocadas no tempo de acordo com uma ordem de sucessão; e no espaço de acordo com uma ordem de situação” (Newton, 2008, p. 47).

A grande influência para essas concepções de espaço e tempo absolutos no trabalho de Newton deve-se também a Isaac de Barrow, que teria se impressionado com o método cinemático na geometria, que fora desenvolvido por Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, percebendo que era necessário estudar a relação entre o tempo e o movimento. Assim, as afirmações de Barrow sobre o tempo ecoaram na concepção newtoniana.

O tempo não implica movimento, na medida em que é absoluto e no que diz respeito à sua natureza intrínseca; como tampouco implica em repouso; quer as coisas se movam ou estejam paradas, quer durmamos ou estejamos despertos, o tempo segue a natureza uniforme de seu curso. (Barrow apud Whitrow 1993, p. 146)

Nessa afirmação de Barrow fica evidenciada a influência sobre a concepção absoluta de Newton, indicando o tempo como algo eterno. Barrow também caracteriza o tempo com propriedades geométricas. “O tempo tem apenas comprimento, é similar em todas as suas partes e pode ser visto como constituído por uma simples adição de instantes sucessivos ou um fluxo contínuo de um instante ” (Barrow apud, Whitrow 1993, p. 147). As idéias de Barrow influenciaram decisivamente a concepção newtoniana, em especial a proposta de que o tempo segue seu curso uniforme, independentemente dos objetos, estejam eles em movimento ou em repouso. Redondi (2010) argumenta que a metáfora de um tempo que flui como um rio é uma herança newtoniana baseada em concepções religiosas que o teriam influenciado. Assim como para Barrow, que em sua geometria definia o espaço como expressão da onipresença

divina e o tempo como expressão da eternidade de Deus, Newton acrescenta essa concepção religiosa ao seu livro, deixando evidente a associação da ideia de absolutos para o espaço e o tempo com a divindade suprema. Porém, apesar dessa característica mística, a concepção absoluta para o tempo e o espaço, contribuiu de forma efetiva para o status de categoria filosófica desses conceitos. Ressaltamos que as definições newtonianas parecem separar o tempo e o espaço em dois grupos de categorias distintas, ou seja, o tempo e o espaço são absolutos, verdadeiros e intocáveis, por um lado, e empíricos e mensuráveis por outro.

É importante ressaltarmos também que, paralelamente às influências religiosas, as concepções de tempo e espaço absolutos eram uma necessidade lógica e ontológica (Jammer, 2010; Redondi, 2010). Para a validade da primeira lei do movimento necessitava-se de um sistema de referência independente. Outra questão relevante é a importância dada por Newton à geometria. Na sua concepção a geometria e a mecânica estavam unidas, ou seja, a geometria era uma área de estudo da mecânica, algo que também encontramos em Barrow, que desperta em Newton um sentido realista da matemática (Jammer, 2010).

O experimento do balde proposto por Newton para defender a ideia de movimentos absolutos, e o suposto aparecimento de forças centrífugas, também contribuía para alicerçar sua argumentação em relação à isotropia do espaço absoluto. As mudanças de superfície da água, plana no primeiro momento e parabolóide no segundo, deram a Newton a certeza da rotação absoluta e, conseqüentemente, foi mais um argumento para o espaço absoluto. No entanto, esse experimento foi alvo de muitas controvérsias e a própria interpretação newtoniana foi um pouco transcendental no que se refere à realidade (Jammer, 2010). A visão absoluta de mundo, expressada por Newton, era alvo de muitas críticas e debates, sobretudo de Berkeley (1684–1753) e Leibniz (1646–1716) que foram contemporâneos de Newton, e de Mach (1838-1916) quase dois séculos mais tarde (Zylbersztajn & Assis, 1999).

George Berkeley (1685–1753), filósofo inglês, acreditava que somente a experiência sensorial podia justificar os sentidos, e já que o espaço e o tempo não encontram fundamentos em nossa experiência sensorial, não há motivos para aceitá-los (Ray, 1993). Em sua obra *a Nova teoria da visão* tenta explicar o conceito de espaço como uma projeção da mente, ou seja, as distâncias e tamanhos não eram vistos e nem percebidos, mas inferidos pela mente. Pela abstração de percepções sensoriais a ideia abstrata de extensão era formada (Jammer, 2010). Para Berkeley as ideias de espaço e

tempo absolutos eram meras hipóteses falseadas da abstração. A experiência do balde de Newton era referenciada nas “estrelas fixas” e não em supostos espaço e tempo absolutos e tidos como a grande referência.

Outro crítico das posições newtonianas sobre espaço e tempo foi Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716). As crenças metafísicas de Leibniz tendem muitas vezes a obscurecer o seu posicionamento, algo que também poderia ser extensivo a Newton, pensando nos princípios que conduziram as suas definições de espaço e tempo. Leibniz propõe uma diferença entre o mundo dos fenômenos e o mundo real e na sua concepção a razão é aquilo que nos permite chegar à realidade. Com esse pano de fundo e construindo métodos de análise centrados em propostas metafísicas, Leibniz concebe o espaço e o tempo como propriedades análogas às estruturas subjacentes da realidade (Ray, 1993). Portanto, para os conceitos de espaço e tempo, esse filósofo não atribui qualquer realidade física ou até metafísica, para ele a localização espacial e a sucessão temporal são consequências da realidade.

A argumentação de Leibniz contra o espaço e tempo absolutos de Newton, encontra a sua maior expressão no animado debate com Samuel Clarke, discípulo de Newton, durante os anos de 1715 até 1716, sendo interrompido com a morte de Leibniz. Na sua discordância com a proposta de Newton, Leibniz baseia-se numa discussão de princípios, ou seja, se não há princípios fundadores do universo, não há possibilidade da existência de tempo e espaço absolutos. Sendo assim, na ausência desses princípios o acaso é a única possibilidade, levando o conhecimento físico a ter no relativo a sua única expressão. Para sermos mais claros, esse filósofo baseou sua análise e crítica dos absolutos newtonianos em dois princípios: no princípio da razão suficiente (PRS), em que nada jamais acontece sem que exista uma razão ou causa determinante; e também no princípio da identidade dos indiscerníveis (PII), em que se A é indiscernível de B, então A e B são idênticos (Ray, 1993; Sita, 2010; Sapunaru, 2010). Em relação ao PRS, o argumento de Leibniz era que o espaço e o tempo absolutos não tinham razão para se estabelecerem em um ponto específico em detrimento de outro, logo violavam esse princípio. Além disso, baseado no PII, sendo o espaço absoluto, o mundo poderia ocupar qualquer outra posição no espaço, sendo difícil até mesmo para Deus o reconhecimento de qualquer diferença entre este suposto mundo e o mundo atual (Sita, 2010). Além disso, Leibniz também critica o espaço absoluto, pois essa ideia presuppõe a existência desse espaço para “acolher” a substância que, posteriormente, seria colocada nele, logo o espaço seria como uma substância, ideia também criticada por Leibniz.

Portanto, baseado na primazia da substância, Leibniz propõe espaço e tempo relativos, sendo os corpos anteriores a eles.

[...] Ele busca uma alternativa para que não seja preciso aceitar uma noção cuja a natureza é concorrente com a divina: essa alternativa se traduz pela afirmação de que o espaço sem corpos, “não é senão a possibilidade de aí os por”. Logo, a saída não deve ser buscada em um espaço real em si mesmo, mas no espaço como relação entre os corpos e, deste modo, como posterior aos corpos. (Sita, 2010, p. 106)

Essa concepção de espaço pleno e relacional é dada pela existência dos corpos, assim como a concepção de tempo relacional é dada pela ordem sucessiva dos eventos. Há, portanto, uma ideia de co-existência, ou seja, o espaço e o tempo só existem numa relação de dependência com os corpos.

A meu ver, o espaço é algo puramente relativo, como o tempo; a saber, na ordem das coexistências, como o tempo na ordem das sucessões. De fato, o espaço assinala em termos de possibilidades uma ordem das coisas que existem ao mesmo tempo, enquanto existem juntos, sem entrar em seu modo de existir. E quando se veem muitas coisas juntos, percebe-se essa ordem das coisas entre si. (Leibniz apud Sita, 2010, p. 107)

Apesar dessas críticas, os conceitos de espaço e tempo absolutos foram reforçados significativamente pelos trabalhos de Leonhard Euler (1707-1783), pois, ao contrário de Newton, não recorreu a argumentos metafísicos e místicos e sim aos próprios axiomas das leis da mecânica (Ghins, 1995). Euler expressa suas posições sobre o tempo e o espaço principalmente em um texto chamado *Réflexions sur l' espace et Le temps*, publicado em 1748 e em diversas seções da *Theoria Motus Curporum Solidorum seu Rigidorum* de 1765 e das *Lettres à une Princessse d' allemagne* de 1772.

A mecânica newtoniana para Euler constitui uma verdade real e indiscutível. Na Europa, apesar das questões teológicas presentes no *Principia*, que foram muito criticadas, os argumentos físicos começavam a ser amplamente aceitos. Segundo Ghins (1995) a retórica de Euler era mais moderna que a de Newton e trazia argumentos físicos bem elaborados, que podiam ser estabelecidos com base na experiência.

Partindo do princípio da inércia, Euler mostra que não é possível explicá-lo recorrendo apenas à relação entre os corpos. É necessário termos as referências reais do espaço e tempo absolutos. A primeira parte do princípio da inércia afirma que um corpo permanecerá em repouso a não ser que forças externas sejam exercidas sobre ele. A primeira pergunta que Euler faz é o que significa a permanência no mesmo lugar. Os críticos argumentam que o lugar é definido em função dos outros corpos, porém, ao movimentar qualquer outro corpo, em tese, falsearíamos o princípio da inércia. Portanto, baseado nesse argumento, Euler defende a ideia do espaço absoluto como

referência. Seu argumento menciona as estrelas fixas como referência, mas, em função de outros dogmas que não são explicados por ele, as deixa de lado. “Um corpo ocupa um lugar no espaço absoluto no sentido que sua extensão coincide com a extensão do espaço absoluto. Porém esse lugar é distinto do corpo [...]” (Ghins, 1995, p. 47).

A segunda etapa da argumentação de Euler fundamenta-se na conservação da direção do movimento do corpo livre. A forma como os corpos se movem e mantêm a sua direção, independem dos outros corpos.

[...]. Daí, é evidente que a identidade de direção, que é uma circunstância muito especial nos princípios gerais do movimento, não poderia absolutamente ser explicada pela relação, ou a ordem dos corpos coexistentes. Consequentemente, é necessário que tenha ainda alguma coisa real, além dos corpos, à qual se refere a idéia de mesma direção; e não há dúvida que isso seja o espaço, cuja existência acabamos de provar. (Speiser apud Ghins, 1995, p. 48)⁵²

Portanto, fica claro que o argumento de Euler estabelece uma noção real e de paralelismo entre a direção do movimento dos corpos e o contínuo do espaço. Seguindo o seu raciocínio, a terceira parte do argumento, discute a existência de uma métrica espacial e temporal baseada na conservação da grandeza velocidade de um corpo livre de forças.

[...] concebemos, e o princípio do movimento nos ensina, que quando um corpo percorre espaços iguais, a igualdade destes espaços não depende, de forma alguma, dos outros corpos, que o circundam, e que ela permanece a mesma, independentemente das mudanças sofridas pelos outros corpos. [...] de que maneira tornaríamos inteligível a igualdade dos tempos? [...] quais seriam as mudanças e os corpos a partir dos quais poderíamos julgar a igualdade dos tempos? (Speiser apud Ghins, 1995, p.49)

Euler conseguiu argumentar sobre a métrica não depender dos outros corpos, porém a forma como ela se relaciona com o espaço e tempo absolutos não fica explícita. A relação que ele encontra fundamenta-se nos axiomas, tendo como base a congruência espacial e temporal, além da noção de paralelismo.

Também participa da discussão sobre tempo e espaço o filósofo alemão Immanuel Kant (1724 – 1804). Crítico das influências religiosas e metafísicas na concepção de mundo dada por Newton, além de defensor dos conceitos dados a priori, ou seja, aqueles que não vêm da experiência e são impostos à natureza. Kant, em relação ao conceito de espaço e tempo, entende-os como algo dado a priori, ou seja, são formas de intuição úteis para compreendermos o mundo. (Whitrow, 1993; Silva, 2009; Koch, 2009; Redondi, 2010; Jammer, 2010). No entanto, a visão de Kant nem sempre foi exatamente assim. Na sua obra *Nova explicação dos primeiros princípios do*

⁵² EULER, L. Reflexions sur l'espace et le temps In: SPEISER A. Leonard Euleri Opera Omnia. Basel : Birkhäuser.

conhecimento metafísico de 1755, procura conciliar as visões relacionais de Leibniz com os absolutos de Newton. Mostrava-se adepto de uma concepção relacional, porém dava mostras de também pensar em referenciais absolutos. Em *Nova definição do movimento e do repouso*, Kant frisa novamente o caráter relativo, em relação ao conceito de espaço, que também pode ser transposto para o conceito de tempo.

Começo a compreender que me falta algo nas expressões “movimento” e “repouso”. Nunca devo dizer que um corpo está em repouso sem acrescentar em relação a que ele está em repouso, e nunca devo dizer que ele se move sem nomear, ao mesmo tempo, os objetos com os quais altera a sua relação. Se eu quisesse imaginar um espaço matemático – um espaço vazio de todas as criaturas e considerado como uma relação entre corpos – , isso não me ajudaria: como eu distinguiria as partes dele e os diferentes lugares, não sendo este ocupado por nada corpóreo? (Kant apud Jammer, 2010, p. 173/174)

Mas, segundo Jammer (2010), aparentemente sob a influência de Euler, cinco anos mais tarde, Kant adere aos conceitos de tempo e espaço absolutos na linha newtoniana. No ensaio *Dos primeiros fundamentos da distinção das regiões do espaço*, já no início, Kant dá mostras da sua mudança de perspectiva.

Meu objetivo neste tratado é investigar se não podemos encontrar nos julgamentos intuitivos sobre a extensão, tal como aparecem na geometria, uma comprovação evidente de que o espaço tem uma realidade própria e independente da existência da matéria, sendo o primeiro fundamento da possibilidade de composição desta. (Kant apud Jammer, 2010, p. 174)

Kant acreditava ter encontrado na extensão uma prova incontestável da realidade do espaço absoluto. No entanto, suas reflexões o conduziram a compreender a ideia da distinção geométrica para extensão através da intuição. Na intuição residia a realidade do espaço e tempo absolutos. “Espaço e tempo são, de qualquer modo, ideais e, na verdade, ideias pura e simplesmente, mesmo que, em virtude da pureza das representações que temos deles, pareçam ser candidatas ao status de realidade transcendental” (Koch, 2009, p. 8). A posição de Kant passa a ser bem caracterizada pois, “[...] Embora todo conhecimento comece com a experiência, isso não demonstra que todo ele decorra da experiência” (Kant apud Jammer, 2010, p. 178). Isso tem uma aplicação especial aos conceitos de tempo e espaço.

A afirmação de Kant sobre a identidade transcendental do espaço e do tempo surge nas obras *Prolegômenos e na Crítica da razão pura*. Para defender a tese que as concepções de espaço e tempo são dados a priori e subjacentes a todas as outras concepções, Kant se baseia, segundo Jammer (2010), em 4 argumentos de origem metafísica. O primeiro refere-se diretamente à sensação, pois esta pressupõe uma percepção do espaço. O segundo argumento é o espaço, assim como o tempo, como

dados a priori, onde não é possível imaginar a sua inexistência. O terceiro argumento refere-se à unicidade do espaço, pois ao falarmos de espaços estamos nos referindo ao mesmo espaço. Por último, o espaço é uma grandeza infinita. Na sua obra *Crítica a razão pura*, Kant expressa suas concepções de espaço e tempo.

O espaço não representa qualquer propriedade das coisas em si, nem essas coisas nas suas relações recíprocas; quer dizer, não é nenhuma determinação das coisas inerente aos próprios objetos e que permaneça, mesmo abstraindo de todas as condições subjetivas da intuição. Pois nenhuma das determinações, quer absolutas, quer relativas, podem ser intuídas antes da existência das coisas a que convêm, ou seja, a priori.

O espaço não é mais do que a forma de todos os fenômenos dos sentidos externos, isto é, a condição subjetiva da sensibilidade, única que permite a intuição externa. (Kant, 2001, p. 93)

[...] Por outro lado, excetuando o espaço, não há nenhuma outra representação subjetiva e referida a algo de *exterior*, que possa dominar-se objetivamente *a priori*. [Efetivamente, de nenhuma delas se pode derivar, como da intuição de espaço, proposições sintéticas *a priori* [...]]. (Kant, 2001, p. 96)

Ainda nessa obra, em relação ao conceito de tempo, Kant argumenta:

O tempo é uma representação necessária que constitui o fundamento de todas as intuições. Não se pode suprimir o próprio tempo em relação aos fenômenos em geral, embora se possam perfeitamente abstrair os fenômenos do tempo. O tempo é, pois, dado *a priori*. Somente nele é possível toda a realidade dos fenômenos. De todos estes se pode prescindir, mas o tempo (enquanto a condição geral da sua possibilidade) não pode ser suprimido. (Kant, 2001, p. 96/97).

[...]

O tempo não é mais do que a forma do sentido interno, isto é, da intuição de nós mesmos e do nosso estado interior. Realmente, o tempo não pode ser uma determinação de fenômenos externos; não pertence a uma figura ou a uma posição, etc., antes determina a relação das representações no nosso estado interno. (Kant, 2001, p. 99)

Por outro lado, e na contramão dos absolutos newtonianos, as ideias de uma mecânica relacional tiveram uma formulação um pouco mais consistente nas propostas de Ernst Mach (1838-1916), que buscou uma alternativa às propostas newtonianas. Assim como Euler defendeu os conceitos de espaço e tempo absolutos, construindo uma argumentação baseada nos axiomas e não em aspectos metafísicos, Mach articula sua mecânica, contrária em aspectos fundamentais à mecânica newtoniana, também recorrendo principalmente às questões físicas. Sua principal fonte de referência foram os estudos sobre o movimento do Bispo Berkeley, admirador de Newton, porém crítico das noções de espaço e tempo absolutos, como já discutimos. Segundo Zylbersztajn & Assis (1999), Mach foi um importante filósofo e cientista da virada do século XIX, com contribuições em várias áreas da física. Teria um forte interesse em educação, tendo fundado e co-editado, em 1887, o que deve ter sido, provavelmente, a primeira revista a ser publicada sobre ensino de ciências. Acreditava ainda que a ciência devesse ser ensinada através de sua história (Matthews, 1994 apud Zylbersztajn & Assis, 1999).

Por volta de 1861, segundo Ray (1993), Mach começa a articular ideias sobre simplicidade e economia nas ciências. Nessa linha de pensamento os cientistas deveriam simplificar as relações e fórmulas para que a caracterização do mundo fosse melhor construída. Além disso, deveriam ser econômicos no seu trabalho e na forma de descrever as relações e descrições dos conteúdos. A ideia sempre é extirpar o supérfluo, valorizando a experiência direta com o mundo. É importante ressaltar que essa proposta era um pouco superficial e a maior dificuldade de aceitá-la estava na crítica de Friedman, que argumentava sobre o papel unificador e até simplificador, em muitos casos, das ideias metafísicas na ciência.

As maiores críticas de Mach para a mecânica newtoniana viriam em 1883 com a publicação do livro *A Ciência da mecânica - uma apresentação crítica e histórica do seu desenvolvimento*. Nessa obra sua proposta é eliminar a presença de ideias metafísicas nas explicações e centrar-se nas questões físicas propriamente ditas. “O raciocínio científico deveria se limitar ao mundo tal como ele era, ao mundo da observação e experiência” (Ray, 1993, p. 162). Quanto às concepções de espaço e tempo absolutos, que para ele não passavam de obscuridades metafísicas, de “ficções arbitrárias de nossa imaginação”, deveriam ser expurgadas da física.

O caráter do livro permanece o mesmo. Com respeito às concepções monstruosas de espaço absoluto e tempo absoluto não posso em nada retroceder. Aqui eu apenas mostrei de forma mais clara que Newton muito falou sobre estas coisas, mas não as aplicou seriamente. O seu quinto corolário contém o único (provavelmente aproximado) sistema inercial utilizável na prática. (Mach 1912 apud Zylbersztajn & Assis, 1999, p. 820)

Apesar de Newton, mas principalmente através da defesa de Euler, chegar a admitir que as estrelas fixas fossem um bom sistema de referência, a sua presença era secundária, ou seja, existiam referenciais de espaço e de tempo absolutos que não podíamos perceber. Mach critica também a falta de realidade desses pressupostos newtonianos.

Não seria preciso observar que, nas reflexões aqui apresentadas, Newton mais uma vez agiu contrariamente a sua intenção manifesta de somente investigar fatos reais. Ninguém tem competência para afirmar coisas sobre o espaço absoluto e movimento absoluto: são puros produtos do pensamento, puros construtos mentais, que não podem ser obtidos pela experiência. Todos os nossos princípios da mecânica são, como mostramos detalhadamente, um conhecimento experimental a respeito das posições e movimentos relativos dos corpos... Ninguém está autorizado a estender esses princípios além das fronteiras da experiência. Na verdade, tal prolongamento não tem sentido, e ninguém está de posse do conhecimento necessário para utilizá-lo. (Mach, 1883 apud Ray, 1993, p. 162)

Ao invés do espaço absoluto de Newton, Mach propôs o resto da matéria no universo como referência: “Tenho permanecido até o presente o único que tem insistido

em referir a lei da inércia à Terra, e no caso de movimentos de grande extensão espacial e temporal, às estrelas fixas” (Mach, 1960, apud Zylbersztajn & Assis, 1999, p. 820), Mach procurou desarticular em sua crítica ao espaço absoluto, a argumentação newtoniana baseada no balde girante, afirmando não haver necessidade de se invocar a rotação da água relativamente a um espaço absoluto, desconectado de toda matéria, para explicar o experimento.

A experiência de Newton, com o recipiente de água girando, nos informa simplesmente que a rotação relativa da água em relação aos lados do recipiente não produz forças centrífugas perceptíveis, mas que tais forças são produzidas por sua rotação relativa em relação à massa da Terra e dos outros corpos celestes. Ninguém é competente para dizer qual seria o resultado da experiência se os lados do recipiente aumentassem em espessura e massa até que eles tivessem uma espessura de várias léguas. (Mach, 1960 apud Zylbersztajn & Assis, 1999, p. 820)

Para Mach, as forças centrífugas são forças reais que aparecem em qualquer sistema de referência em relação ao qual o conjunto das estrelas distantes é referência. O mais importante é a existência de um movimento circular relativo. Esse ponto de vista relacional e a suposição da conexão entre a distribuição de matéria no universo e o movimento, tornou-se conhecido como o Princípio de Mach, que foi importante para Einstein no desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral. Contudo existem controvérsias sobre a incorporação desses princípios nas equações da sua teoria (Assis, 1998; 1999).

Apesar da existência de outras concepções em sua época, o tempo e o espaço de Newton perduraram por dois séculos, até a chegada das críticas que nasceram ao final do século XIX e culminaram na relatividade de Einstein. Ressaltamos que a visão absoluta do tempo e do espaço é de certa forma, conhecida e dominante no senso comum, apesar da ciência já ter outras propostas para esses conceitos como a relatividade einsteniana (Redondi, 2010).

Em paralelo às discussões e controvérsias da mecânica, com o advento da energia a vapor durante a revolução industrial na Grã-Bretanha, no início do século XIX, surgem às teorias da termodinâmica que conduzem a uma reflexão sobre o sentido do tempo. A equivalência entre o calor e o trabalho está na base da primeira lei da termodinâmica, em um processo que a energia se conserva. Porém, nesse processo de transformação ocorrem perdas de energia. A percepção e as implicações dessa “perda” de energia foram estudadas por Rudolf Clausius (1822-1888), que percebeu uma assimetria no processo de transformação de energia, ou seja, a perda de calor era irreversível o que gerava uma situação de irreversibilidade. A própria concepção do calor só passar de

uma região mais quente para a mais fria, sendo o sentido inverso impossível na natureza, nos remete a um sentido dos processos de transformação de energia.

Em 1865 a segunda lei da termodinâmica tomou uma forma mais definitiva com a distinção dos processos reversíveis dos irreversíveis por Clausius, introduzindo o conceito de entropia que foi definido como uma grandeza que aumenta com a dissipação e atinge seu valor máximo quando todo o potencial de executar trabalho está esgotado. Em um processo reversível a entropia é nula, porém nos processos irreversíveis a entropia sempre aumenta. “A entropia é, sem dúvida nenhuma, o conceito mais importante da termodinâmica e proporciona uma flecha do tempo explícita, ou seja, a entropia crescente coincide com o “movimento” do tempo para frente (Coveney & Highfield 1993, p. 133). Esses processos ocorrem em escala macroscópica, e os processos em escala microscópica tendem também a ocorrer num sentido definido. Por exemplo, quando se coloca uma panela com água para ferver no fogo, nunca ocorre do calor presente na água aumentar ainda mais a chama e a água se congelar. Assim, processos chamados irreversíveis são explicados pela segunda lei da termodinâmica, que aponta para essa que é uma das discussões mais intrigantes da física, ou seja, a flecha do tempo.

Cabe ressaltar uma discussão sobre a flecha [ou seta] do tempo feita por Brian Greene em seu livro *O tecido do cosmo: o espaço, o tempo e a textura da realidade*⁵³. Segundo Greene (2005), as leis do movimento não distinguem direção sendo possível pensar em inversão do tempo. Como na escuridão do espaço vazio não há nenhum sinal que faça distinção entre para cima ou para baixo, também não há nada nas leis do movimento da física que distinga o passado do futuro.

[...] o raciocínio estatístico probabilístico que inspira a segunda lei da termodinâmica aplica-se igualmente bem em ambas as direções temporais. Assim, não só existe uma probabilidade esmagadora de que a entropia de um sistema físico será maior no que denominamos futuro, mas também existe essa probabilidade esmagadora de que a entropia tenha sido maior no que denominamos passado. (Greene, 2005, p. 192)

No entanto, como sabemos, a expressão $S=k \cdot \log W$, gravada na lápide do túmulo de Ludwig Boltzmann, nos fornece o conceito de entropia, que, segundo a sua teoria, emprega um raciocínio estatístico “para estabelecer um vínculo entre o enorme número de componentes individuais de um sistema físico e as propriedades globais desse sistema (Greene, 2005, p. 181). Portanto, apesar desse raciocínio probabilístico poder ser pensado em qualquer direção:

⁵³ Para maiores detalhes ver especificamente o capítulo 6 na Parte II desse livro.

O problema é que 50% dessas conclusões parecem estar redondamente erradas. O raciocínio entrópico produz conclusões precisas e sensatas quando aplicado em uma direção temporal, aquela que denominamos futuro, mas produz conclusões aparentemente imprecisas e ridículas quando aplicado em direção ao que denominamos passado. Os copos de água com cubos de gelo parcialmente derretidos não costumam começar como copos de água sem cubos de gelo, nos quais as moléculas de água se reúnem e se resfriam para formar cubos de gelo, para em seguida voltar a derreter-se. (Greene, 2005, p. 193)

Pensando nesse sentido “privilegiado” do tempo, outro exemplo “visível” desse processo é o sol. Ele queima lentamente todo o seu combustível nuclear lançando calor e luz para o espaço aumentando a sua entropia. No final quando o combustível acabar ele parará de brilhar. Esse processo de degeneração ocorre gradualmente e pode ser aplicado a outras estrelas.

A radioatividade também exemplifica a idéia da flecha do tempo. Descoberta por Becquerel e explicado por Rutherford e Soddy, o índice de decaimento de um elemento radioativo é proporcional ao número de átomos do elemento. Em consequência disso a radioatividade não só indica a seta do tempo como pode ser usada para medir o tempo. A radioatividade nos ajuda a medir a idade da Terra, assim como pode ser útil em definições de idade de peças ou materiais antigos. Um exemplo disso é o famoso teste do carbono 14.

Portanto, o tempo possui uma simetria que pode ser definida como homogeneidade, porém possui também uma assimetria que é o fato de não voltar atrás. Um descompasso no fluir do tempo provocaria uma mudança drástica em uma série de fenômenos. Como enfatiza Menezes, têm-se complicações desde perturbações na órbita da lua até um coração arrebatado de um corredor.

“Qualquer alteração no fluir do tempo, faria com que o trabalho realizado, seja pela gravidade, pela queima do petróleo ou pela pólvora, não pudesse ter seu valor padronizado. A conservação de energia não se verificaria e o próprio conceito de energia como capacidade de realizar trabalho perderia o sentido.” (Menezes, 2005, p. 58)

O princípio da conservação de energia, mais especificamente da energia mecânica, nos leva a refletir sobre essa irreversibilidade do tempo, ou seja, se a energia mecânica fosse conservada existiriam possibilidades de reversão temporal, porém não é isso que acontece, pois outras formas de energia participam do processo privilegiando um sentido temporal único.

A maior parte dos mecanismos com que medimos o passar do tempo são baseados em fenômenos cíclicos em que, natural ou artificialmente, se promove a manutenção de um movimento com frequência estável; a própria rotação da Terra, a oscilação de um pêndulo, a vibração de um cristal de quartzo. Sabemos, no entanto, que o tempo não volta atrás e, por isso, podemos ter certeza de que a conservação da energia mecânica nunca é

rigorosa, nem quando aparenta ser. De fato, aquela massa oscilando, presa a uma tira elástica real, se não for continuamente estimulada, vai gradativamente diminuindo a amplitude de seu movimento até finalmente parar, tendo sua energia mecânica dissipada pelo atrito ou pelo aquecimento do elástico, assim como o objeto lançado na vertical passa parte de sua energia cinética às moléculas do ar, com as quais colide. (Menezes, 2005, p. 55)

O debate continua em aberto, pois se trata de um tema atual e difícil de obter uma resposta definitiva. Ilya Prigogine (1917–2003) apresenta uma visão de futuro em aberto, porém atribui ao conceito de tempo um papel fundamental.

Não podemos prever o futuro da vida ou da nossa sociedade ou do universo. A leitura do segundo princípio é que este futuro permanece aberto, ligado como está a processos sempre novos de transformação e de aumento da complexidade. Os recentes desenvolvimentos da termodinâmica propõem-nos, por conseguinte, um universo em que o tempo não é nem ilusão nem dissipação, mas no qual o tempo é criação. (Prigogine, 1988, p. 75).

Os conceitos de tempo e espaço estão na base da discussão de outra teoria consolidada no século XIX. A teoria eletromagnética de Maxwell (1831 - 1879) surgiu como a preferida dentro do contexto de articulação teórica deste período. Um dos principais problemas que essa teoria abre caminho para ser solucionado é a união de domínios diferentes. Os fenômenos ópticos por um lado e os elétricos e magnéticos por outro, faziam parte de áreas diferentes que a teoria de Maxwell conseguiu reunir (Abrantes, 1988). Essa junção ocorre sobre alguns aspectos, sendo que merece destaque a identificação da mesma substância que preenche o espaço para os dois domínios.

Faraday (1791-1867) estudava e experimentava uma proposta que objetivava rejeitar a ação à distância. A indução eletrostática descoberta de Faraday que, segundo sua própria interpretação, é composta por linhas de força e são consideradas as antecessoras da concepção de campo. Essas ideias visam apresentar uma ação no espaço que é transmitida de forma mediatizada e contígua. Portanto tem-se no fundo uma concepção de espaço com um preenchimento.

Maxwell concebe seu trabalho, adotando a perspectiva de Faraday, sobretudo no modo de transmissão da ação eletromagnética, tendo uma tradição oriunda de Fresnel (1788-1827) sobre meios elásticos em óptica e influenciado pela visão unificadora de Thompson (1824-1907), que postulava uma relação entre a propagação de calor e a eletrostática, ao longo de 20 anos. Em 1861-1862, no trabalho, “*On physical lines of force*”, Maxwell apresenta uma teoria baseada na “hipótese mecânica” dos fenômenos elétricos e magnéticos, tendo a concepção de que as ações elétricas e magnéticas não são transmitidas à distância e sim mediadas pelo meio que separa os corpos. Esse meio era formado por movimentos turbilhonares relativos às linhas de força

[...] Tais turbilhões teriam seus eixos alinhados conforme as linhas de força. Melhor dizendo, as linhas de força representariam geometricamente a orientação no espaço desses turbilhões. É fácil associar a tensão ao longo das linhas de força, bem como a pressão lateral entre elas, aos efeitos mecânicos desse movimento turbilhonar. (Abrantes, 1988, p. 191).

Portanto, Maxwell constrói sua hipótese baseado em um suposto espaço “maciço”, como uma substância que mediatiza a ação elétrica e magnética. Esse meio que preenche o espaço é composto também por células esféricas que possuem uma propriedade elástica, o que permite a interação em todas as direções. Para dar suporte à sua construção, Maxwell recorre à comparação de propriedades com o éter luminífero.

A teoria ondulatória da luz requer que admitamos esse tipo de elasticidade no meio luminífero de modo a responder pelas vibrações transversais. Nós não precisamos então nos surpreender se o meio magneto-elétrico possuir a mesma propriedade. (Maxwell, 1890b apud Abrantes, 1988, p. 195).

É importante notar que Maxwell concebe o espaço como uma substância capaz de transmitir as ações elétricas e magnéticas. Ainda nesse artigo, Maxwell calcula um coeficiente que tem dimensão de velocidade e chega a valores muito próximos aos da velocidade da luz, quando comparada com as medidas de Fizeau:

A velocidade das ondulações transversais em nosso meio hipotético [...] concorda tão exatamente com a velocidade da luz [...] que dificilmente podemos evitar a inferência que a luz consiste em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos. (Maxwell, 1890b, apud Abrantes, p. 196).

Maxwell deixa claro a identificação do éter luminífero e do éter eletromagnético como sendo o mesmo meio. Em 1864, no seu terceiro artigo intitulado “*A dynamical theory of the electromagnetic Field*”, Maxwell dá um passo decisivo na desmecanização da sua teoria eletromagnética que aqui já está mais desenvolvida. A teoria apresentada nesse artigo é chamada de teoria dinâmica do campo eletromagnético, que resulta de aplicações de mecânica analítica, em especial do formalismo lagrangiano. Portanto, o conceito de energia está no centro da proposta.

A teoria que eu proponho pode, portanto ser chamada de uma teoria do “campo eletromagnético”, porque trata do espaço na vizinhança dos corpos elétricos ou magnéticos; e pode ser chamada de uma teoria dinâmica, porque supõe que nesse espaço há matéria em movimento, pela qual os fenômenos eletromagnéticos são produzidos. (Maxwell, 1890c, apud Abrantes, p. 198).

Nesse trecho fica claro que o objetivo de Maxwell em construir uma teoria alternativa para a ação à distância, tendo a ideia de campo que trata especificamente do espaço e tem, na sua origem, uma concepção de um espaço “fluido”, em que os corpos estão permeados. Porém, a noção de campo foi paulatinamente se emancipando como um conceito específico e se desligando da concepção mecânica.

[...] O reconhecimento dos novos conceitos cresceu consistentemente, até que a substância foi ofuscada pelo campo. Percebeu-se que algo de grande

importância havia aparecido em física. Uma nova realidade foi criada, um novo conceito para o qual não havia lugar na descrição mecânica. Lentamente e com luta, o conceito de campo firmou-se para si um lugar de predominância na física e permaneceu um dos conceitos físicos básicos. O campo eletromagnético é, para a física moderna, tão real quanto a cadeira que sentamos. (Einstein & Infeld, 2008, p. 130)

Outro aspecto que é importante destacarmos nesse artigo de 1864 é uma percepção, ainda que parcial, da teoria eletromagnética abarcar a luz, o calor e outras formas de radiações.

Esta velocidade é tão próxima à da luz que parece que temos uma forte razão para concluir que a própria luz (incluindo o calor radiante e outras formas de radiações, se houver) é um distúrbio eletromagnético na forma de ondas propagadas através do campo eletromagnético, de acordo com leis eletromagnéticas. (Maxwell, 1890c apud Abrantes, p. 231).

Apesar dessas reflexões fundamentais para o desenvolvimento de uma teoria do campo eletromagnético nesse artigo, foi apenas com a publicação do seu livro *A treatise on electricity and magnetism*, publicado em 1873, que sua obra torna-se mais consolidada. Com o contínuo uso do instrumental da mecânica analítica, com uma análise centrada na energia e na noção de campo, as equações de Maxwell que conhecemos têm uma contribuição significativa de Hertz (1857-1894) que ao manipular suas formas originais propõe a eliminação da grandeza deslocamento elétrico reduzindo-as a apenas quatro.

Ainda quanto à concepção de espaço, Einstein e Infeld entendem que essa construção da ideia de campo está intrinsecamente relacionada com propriedades físicas do espaço, apesar de não ter se encerrado.

Nossa única saída parece ser a de ter por fato consumado que o espaço tem a propriedade física de transmitir ondas eletromagnéticas, não nos importando muito com o significado dessa declaração. Ainda podemos usar a palavra éter, mas apenas para expressar alguma propriedade física do espaço. Essa palavra éter mudou de significado muitas vezes com o desenvolvimento da ciência. No momento, não mais representa um meio formado de partículas. Sua história, de modo algum acabada, é continuada pela teoria da relatividade. (Einstein & Infeld, 2008, p. 131)

A história das teorias na física clássica retrata imagens diversas dos conceitos de tempo e espaço, desde concepções cíclicas e lineares, orientadas ou não para o tempo, assim como a ideia de espaço como vazio ou fluido, elástico ou ondulado. Cabem aqui observações de Hugh M. Lacey que constam da introdução de um livro seu publicado há quase quarenta anos:

Espaço e tempo são conceitos fundamentais na Física. Mas, não há apenas um conceito de espaço e um de tempo; há muitos; eles mudam conforme os estágios da história; e, ainda, diferentes teorias contemporâneas podem comportar conceitos diversos. (Lacey, 1972, p. 9)

3.2 A física contemporânea

Relatividade e cosmologia

No final do século XIX existiam algumas inconsistências na física que possibilitaram novas interpretações dos conceitos de tempo e espaço. Um dos problemas estava relacionado à mecânica de Newton e ao eletromagnetismo de Maxwell, sobretudo na descrição de cargas em movimento, em que a grande diferença estava na forma como ambas incorporam o conceito de movimento, ou seja, estava relacionado ao conceito de tempo. Essa inconsistência para alguns físicos e historiadores da física, deu origem à relatividade. No artigo de 1905, intitulado *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento* e nas revisões de 1906 e 1907, Einstein apresenta a origem conflituosa que o motivou para essa reflexão.

Como toda eletrodinâmica, a teoria a ser aqui desenvolvida está baseada na cinemática de um corpo rígido, pois as assertivas de qualquer teoria desse tipo tem a ver com as relações entre os corpos rígidos (sistemas de coordenadas), relógios e processos eletromagnéticos. Uma consideração insuficiente desse aspecto está na raiz das dificuldades que a eletrodinâmica dos corpos em movimento tem de enfrentar no momento. (Einstein, 2005a, p. 144).

Esse conflito aparente, em outras palavras, contrasta o princípio da relatividade, que afirma a equivalência física entre todos os sistemas de referência inerciais, e a teoria de Maxwell-Lorentz da eletrodinâmica, implicando um referencial privilegiado (Stachel, 2005).

No final do século XIX, quando Einstein começou a trabalhar com a eletrodinâmica dos corpos em movimento, Lorentz (1853-1928) havia formulado uma versão muito bem sucedida da teoria de Maxwell e tinha ampla aceitação. Essa teoria veio a ser conhecida como teoria do elétron e tem na concepção do éter uma referência.

[...] A matéria comum é composta de partículas materiais de tamanho finito, das quais pelo menos algumas são eletricamente carregadas. O espaço todo, mesmo aquelas regiões ocupadas pelas partículas materiais, é penetrado pelo éter, um meio destituído de propriedades mecânicas tais como a massa. O éter é a sede de todos os campos elétricos e magnéticos. (Stachel, 2005, p. 122).

Há uma identificação, segundo Jammer (2010), entre o éter e o espaço absoluto como um referencial rígido e inercial. É nesse referencial que as equações de Maxwell são válidas, porém em outros são as transformações de Galileu. Portanto, seria possível identificar, através de um experimento óptico ou eletromagnético, o movimento da terra em relação ao éter. Utilizando raios de luz seria possível medir a velocidade da Terra com relação a esse referencial absoluto. Ou seja, se um raio de luz e a Terra estão no

mesmo sentido eles possuem uma velocidade relativa diferente de quando estão em sentidos opostos, um em relação ao outro. No mesmo sentido as velocidades se somam e em sentidos opostos se subtraem, como ensinavam as transformações de Galileu. Com essa idéia, Michelson (1852-1931) e Morley (1838-1923) resolveram medir a velocidade da Terra em relação ao éter, utilizando um aparato experimental que dividia a luz em dois raios perpendiculares que após refletirem em espelhos retornavam ao mesmo ponto. Assim, verificando as velocidades relativas entre os dois raios se constataria uma diferença, podendo-se determinar a velocidade da Terra em relação ao éter. Porém, não foi o que ocorreu, pois eles constataram que os raios, independente das distâncias dos espelhos até o detector, chegavam ao mesmo tempo no ponto inicial, ou seja, a velocidade da luz era sempre a mesma, independente da velocidade do referencial.

Em 1904, Lorentz utilizando um conjunto de transformações para coordenadas espaciais e temporais (chamadas por Poincaré de transformações de Lorentz) tentou justificar o fracasso. Lorentz sugeriu que as equações básicas da teoria do elétron podiam justificar a dificuldade de detecção do éter.

Nesse contexto, no ano de 1905, sintetizando o trabalho de uma série de físicos daquele período, e tendo as transformações de Lorentz como referência, Einstein em um artigo histórico, citado anteriormente, postula a chamada teoria da relatividade especial que trazia como princípio básico a validade das leis da física para qualquer observador, de modo que qualquer observador mediria a mesma velocidade da luz.

Ao contrário, as mesmas leis da eletrodinâmica e da óptica serão válidas para todos os sistemas de coordenadas nos quais valem as equações da mecânica, como foi recentemente demonstrado para quantidades de primeira ordem. Elevaremos essa conjectura (cujo conteúdo, daqui em diante, será chamado de “princípio da relatividade”) à condição de um postulado. Iremos introduzir também um outro postulado, apenas aparentemente incompatível com esse, a saber: que a luz sempre se propaga no espaço vazio com uma velocidade definida, que é independente do estado de movimento do corpo emissor. Esses dois postulados são suficientes para a obtenção de uma eletrodinâmica dos corpos em movimento simples e consistente, baseada na teoria de Maxwell para corpos em repouso. (Einstein, 2005a, p. 144)

Uma consequência disso é o conceito de simultaneidade, que está diretamente relacionado à noção de tempo, conforme apresenta o próprio Einstein:

Se quisermos descrever o movimento de uma partícula, devemos fornecer valores de suas coordenadas como funções do tempo. Entretanto, devemos ter em mente que uma descrição matemática desse tipo só tem significado físico, apenas se nós, de antemão, tivermos clareza a respeito do que entendemos por "tempo". Devemos pensar que todos os nossos juízos que envolvem o tempo são sempre referentes a *eventos simultâneos*. Se, por

exemplo, eu disser "que aquele trem chega aqui às sete horas", quero dizer mais ou menos o seguinte: "o ponteiro pequeno do meu relógio marcando sete horas e a chegada do trem são eventos simultâneos". (Einstein, 2005a, p. 145)

Percebe-se, pela citação acima, que o conceito de simultaneidade de um evento distante com outro próximo depende de variáveis como a posição do evento e a forma de comunicação entre o evento e o observador, impossibilitando uma medida absoluta do tempo e do espaço para observadores em lugares diferentes. Assim, definindo novos invariantes como a velocidade da luz, Einstein propõe uma mudança na forma de concebermos a natureza do tempo e do espaço, isto é, as grandezas absolutas cedem lugar à ideia relativa. Em uma carta de 1924 ao amigo Paul Ehrenfest (1880-1933), Einstein desabafa sobre a construção da teoria da relatividade especial:

Após sete anos de vã reflexão (1898-1905), a solução ocorreu-me repentinamente com a ideia de que nossos conceitos e leis de espaço e tempo podem ter validade somente enquanto estiverem em uma relação clara com nossas experiências; e que a experiência pode muito bem levar a uma alteração desses conceitos e leis. Pela revisão do conceito de simultaneidade, que lhe concedia uma forma mais maleável, cheguei então à teoria da relatividade especial. (Einstein, apud Stachel, 2005, p. 131).

Desse modo, Einstein contraria a visão newtoniana de mundo, em que as leis da mecânica são as mesmas e independentes do referencial. A solução dada por Einstein modificou conceitos universais como espaço e tempo. Tendo as transformações de Lorentz como referência, Einstein propõe que em velocidades próximas à da Luz um corpo sofreria uma contração em seu comprimento. Esse fenômeno recebeu o nome de contração dos espaços. Outra consequência importante da relatividade é que um relógio em movimento funcionará, mais lentamente, que outro em repouso, em relação ao observador. E quanto mais o relógio se aproximar da velocidade da luz mais devagar passará o tempo no relógio. Esse efeito recebeu o nome de dilatação do tempo. O primeiro experimento para comprovar esse fenômeno foi realizado em 1941, acerca de 36 anos após Einstein tê-lo previsto. Segundo Paul Davies, essa experiência foi realizada em dois locais próximos de Denver, no Colorado, por Bruno Rossi e David Hall, da Universidade de Chicago.

[...] queriam estabelecer que múons mais rápidos vivem mais tempo (como observado por nós no sistema de referencia da Terra (...)) Eles conseguiram mostrar que partículas lentas – a que curiosamente se referiam como “mesótrons” – se desintegravam cerca de três vezes mais rapidamente do que as rápidas. (Davies, 2000, p. 71)

Apesar dos resultados experimentais, muitos não acreditavam que essa poderia ser uma prova da dilatação do tempo. Assim, na Universidade de Washington, em outubro de 1971, J.C. Hafele, Louis e Richard Keating, utilizando quatro relógios atômicos,

feitos de césio, fizeram uma nova experiência. Embarcaram os relógios em aviões civis e voaram com eles ao redor do mundo, primeiro para leste e depois para oeste. Como os aviões viajam a velocidades menores de que um milionésimo da velocidade da luz, a deformação do tempo foi pequena. Para leste foi de 59 nanosegundos (bilionésimo de segundo) em relação a um conjunto de relógios iguais mantidos na Terra. Já os que voaram para oeste adiantaram em média 273 nanosegundos. A razão dessa diferença se deve à rotação da Terra, já prevista no artigo de Einstein. Uma vez removido esse efeito a dilatação produzida confirma a previsão.

A experiência fornece credibilidade ao paradoxo dos gêmeos. Esse paradoxo consiste na experiência imaginária de dois gêmeos. Um será chamado de A e o outro de B. Se A embarcar numa viagem espacial com velocidade próxima à da luz, enquanto o outro permanece na Terra, o tempo para A passará mais devagar do que para B. Sendo assim, quando A retornar para a Terra B estará mais velho do que A.

Dez anos depois da teoria da relatividade especial, Einstein desenvolveu a chamada teoria da relatividade geral que relaciona a aceleração da gravidade com uma geometria do espaço-tempo curvo incorporando sistemas de referência acelerados. Com isso Einstein desenvolveu uma nova teoria da gravitação. Sua ideia seria que o tempo passava a ser uma dimensão e a massa e energia deformariam o espaço-tempo tornando-o curvo.

As linhas retas da geometria euclidiana foram generalizadas no espaço riemanniano como linhas geodésicas. O tratado de Riemann (1826-1866) *Sobre as hipóteses que estão na base da geometria*, apresentou uma abordagem analítica do problema.

[...] Sua generalização da teoria gaussiana das superfícies, que culminou no conceito de espaço curvo, deixou claro que o espaço da geometria euclidiana e o espaço das geometrias de Lobachevski e Bolyai eram casos especiais de um espaço generalizado, ou seja, espaços de curvatura nula ou de curvatura constante negativa. Ao introduzir uma métrica apropriada, Riemann mostrou que também era concebível um espaço de curvatura constante positiva, o chamado espaço esférico. (Jammer, 2010, p. 194)

Einstein, em um experimento imaginário, pensando em um foguete que se deslocava num espaço livre de massas gravitacionais, acelerando uniformemente, um raio de luz que atravessar esse foguete, passando através de placas detetoras de luz, formaria uma parábola, ou seja, algo semelhante ao que ocorre com um projétil em movimento num campo gravitacional. Com base nesse experimento mental, Einstein previu a inclinação dos raios luminosos que passam muito próximos a fortes campos gravitacionais. Como resultado disso, concluímos que a luz não se propaga em linha reta próximo a campos

gravitacionais. Para Einstein, a luz não é curvada pelo campo gravitacional, mas é o próprio espaço que é curvo devido à presença de massas gravitacionais. Portanto, a menor distância entre dois pontos é dada pelo caminho da luz denominado pelos matemáticos de linha geodésica. Essas "retas" geodésicas no espaço curvo são linhas no espaço-tempo contínuo quadridimensional. Aliás, a união do espaço com o tempo como dimensão, inicialmente, foi proposta por Hermann Minkowski (1864-1909), que na ETH foi um dos professores de Einstein. Porém a contribuição de Einstein foi unir fisicamente o espaço e o tempo em um contínuo.

O mundo dos acontecimentos pode ser descrito dinamicamente por uma representação se alterando no tempo e projetada sobre um fundo do espaço tridimensional. Mas também pode ser descrito por uma representação estática projetada sobre o fundo de um contínuo quadridimensional de espaço-tempo. Do ponto de vista da física clássica, as duas representações, a dinâmica e a clássica, são equivalentes. Mas, do ponto de vista da teoria da relatividade, a representação estática é mais conveniente e mais objetiva. (Einstein & Infeld, 2008, p. 175).

A confirmação mais convincente da teoria da relatividade geral ocorreu na observação, em 1919, de um eclipse solar, feita na África e no Brasil, mais especificamente na cidade de Sobral no Ceará. Observou-se uma pequena curvatura no raio de luz proveniente de uma estrela ao passar perto do sol.

A teoria da relatividade geral, que inclui a gravitação, ao estabelecer relações entre o espaço e o tempo, possibilitou o surgimento de novas propostas para a cosmologia. Por exemplo, Einstein propôs um modelo cosmológico que, para evitar teoricamente que a matéria através da atração gravitacional arrastasse o universo para um colapso, introduz a sua constante cosmológica mantendo o espaço estático e fechado. Mas, as equações da relatividade geral possibilitavam outras interpretações que propunham modelos cosmológicos de expansão, tendo na base as equações de Friedmann (1888–1925), as observações de Hubble (1889– 1953), além dos importantes resultados dos trabalhos de Lemaître (1894 – 1966), entre outros. Esse modelo, que veio a se constituir no padrão conhecido como Big-Bang, parte, segundo Ray (1993), de três suposições básicas, relacionadas ao espaço e ao tempo:

- 1) Os modelos da teoria da relatividade geral e as equações de Friedmann estão corretos e propõem um universo homogêneo e isotrópico.
- 2) O universo está se expandindo e cada aglomerado de galáxias se afastando, sendo que as equações da relatividade geral “amarram” a geometria do espaço-tempo e a distribuição de matéria, ou seja, a matéria está se expandindo porque o espaço-tempo está se expandindo.

- 3) A ideia da expansão pressupõe que a matéria e o próprio espaço-tempo, no passado, estão comprimidos em um único ponto extremamente quente e denso. As “evidências” para essa suposição foram obtidas por Arno Penzias (nascido em 1933) e Robert Wilson (nascido em 1936) que detectaram uma radiação de fundo.

Essas três suposições básicas, em especial a última, nos conduzem para alguns questionamentos e dúvidas. Se o espaço-tempo está contido em um ponto podemos falar de tempo antes disso, ou de “espaço” fora desse ponto? Essas questões, quando pensadas no estágio mais primordial, se constituem em uma discussão conhecida como singularidade inicial, ou seja:

[...] toda matéria comprimida dentro de nenhum espaço – um “ponto” de densidade infinita e portanto com curvatura infinita. A expansão da matéria (e por conseguinte do espaço-tempo), afastando-se da singularidade inicial, é rápida e explosiva – daí a ideia de um Big-Bang. (Ray, 1993, p. 266)

A ideia de singularidade pode estar em todo o espaço-tempo, como os buracos negros, porém a singularidade inicial se constitui em um terminal fixo para todo o espaço-tempo, sendo final para algumas geodésicas e inicial para outras. Nesse ponto dessa teoria, também conhecida como teoria padrão, surge a questão: o que aconteceu antes do Big-Bang? Existem três hipóteses básicas:

- 1) A ideia de pensar em um tempo antes do Big-Bang não faz sentido, pois o espaço-tempo começou nessa singularidade inicial, sendo que o todo o tempo está contido nessa singularidade. De forma análoga, se ocorreu um colapso final, conhecido como Big-Crunch, a ideia de pensar em um tempo depois disso não fará nenhum sentido.
- 2) Outra possibilidade de resposta é pensar que não houve realmente nenhuma singularidade genuína, tendo o universo saltado de um grande colapso para a expansão quando um volume mínimo foi alcançado. Pode-se pensar que o tempo existe infinitamente e estamos vivendo em um dos vários colapsos, pois o universo colapsa e expande várias vezes. Por outro lado, pode-se pensar também que o único tempo existente antes do Big-Bang foi o tempo em que o universo esteve em colapso.
- 3) A negação de qualquer estado inicial é outra possibilidade, sendo que nessa linha defende-se a teoria do estado estável, que propõe um universo com matéria sendo criada constantemente de modo uniforme e estável. Esse modelo foi proposto por Hermann Bondi (1919–2005), Fred Hoyle (1915–2001) e

Thomas Gold (1920–2004), baseado no universo estático imaginado por Willem de Sitter (1872 – 1934), algo também compartilhado por Einstein como já mencionamos. No entanto, essa teoria foi drasticamente abandonada com a descoberta da radiação de fundo.

Dessas três propostas muitos são os debates e é difícil pensar em “fechar” esse assunto. Existem aqueles que preferem a segunda proposta para não abrir nenhuma possibilidade de se pensar em um ponto inicial, algo que com pouco esforço nos conduz à ideia de uma criação. Mas existem outros motivos para preferir uma explicação que não envolva uma ideia de ponto inicial. Uma razão mais plausível para isso é o reconhecimento de que a teoria da relatividade geral não pode tratar de infinitos físicos que surgem da singularidade e dos efeitos quânticos produzidos. Stephen Hawking e Jim Hartle propuseram uma forma de aceitar a evolução do universo a partir de condições iniciais previstas pelo modelo padrão e ao mesmo tempo afirmar que não houve nenhuma singularidade inicial.

Se incluirmos as extremidades finais no intervalo, o intervalo seria fechado nas duas extremidades. Mas, se não as incluirmos, o universo seria aberto nas duas extremidades: não haveria extremidade final alguma, mas um número infinito que se aproxima cada vez mais da extremidade, mas nunca a alcançaria – isso porque literalmente não há extremidade [...]. Se acompanharmos uma geodésica para trás no tempo, ela pode simplesmente se aproximar da chamada singularidade inicial sem nunca alcançá-la [...], pois em tal espaço-tempo de extremidades abertas não existem fronteiras precisas na singularidade. (Ray, 1993, p. 271/272)

Apesar dessa proposta “fugir” da singularidade inicial, muitos ainda não estão convencidos e tem resistência a essa ideia. Por que, dizem muitos teóricos, deveríamos nos apoiar no conhecimento herdado da estrutura do espaço-tempo e permitir que o modelo do contínuo, que justifica a explicação segundo intervalos abertos e fechados, domine nossa visão da cosmologia primordial?

Alan Guth (nascido em 1947) propôs, em 1981, uma teoria cosmológica inflacionária cuja ideia central é supor uma expansão muito rápida movida por poderosas forças de repulsão. Para Guth o ponto de partida é uma questão de gosto e preconceito filosófico. Ele afirma que sua teoria cosmológica parte de duas suposições:

[...] o universo primitivo devia ser extremamente quente (acima de 10^{27} graus Kelvin) e pelo menos algumas regiões do espaço-tempo deviam ter-se expandido rapidamente, e portanto se resfriado enquanto expandiam. Ele também estima que matéria (na forma de energia) equivalente a apenas 10 quilogramas teria sido suficiente para fornecer os ingredientes básicos de todo universo. [...]. Acima de 10^{27} graus Kelvin, considera-se que forças e partículas nucleares e eletromagnéticas fundamentais são indistinguíveis. [...]. À medida que o universo se resfria, essas forças e partículas distintas

produzem as situações materiais mais familiares que agora observamos ao nosso redor. (Ray, 1993, p. 274)

Como uma opção diferente ao Big-Bang razoavelmente misterioso e uma teoria do universo estacionário inaceitável para muitos, Ilya Prigogine propõe outra opção baseada na instabilidade inicial do universo, algo diferente de singularidade. Segundo Prigogine (1988), as equações não-lineares que correspondem a essa junção de um campo gravitacional com um campo de matéria, admitem uma série de soluções, sendo que uma dessas possibilidades é o vazio. Sem matéria ou gravitação, a análise da solução mostra uma instabilidade com relação à produção de partículas de massa pesada. Portanto, segundo Prigogine:

[...] Depois de a massa produzida atingir um valor da ordem de cinquenta vezes a massa de Planck, o vazio torna-se instável e transforma-se num sistema matéria/gravitação, ou melhor num universo. A massa de Planck pode exprimir-se em função de três constantes universais: a velocidade da luz, C , a constante de Planck h e a constante gravitacional K . (Prigogine, 1988, p. 55)

Prigogine descreve um esboço do nascimento do universo baseado nessa ideia de instabilidade e tendo o tempo como algo flutuante e pré-existente nesse universo e também responsável pelo seu início, constituindo-se o nascimento do nosso tempo, que difere do tempo latente que já estava lá no vazio flutuante.

[...]. Primeiramente, a seguir à instabilidade de partículas correspondente à massa crítica, vemos constituírem-se amontoados, pequenos buracos negros, da ordem de 10^{-3} g. Durante esta fase, o universo aumentou exponencialmente (como no modelo inflacionista, actualmente muito estudado). Mas estes pequenos buracos negros são instáveis, e decompõem-se em tempos da ordem de 10^{-35} segundos. A partir desse momento, o universo torna-se semelhante àquele que conhecemos, formado por bárions e por fótons. (Prigogine, 1988, p. 56)

O modelo de Prigogine tem como base as quantidades de fótons e de bárions. A partir dessa ideia, tendo também uma relação entre a gravidade e a termodinâmica, além de outras constatações (algumas ligadas à biologia), Prigogine propõe outro modelo para o universo, em que a morte térmica estaria atrás, nos primeiros segundos do universo. Nesse início, ao contrário do modelo padrão, ocorreu uma grande produção de entropia.

O que nos encoraja quanto à ideia de uma formação do universo associada a uma explosão entrópica é que hoje sabemos que o universo tem uma estrutura dupla; é formado por dois tipos de constituintes: os fótons e as outras partículas, os bárions.

Uma coisa curiosa, descoberta desde 1965, é que o universo é, antes de mais, formado por fótons, já que existem 10^9 fótons por um bárion. Portanto, o universo é, em primeiro lugar, um universo de fótons em que navegam bárions. (Prigogine, 1988, p. 52).

Entretanto, segundo Prigogine (1988), a produção de entropia, que se relaciona com a flecha do tempo, contém dois elementos dialéticos, sendo um criador de desordem e outro criador de ordem, que estão sempre relacionados, pois a desordem possui uma ordem interna, localizada. “No início da minha comunicação, lembrei que a criação de entropia é acompanhada por uma criação simultânea de ordem e desordem. Aqui vemos que a desordem pode associar-se aos fótons, enquanto os portadores de ordem são os bárions” (Prigogine, 1988, p. 53). A Terra começou do caos e está evoluindo para formas mais ordenadas. A ideia de seleção natural indica um caminho rumo à perfeição. Prigogine reconhece a existência de processos auto-organizadores na natureza e sustenta que o progresso rumo à maior complexidade organizacional é uma tendência universal semelhante a uma lei:

Devemos reexaminar o sentido do segundo princípio: em vez de um princípio negativo, de destruição, vemos emergir outra concepção do tempo. A física clássica produziu apenas duas noções de tempo: o-tempo-ilusão- de Einstein e o-tempo-degradação- da entropia. Mas estes dois tempos não se aplicam à situação hodierna. Nos seus primeiros instantes, o universo, ainda pequeníssimo e quentíssimo, era um universo de equilíbrio. Mas actualmente transformou-se num universo de não-equilíbrio. A própria existência da matéria e não de antimatéria é prova de uma ruptura de simetria. A mecânica, que trata de pontos materiais, ocupa-se efectivamente de uma das manifestações da irreversibilidade. Num universo de equilíbrio não existiriam nem pontos materiais nem objectos. A evolução do universo não se deu na direcção da degradação mas no aumento de complexidade, com estruturas que aparecem progressivamente em todos os níveis, desde as estrelas e as galáxias aos sistemas biológicos. (Prigogine, 1988, p. 74)

A mecânica quântica

Em paralelo ao desenvolvimento da relatividade e das implicações para a cosmologia e seus modelos de universo, o outro problema da física do final do século XIX, relacionado à fusão entre a teoria da radiação eletromagnética de Maxwell com a termodinâmica de Boltzmann, deu origem à física quântica. Einstein também tem um papel importante, juntamente com Planck (1858-1947), ao examinar essa questão propondo a ideia do quantum. Em seu artigo *Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz*, também de 1905, encontramos a hipótese da natureza discreta da luz.

De fato, parece-me que as observações da radiação de corpo negro, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser mais facilmente entendidas, se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço. De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre os volumes cada vez maiores de espaço, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais. (Einstein, 2005c, p. 202)

Essa teoria de energia discreta da luz pode ser considerada com uma das possíveis origens para a física quântica. Muito se trabalhou a partir desse ponto até a formalização conceitual dessa área e muitos foram os debates. Porém, quando refletimos sobre a natureza conceitual do tempo e do espaço, podemos pensar em alguns problemas de construção e concepção de realidade. Segundo Pessoa Junior (1995), na mecânica quântica toda a variável dinâmica (posição, momento, energia, momento angular) pode ser expressa por um operador, com exceção do tempo, que é um parâmetro definido na equação de Schrödinger (Prigogine, 1984; Pessoa Junior, 1995). Em 1935 Schrödinger manifestou seu descontentamento com a dificuldade de se definir um operador análogo da posição para o tempo.

A previsão feita pela Mecânica Quântica contemporânea de que o tempo tem valores bem-definidos é provavelmente um erro. O valor numérico do tempo é como qualquer outro o resultado de uma observação [...] Não deveria ele pertencer a uma variável que em geral não tem um valor preciso? [...] Na Mecânica Quântica contemporânea, considera-se de maneira a priori que o tempo é conhecido precisamente, apesar de se ter que admitir que qualquer olhada para um relógio provoca um distúrbio incontrolável no movimento do relógio [...].(Pessoa Junior, 1995, p. 209)

Uma das dificuldades de se definir um operador para o tempo, segundo Pauli (1933; 1980, apud Pessoa Junior, 1995) implicaria na existência de um operador de energia contínuo algo contraditório já que o espectro de energia é discreto. Além disso, também não se podem ter valores negativos de energia, tendo limites inferiores, principalmente no caso de uma partícula livre.

Sobre o conceito de tempo na mecânica quântica, devemos examinar uma das "formas" de expressão do princípio da incerteza de Heisenberg, obtido em 1927, que relaciona incertezas na mensuração da energia e do tempo, conforme $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$.

Existem diferentes interpretações para essa relação, que já foram relatadas por Jammer (1974, apud Pessoa Junior, 1995) e também por Aharonov & Bohm (1961, apud Pessoa Junior, 1995). A tabela a seguir resume esse histórico:

AUTOR	MODELO	δE	δt
HEISENBERG (1927)	Exp. de Stern-Gerlach:	Indeterminação na energia de partícula com spin 1/2 em um campo magnético.	Tempo de permanência entre os ímãs.
BOHR (1928)	Pacote de onda: $\delta\nu \cdot \delta t = 1$ mais $E = h\nu$.	$\delta\nu$: Faixa de frequências formando o pacote de onda.	Tempo de transcurso do pacote através de um ponto.
WEISSKOPF & WIGNER (1930)	Emissão radiativa	Largura da linha espectral (desvio padrão de E).	Tempo médio para a ocorrência do decaimento.
Einstein & Bohr (1930) (in BOHR, 1949)	Emissão de fóton numa caixa:	Resolução na energia da radiação emitida.	Tempo no qual a fenda de emissão fica aberta.
LANDAU & PEIERLS (1931)	2 medições sucessivas em uma partícula-sonda que interage por choque com a partícula-objeto.	Diferença E_0, E_1 entre as energias medidas.	Duração δt da interação, que limita o intervalo de tempo entre as medições.
MANDELSTAM & TAMM (1945)	Coletivo de sistemas: $\Delta t = \frac{\Delta \hat{R}}{ d\langle \hat{R} \rangle / dt }$	Desvio padrão nas medições de energia.	Intervalo em que o valor médio de $\hat{R}$ varia em $\Delta \hat{R}$.
FOCK & KRYLOV (1947)	Aceitam L&P, e criticam M&T e W&W.	Transferência de energia entre objeto e aparelho (partícula-sonda).	Incerteza no instante em que a partícula-sonda passa por um ponto.
ENGELMANN & FICK (1959)	$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ envolve operadores $\hat{E}$ e $\hat{T}$.	Desvio padrão do operador $\hat{E}$.	Desv. padrão do "operador" $\hat{T}$.
AHARONOV & BOHM (1961)	Contra-exemplo a $(E_0, E_1) \cdot \delta t \geq \hbar/2$ de L&P e K&F.	Indeterminação na energia do "relógio" (aparelho de med.).	Indeterminação no instante da medição, segundo o relógio.
ALLCOCK (1969)	Operacionalmente, o tempo de chegada tem erro $\delta t = \hbar/V_0$.	Soma do δE usual e de uma inacurácia V_0 na medição de t .	Indeterminação na medição do tempo de chegada.
BUNGE (1969)	Relação $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ não faria parte da MQ.	Desvio padrão nas medições de energ.	Desvio padrão forneceria $\Delta t = 0$.
WIGNER (1972)	Energia é positiva, donde $\delta E \delta t \geq 3\hbar/2$.	Indeterminação na energia da partícula.	Indeterminação no tempo de chegada.
OLKHOVSKY <i>et al.</i> (1974)	$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ envolve operadores $\hat{E}$ e $\hat{T}$.	Indeterminação na medição de energia.	Duração da interação da medição.

Tabela 02: Conceito de tempo na Mecânica quântica⁵⁴

Diante desse número de interpretações, Pessoa Junior (1995) argumenta que a contribuição mais satisfatória foi dada por Allcock.

O problema da complementaridade da energia e tempo em mecânica quântica dá bastante ensejo a mal-entendido e confusão, devido ao fortuito aparecimento conjunto de uma variável energia e um parâmetro tempo em situações que nada implicam com respeito à determinação simultânea de uma variável dinâmica do tempo e uma energia. A literatura contém de fato várias relações tempo-energia que não [a de Bohr e a de Mandelstam e Tamm] [...], todas as quais tem falhas ou induzem de alguma maneira em erro. (Allcock, 1969, apud Pessoa Junior, 1995, 213).

Em relação ao conceito de espaço na física quântica, retomamos o princípio da incerteza, em que podemos olhar de outra forma para a relação de indeterminação, ou

⁵⁴ Pessoa Junior, 1995, p. 212

seja, o problema pode ser caracterizado através das incertezas da mensuração da posição e do momento (que relaciona também a velocidade). Portanto, temos $\delta x \cdot \delta p \geq \frac{\hbar}{2}$. Essa dificuldade de atribuir com exatidão as características das partículas no mundo quântico, tem origem na própria forma de conceber o processo de medida.

Por exemplo, se quisermos ver onde está o corpúsculo, temos de iluminá-lo. Para a região onde se pressente a presença de corpúsculos em um dado momento dirige-se então um feixe de luz, um feixe de fótons. Pode-se esperar que um dos fótons seja desviado por um dos corpúsculos; o desvio do fóton, provocado pelo choque com o corpúsculo, indicará a presença de corpúsculos na região bombardeada. [...]

O que queríamos saber ao iluminar a região onde esperávamos um corpúsculo é não apenas a existência, mas também o devir desse corpúsculo. Queríamos saber onde ele está para inferir aonde ele vai. Queríamos melhorar nossas previsões, aumentar nossa probabilidade de detecção. [...] (Bachelard, 2010a, p. 27)

Portanto a experiência de localização não é uma simples detecção ou contato é sempre um choque que intrinsecamente interfere no processo. Ainda sobre a localização, merece destaque uma das tentativas de Einstein em “provar” que a mecânica quântica era incompleta e não se constituía na última “palavra” em relação à natureza. Em um artigo escrito em 1935 com dois colegas, Boris Podolsky e Nathan Rose, Einstein levantou um debate que assombrou o grupo de Bohr que defendia a mecânica quântica como uma teoria completa do universo. Conhecido como o paradoxo de EPR (Einstein, Podolsky e Rosen), seus autores propuseram um problema que tentava revelar algumas limitações na abordagem dada à natureza pela mecânica quântica. Segundo eles, refletindo sobre processos comuns na física atômica, em que um par de partículas, formadas nos mesmos pontos e se deslocando em sentidos opostos, possuem características semelhantes (como velocidade e distância equivalente ao ponto de origem). Seria possível determinar características de uma partícula examinando a outra, separada espacialmente, e, portanto, sem afetá-la pelo instrumento de medição. De forma breve e sintética: os objetos são independentes e a realidade é local.

Esse “desafio” proposto por Einstein e seus colegas deixou muitos defensores da mecânica quântica sem resposta. No entanto John Bell (1928 – 1990) percebeu, em 1964, que se o paradoxo de EPR estivesse certo os resultados de dois detectores distantes um do outro e empregados para medir certas propriedades das partículas, como o spin em torno de diferentes eixos escolhidos aleatoriamente, teriam de coincidir em

mais de 50% das vezes⁵⁵ (Greene, 2005). Porém, somente no início dos anos de 1970 foi possível realmente experimentar essa ideia. Alain Aspect (nascido em 1947) já nos anos 80 conduziu versões sofisticadas desses experimentos com detectores distantes mais de 11 metros, e verificou que os resultados não concordavam em mais de 50% das vezes. Esse resultado a princípio refuta o paradoxo de EPR, ou seja, a suposta característica local do universo, em que as duas partículas, separadas espacialmente, seriam independentes não é verdadeira. O universo não é local. Existem pares de partículas que são emaranhadas, embora separadas espacialmente não são autônomas.

Outra concepção sobre o espaço na física quântica foi proposta por Heisenberg que, procurando abandonar o princípio de continuidade das geometrias riemanniana ou euclidiana e buscando enfrentar as dificuldades da eletrodinâmica quântica, propôs um conceito de comprimento mínimo. Esta proposta, segundo Jammer (2010) está relacionada a um limite de medição, algo como um “quantum” do espaço, que nesse caso é discreto. Margenau (1950, apud Jammer 2010) denominou esta “partícula” de espaço como “hódon” do grego hodos (via). É importante ressaltar que o próprio Riemann já havia contemplado essa possibilidade.

No caso de uma variedade discreta, o princípio das relações métricas está contido no próprio conceito de variedade. Porém, em uma variedade contínua esse princípio deve vir de fora. Por conseguinte, ou a realidade que está na base do espaço constitui uma variedade discreta, ou o fundamento das relações métricas deve ser buscado fora da variedade, nas forças de ligação que atuam sobre ela. (Riemann, apud Jammer, 2010, p. 230).

March (1950, apud Jammer, 2010) também defendeu a ideia de um comprimento mínimo l_0 . Na física atômica temos a ocorrência reiterada de comprimentos da ordem de 10^{-13} cm (raio clássico do elétron). Existem especulações de que esse poderia ser o valor do comprimento mínimo, contudo existem muitas dificuldades matemáticas na construção de um espaço geométrico com essa característica (Jammer, 2010).

Por fim, ressaltamos que a concepção de espaço na física quântica está relacionada a uma abstração construída. “As teorias físicas que se desenvolveram sucessivamente desde o nascimento da mecânica ondulatória sempre precisaram usar novos espaços” (Destouches apud Bachelard 2010a, p. 78). Esses espaços construídos, chamados de abstratos, são fundamentais na física quântica. Quando esse espaço abstrato encontra a experiência física, configura-se um espaço abstrato-concreto, chamado de espaço corpuscular (Destouches, apud Bachelard, 2010).

⁵⁵ É importante ressaltar que essa é uma versão simplificada do trabalho de Bell. Para maiores detalhes ver PESSOA JUNIOR, Osvaldo. Conceitos de Física Quântica. Volume II. Livraria da Física, São Paulo, 2006

3.3 Dimensão cultural e empírica

Sociedade e cotidiano

A complexidade da vida moderna nos conduz a um “sono” profundo diante de elementos fundamentais da compreensão da natureza e da vida humana, e isso inclui os conceitos de tempo e espaço. É muito comum em nossa vida cotidiana ou mesmo acadêmica assumirmos os conceitos de tempo e espaço como noções dentro das quais fomos imersos e nelas devemos permanecer sem questioná-las, algo como um corpo de noções “a priori” kantianas. No entanto, com um olhar mais cuidadoso sobre esses conceitos, podemos nos questionar: os conceitos de tempo e espaço são construídos no nosso universo cultural cotidiano? Todas as sociedades contemporâneas concebem o tempo e o espaço da mesma forma? Seriam inerentes à existência do ser humano?

Essas questões são de difícil resposta, porém é possível pensarmos que ao construir uma primeira reflexão sobre o conceito de tempo, o ser humano, tomando "consciência de si" e da sua existência, teve a percepção de que não vivia em um eterno presente. De alguma forma se conscientizou que já viverá diversas experiências e que outras ainda aconteceriam. A reflexão consciente da memória pode ser identificada como uma das primeiras percepções de tempo, que conduziu o ser humano para uma distinção entre passado, presente e futuro. As famosas pinturas paleolíticas das cavernas de Lascaux, na Dordonha, são interpretadas como indícios de uma época, por volta de 20.000 anos atrás, em que os seres humanos já faziam interpretações e distinção entre passado, presente e futuro (Whitrow, 1993).

Podemos entender o conceito de tempo como uma construção que a humanidade, paulatinamente, se fez consciente da sua existência, algo não observado em outras espécies. Os seres humanos desenvolveram uma habilidade de sintetizar e generalizar suas observações.

[...] Esse poder de síntese constitui uma especificidade da espécie humana: para se orientar, os homens servem-se menos do que qualquer outra espécie de reações inatas e, mais do que qualquer outra, utilizam percepções marcadas pela aprendizagem e pela experiência prévia, tanto a dos indivíduos quanto a acumulada pelo longo suceder das gerações. (Elias, 1998, p. 33)

Nesse sentido o conceito de tempo é concebido como uma construção realizada pelos seres humanos. Experimentamos a sensação de duração quando relacionamos experiências novas com experiências passadas ou com desejos futuros. Ainda que seja uma característica fundamental da experiência humana, até hoje não se tem nenhuma

evidência de termos um sentido especial para essa percepção, algo como a visão, olfato, paladar, tato ou audição.

[...] embora nossa consciência do tempo seja produto da evolução humana, nossas idéias de tempo não são inatas nem automaticamente aprendidas, e sim construções intelectuais que resultam da experiência e ação [...]. O sentido da memória, na criança, envolve não apenas eventos de sua própria experiência mas, no devido tempo, outros da memória de seus pais e por fim, de seu grupo social. (Whitrow, 1993, p. 18).

Elias (1998), assim como Whitrow (1993), defende a importância da aquisição da linguagem no desenvolvimento do sentido do tempo, porém sua abordagem indica uma influência profunda da língua na forma de conceber o tempo, sobretudo quanto à construção verbal. O nosso vocabulário dispõe apenas de expressões tais como “determinar o tempo ou medir o tempo”. Esses hábitos lingüísticos fortalecem a ideia de um tempo existente e presente, ainda que não perceptível aos nossos sentidos. Essas concepções relacionadas aos hábitos lingüísticos ignoram, segundo Elias (1998), a longa jornada humana para construir um sistema simbólico de referência com um caráter de sincronização entre diferentes acontecimentos, ou seja, o estabelecimento de uma correspondência material.

Por outro lado, além do conceito de tempo ser aprendido e muitas vezes ignorado como uma construção humana, a sua função também está relacionada a uma forma de modelagem disciplinar da nossa sociedade. Portanto, “[...] ao crescer, com efeito, toda criança vai-se familiarizando com o tempo como símbolo de uma instituição social cujo caráter coercitivo ela experimenta desde cedo” (Elias, 1998, p. 14). Se um ser humano nos seus primeiros dez anos de vida, aproximadamente, não se modelar segundo essa instituição social chamada tempo terá, quando adulto, possíveis dificuldades de se relacionar socialmente. Essa linha de raciocínio nos conduz a pensar na influência da vida social nos hábitos individuais, algo chamado por Elias (1998) de processo civilizador.

(...) Os seres humanos são feitos de tal modo que as chances de sobrevivência, tanto no plano individual quanto em termos coletivos, são muito pequenas, caso não desenvolvam desde a infância seu potencial natural de autodisciplina frente a irrupção momentânea de suas pulsões e impulsos afetivos, e isso no âmbito de uma comunidade humana, segundo normas precisas de regulação de conduta e dos sentimentos. (Elias, 1998, p. 23)

Ao pensarmos na coerção exercida pelo conceito de tempo, construído pelo ser humano e desenvolvido socialmente, como uma grande ferramenta do processo civilizador supostamente mais evoluído, não podemos deixar de considerar que ele trouxe alterações profundas ao longo da história. Nas sociedades mais antigas a noite

não necessariamente era sinônimo de hora do sono, assim como o meio do dia não estava obrigatoriamente relacionado com o almoço. Tinha-se a vontade de comer ou dormir, mas a construção das referências de medida de tempo conduziu, ao longo da história, grande parte dos povos a depender profundamente do tempo, tendo suas vontades submissas ao horário imposto e convencionado dentro de um plano social e econômico.

Elias (1998) atribui ao tempo um papel duplo dentro das dimensões universais. Tudo que é perceptível à realidade humana ocupa uma posição no espaço dado pelas suas três dimensões, além de um lugar no tempo. Em paralelo, o tempo também figura como um símbolo humano e representante do conhecimento adquirido, constituindo-se em uma nova dimensão.

Então se torna possível galgar mais um degrau na escala em espiral da consciência: ao lado do devir quadridimensional, a quinta dimensão, representada pelos homens que apreendem e organizam esse devir, penetra no campo de visão dos observadores. Como observadores do devir quadridimensional estes últimos vêem-se instalados, por sua vez, no degrau imediatamente inferior da escala em espiral. Assim, já não é apenas o devir quadridimensional como tal que se torna visível, mas também, com ele, o caráter simbólico das quatro dimensões, em seu papel de instrumentos de orientação para os seres humanos, capazes de operações de síntese, como, por exemplo, a de conceberem com o ocorrido num mesmo instante aquilo que ocorre sucessivamente e que, portanto, nunca é simultâneo. O tempo, que só era apreendido, no patamar anterior, como uma dimensão do universo físico, passa a ser apreendido, a partir do momento em que a sociedade se integra como sujeito do saber no campo da observação, como um símbolo da origem humana e, ainda por cima, sumamente adequado a seu objeto. (Elias, 1998, p. 31)

O ser humano quando constituído como o senhor do saber, como uma espécie que interfere no meio em que vive e, conseqüentemente, na história, torna-se uma dimensão com consciência da sua existência e que reconhece as outras quatro dimensões do devir inserindo-se “dentro” delas.

Pensando em nossa sociedade atual, merece destaque outra possibilidade de conceber o tempo dada a partir das relações de consumo. Essa concepção de tempo é denominada por Debord (1997) como um tempo pseudocíclico. Nessa concepção, as comemorações anuais trazem no seu bojo uma característica consumista como, por exemplo: dia das mães, dos pais, das crianças, etc. Além disso, esse tempo pseudocíclico que é de consumo foi transformado pela indústria em matéria-prima na confecção de outros produtos, ou seja, esse tempo é dinheiro. Dentro dessa relação de dominação, que se estabeleceu na sociedade capitalista, a noção de tempo tem um custo que pode ser percebido na própria construção das grandes metrópoles também

chamadas de cronópolis. O geógrafo Milton Santos acrescentava criticamente a rapidez vigente em nossas cidades:

A cidade é o palco de atores os mais diversos: homens, firmas, instituições, que nela trabalham conjuntamente. Alguns movimentam-se segundo tempos rápidos, outros segundo tempos lentos, de tal maneira que a materialidade que possa parecer como tendo uma única indicação na realidade não a tem, porque essa materialidade é atravessada por atores, por essa gente, segundo tempos, que são lentos e rápidos. Tempos rápidos é o tempo das firmas, dos indivíduos e das instituições hegemônicas e o tempo lento é o tempo das instituições, das firmas e dos homens hegemonzados. A economia pobre trabalha nas áreas onde as velocidades são lentas. Quem necessita de velocidades rápidas é a economia hegemônica, são as firmas hegemônicas. (Santos, 1990 p. 25).

Por outro lado, esse tempo de consumo está na base de construção das imagens de venda dessa sociedade de consumo, dentro da estratégia de venda de mercadorias, buscando criar uma imagem de uma vida espetacular que se revela hipotética e individualista ao longo do tempo. Esse tempo de consumo revela-se na publicidade do tempo. “O espetáculo, como organização social da paralisia da história e da memória, do abandono da história que se erige sobre a base do tempo histórico, é a falsa consciência do tempo” (Debord, 1997, p. 108).

Diferentemente do tempo, a experiência do *espaço* tem uma relação muito próxima e dependente do sentido da visão. Ver um objeto em três dimensões pode parecer algo simples e normal em nossa cultura. Porém, um exame mais minucioso no próprio “aparelho” humano da visão, nos revela um “mistério” sobre a noção de profundidade em uma região ou superfície aparentemente plana (Leite, 2006). Segundo Szamozsi (1988, apud Leite 2006), a visão binocular proporciona uma “melhora” no desempenho do cérebro e na precisão da leitura do mundo, pois possibilita, com limitações de distância, a comparação entre duas imagens. É importante ressaltarmos que ter a capacidade fisiológica de ver objetos em profundidade não significa reconhecê-los conceitualmente, ou seja, o desenvolvimento da nossa capacidade de visão espacial evolui dentro de uma cultura específica. É possível que duas pessoas de culturas diferentes consigam enxergar um objeto espacialmente, mas cada uma o conceitua de forma diferente. O desenvolvimento da noção de espaço passa por um processo de evolução. “(...) É, sobretudo evidente que a percepção do espaço comporta uma construção progressiva e não é dada inteiramente desde os inícios da evolução mental.” (Piaget & Inhelder, 1993, p. 20). Portanto, a percepção do espaço não depende apenas do aparelho de visão, ou seja, sua construção ocorre dentro de um processo de interação com o meio e é efetivamente construída pelo nosso cérebro.

Nesse sentido, pensando na relação do ser humano com o meio em que vive num processo de interação, se voltarmos um pouco na história para examinarmos algumas relações do ser humano com o espaço, desde os primórdios a percepção está mais relacionada à ideia de direção e orientação, sobretudo pela característica inicialmente nômade que os primeiros grupos de humanos estabeleceram. Um pouco mais tarde a concepção de lugar, ainda sem a característica mais reflexiva encontrada na Grécia antiga, surgiu através da experiência de grupo, família e tribo (Jammer, 2010). É importante ressaltar que a relação do ser humano com o espaço pode ser associada ao desenvolvimento de instrumentos de exploração do meio. Na medida em que o ser humano evolui na construção de diferentes instrumentos de exploração do meio (desde as facas de pedra, lanças, enxadas, etc...) a sua noção de espacialidade modifica-se no sentido de buscar um lugar definido. Temos o início da passagem do nomadismo para o sedentarismo. Portanto, nesse novo contexto, a relação do ser humano com o espaço está relacionada com a produção de instrumentos para transformação do meio, assim como o meio transforma os instrumentos. Essa característica dialética indica que as técnicas provocam mudanças nos espaços e esses as absorvem e as transformam. Ledrut (1998) apresenta a relação entre o homem e o espaço através da técnica:

Encontramos, em primeiro lugar, a exteriorização e a objetivação, inseparáveis do trabalho humano. O objecto, como produto do trabalho, e o próprio trabalho, estabelecem imediatamente relações com o espaço por meio da exteriorização – à qual bem se poderia dar o nome de *espacialização*, ou melhor: um certo modo de espacialização – das relações do homem com a natureza. O espaço aparece, aqui, claramente como meio. É evidente a existência de uma espacialidade da actividade técnica e das variações dessa <<espacialidade>> em função do modo de actividade técnica conforme as civilizações, as culturas e os sistemas sociais. (Ledrut, 1998, p. 57)

Na condição de sedentários, os seres humanos tendem a relacionarem-se de forma ainda mais estreita com o lugar e a natureza regional⁵⁶. A necessidade de organização do território e do estabelecimento de formas de entendimento dos diferentes ciclos da natureza, estabelecendo “técnicas” de previsão e localização, estão na origem da luta pela sobrevivência, em um lugar e momento extremamente inóspitos. Em diferentes regiões do planeta, grupos de seres humanos se estabeleceram e desenvolveram formas inteligentes de domínio ou entendimento da natureza e de seus fenômenos. Nesse sentido o espaço vai paulatinamente se constituindo em um produto de um pensamento

⁵⁶ Essa relação dialética entre o espaço e a técnica deve ser compreendida de forma ampla, ou seja, pensando no uso da enxada e na importância dos novos meios de transporte e comunicação, evitando uma interpretação reducionista pensando apenas em um espaço agrícola.

coletivo (Ledrut, 1998; Silvano, 2010), dado essencialmente na sua representação social, sendo indissociável da sociedade.

No entanto, embora não seja o <projectado> da organização social, a organização espacial mantém com a organização social uma relação que é, ao mesmo tempo, de determinação e de expressão. Isto significa que, em certa medida, a relação destas duas organizações é uma relação de significação e também de casualidade. (Ledrut, 1998, p. 61)

A relação entre organização social e organização espacial também é defendida por Lévi-Strauss, trabalhando o espaço na sua dupla realidade, ou seja, a material e a de representação. A organização de uma sociedade no que diz respeito a sua disposição material e planeamento estrutural tornam-se uma representação de aspectos que a identificam e também a distinguem. Portanto, a identidade de uma determinada cultura pode passar pela organização do seu espaço (Silvano, 2010).

Por outro lado, a relação entre o social e o espacial, sendo pensada de maneira direta, é criticada por Henri Lefebvre (1901– 1991), em sua obra *La production de l' espace*, publicada pela primeira vez em 1974. “Um esquema simplista afasta-se desde já, o da correspondência termo a termo (pontual) entre actos e os lugares sociais, entre as funções e as formas espaciais” (Lefebvre, apud Silvano, 2010, p.47). A interação do social com o espacial para Lefebvre ocorre através de três dimensões dialéticas. A primeira delas, a prática espacial, está relacionada com a produção e reprodução de lugares e dos conjuntos espaciais próprios a cada formação social. As práticas são dotadas de uma espécie de desempenho espacial relacionada com uma percepção que organiza o espaço social. A segunda é a representação do espaço sendo definida como um sistema de signos utilizados na sua expressão, como os praticados pelos arquitetos, urbanistas, tecnocratas, artistas, cientistas, ou seja, uma dimensão representativa da forma com que cada olhar concebe o espaço. A terceira é o espaço de representação, aquele vivido na profundidade da vida social, em que é possível representar e expressar a experiência específica dos seus habitantes, através de imagens e símbolos. Lefebvre relaciona as três dimensões dialéticas:

Podemos supor que a prática espacial, as representações do espaço e o espaço de representação intervêm de forma diferente na produção do espaço: segundo as suas qualidades e propriedades, segundo as sociedades (modos de produção), segundo épocas. As relações entre estes três momentos - o percebido, o concebido, o vivido – nunca são nem simples e nem estáveis [...]. (Lefebvre apud Silvano, 2010, p. 50).

Mas, pensando em nossa sociedade de consumo atual, outras relações podem ser dadas sob a ótica do poder que significa o domínio do espaço. A produção capitalista, segundo Debord (1997), nos conduz a um processo de homogeneização dos espaços.

Essa relação de dominação cultural é pensada através da unificação dos espaços pelo processo de modelar tudo o que está no entorno da sociedade. Ledrut ao definir os modos de espacialização comenta essa relação entre o espaço e o poder.

O espaço é para nós a expressão das nossas possibilidades colectivas : simboliza o poder do homem, é ao mesmo tempo o signo e o instrumento de uma capacidade infinita. O espaço reenvia-nos, a cada instante, a imagem do poder, do poder nu, portanto formal e vazio, também. (Ledrut apud Silvano, 2010, p. 55).

Em outra obra Ledrut (1998) ressalta que o urbanismo praticado é sempre o da classe dominante. Essa organização dos espaços em função da organização social tem ressonância nos comentários de Santos (1990) sobre as cronópolis que podem ser olhadas sob o aspecto temporal, mas é indissociável do aspecto espacial. Debord também compartilha dessa reflexão ao analisar o planejamento da cidade pensado em função do consumo.

[...] A ditadura do automóvel, produto-piloto da primeira fase da abundância mercantil, se enraizou no terreno com a dominação da auto-estrada, que desloca os centros antigos e comanda uma dispersão sempre mais pronunciada. Ao mesmo tempo, os momentos de reorganização inacabada do tecido urbano se polarizam passageiramente em torno das “fábricas de distribuição” que são os hipermercados construídos em áreas afastadas, sustentados por um estacionamento; e mesmo esses templos do consumo precipitado também são empurrados pelo movimento centrífugo, que os repele à medida que os tornam centros secundários sobrecarregados, porque provocam uma recomposição parcial da aglomeração. Mas a organização técnica do consumo está no primeiro plano da dissolução geral que levou a cidade a se consumir a si mesma. (Debord, 1997, p. 115)

A relação de poder e o pensamento da sociedade de consumo nos privam da coletividade humanizante que os espaços podem nos proporcionar, conduzindo-nos a um "individualismo coletivo" dos clubes, condomínios, além do isolamento propriamente individual.

Por fim, um último aspecto sobre os conceitos de tempo e espaço dentro dessa dimensão cultural é dado pelo avanço das comunicações na modernidade. A internet e os meios de comunicação modernos e contemporâneos trouxeram uma nova forma de conceber o tempo e o espaço. A velocidade das informações e os lugares onde essas informações podem chegar e serem acessadas nos coloca dentro de uma concepção de tempo e espaço jamais experimentada e os efeitos sobre as concepções dos seres humanos podem ser grandes. Pensar em novos ambientes virtuais, espaços experimentados por nossas mentes em “instrumentos culturais”, desde os games até as televisões com visões 3D, passando por ambientes virtuais de contato imediato e simultâneo com pessoas em outros lugares, ou até inexistentes, era até pouco tempo história de ficção científica. Ficam aqui algumas questões para reflexão: Será que as

futuras gerações, nascidas e criadas dentro desse novo universo, representarão e conceberão o tempo e o espaço de forma diferente da nossa? Se esses conceitos são construídos na interação com o meio, ao longo de muitos anos, grande em comparação para uma vida humana, porém pequeno em comparação com o universo, as pesquisas sobre representação espaço-temporal terão outros resultados? Isso só o tempo dirá no espaço propício. Mas, ainda podemos fazer outro questionamento relacionado ao nosso tema central de investigação. A conduta da balança, entre outras práticas culturais apresentadas por Bachelard, quando da análise do seu perfil epistemológico do conceito de massa, insinua uma influência cultural sobre a formação dos conceitos. Nesse sentido, é possível refletir sobre qual a influência da cultura, com todos os detalhes que discutimos nessa seção, sobre as concepções de tempo e espaço da física que os estudantes, inseridos nesse universo, podem apresentar? Aqui está uma questão que procuramos investigar e no capítulo 4 apresentaremos as análises e reflexões.

Instrumentos de medida⁵⁷

O conceito de tempo, em uma primeira aproximação, esconde um mistério principalmente pela sua aparente imaterialidade, sobretudo quando comparado com o espaço, que é entendido como algo concreto para o nosso senso comum. Pietro Redondi argumenta que, apesar de estarmos inteiramente imersos em uma sociedade dominada pelo ritmo do relógio, o nosso cérebro não desenvolveu uma habilidade de perceber os ritmos uniformes. Em outras palavras “[...] não necessitamos de um termômetro para saber se devemos tirar ou não a jaqueta e nem teremos de levar um metro (régua) no bolso (ou carteira) para sabermos se podemos pular em uma piscina ou não”⁵⁸ (Redondi, 2010, p. 21 tradução nossa). Mas não conseguimos nos livrar do relógio para estabelecer nossos movimentos no tempo.

Ao olharmos a vida das sociedades modernas e contemporâneas, o fascínio sobre o conceito de tempo está materializado no relógio, instrumento reconhecido por alguns teóricos como o grande responsável pela revolução industrial e organização das cidades (Mumford, apud Whitrow, 1993; Elias 1998; Galison, 2005; Landes, 2009). Esse domínio do ser humano sobre o tempo, que na sociedade moderna e contemporânea pode ser também compreendido como um domínio do instrumento de medida do tempo

⁵⁷ As ilustrações dos instrumentos de medidas citados nessa seção, e outros que não são citados diretamente, podem ser vista no apêndice B

⁵⁸ “[...] no necessitamos um termômetro para saber si debemos quitarnos la chaqueta o no, ni tenemos que llevar un metro en el bolsillo para saber si podemos saltar un charco o no. (Redondi, 2010, p. 21)

sobre o homem tem uma referência na antiguidade quando da necessidade de construção de formas de prever os ritmos observados na natureza.

Por outro lado, o conceito de espaço, ainda que aparentemente mais concreto que o tempo, quando pensado a partir das suas possibilidades de medição, encontra também na antiguidade sua origem. Como já dissemos as relações que o ser humano estabeleceu com a natureza também iniciam a construção do conceito de espaço. A necessidade de demarcação de lugares, além da localização e entendimento da ocupação volumétrica, deu origem aos primeiros instrumentos de medida de espaço. O ser humano primitivo necessitava de instrumentos de medida, porém não necessitava de grande precisão. Sendo assim, o ser humano tomou-se a si mesmo como um primeiro padrão de medidas de espaço.

Ao olharmos a história da humanidade e sua relação com a natureza, é impossível não relacioná-la com o entendimento e criação de convenções para marcar o tempo e o espaço. Vários povos ao longo da história construíram formas de medir o tempo e o espaço, estabelecendo relações com a natureza, especificamente tendo uma relação de necessidade e misticismo dentro do contexto em que viviam. Nas civilizações mais antigas encontramos uma correlação entre os eventos naturais e sociais. Em relação ao conceito de tempo, no Egito antigo, tudo dependia do rio Nilo que, tendo ciclo aproximadamente regular, conduzia toda a vida daquele povo. Até a coroação do Faraó estava associada ao rio, que muitas vezes era adiada para coincidir com o início desse ciclo. Suas fases recebiam os nomes de: estação da inundação (Akhet), correspondente no calendário atual aos meses de julho a novembro; a estação da sementeira (Peret), que no calendário atual corresponde aos meses de novembro a março; e a estação da colheita (Chemu), correspondente no calendário atual aos meses de março a julho, pensando no hemisfério sul. Eles possuíam mais de um calendário, sendo chamados de egípcio, ou civil⁵⁹, o calendário sotiaca⁶⁰, além de um calendário lunar⁶¹. A sua contribuição para a marcação do tempo foi importantíssima.

[...] Assim se dividia o ano em 36 períodos de dez dias e cada mês em três decanos: *tepi*, a primeira, *her-ib*, a segunda, e *pehui*, a última. Todos os decanos tinham nome de deificação própria. Por exemplo, o ciclo decanal que se inicia com o aparecimento de Sírio era designado por *tepa-kenmut* e o seu deus era Seb. Embora a palavra semana fosse desconhecida dos Egípcios, cada década correspondia, em termos actuais, a uma semana de dez dias. O

⁵⁹ Esse calendário não acompanhava as estações pela observação dos ciclos naturais, apenas era uma divisão de três períodos de 4 meses.

⁶⁰ Esse calendário era baseado na observação astronômica da estrela Sírios ou Cão Sotis, por isso recebeu o nome de sotiaca.

⁶¹ Esse calendário servia para regular os dias festivos.

hiato de cinco dias entre o último e o primeiro decano desta organização decimal era preenchido pelos dias epagómenos, marginais ao ciclo decanal ($36 \times 10 \text{ dias} = 360 \text{ dias}$; ou $12 \text{ meses} \times 30 \text{ dias} = 360 \text{ dias}$; ou $3 \text{ estações} \times 120 \text{ dias} = 360 \text{ dias}$) e, como tal, tratados após as 36 décadas, só então se completando o ano de 365 dias. (Canhão, 2006 p. 42/43)

Além dos egípcios, outros povos, como os que habitaram a Babilônia, região entre os rios Tigre e Eufrates, também construíram seus calendários baseados nos movimentos do Sol e da Lua, além das alterações do nível das águas ocorridas nesses rios. Os Maias, na América, construíram calendários de extrema precisão baseados também no Sol, na Lua e nas fases de Vênus. Da mesma forma, povos mais orientais como os chineses e os hindus também conceberam calendários com alta precisão para época.⁶²

Atualmente seguimos o calendário gregoriano, concebido no papado de Gregório XIII. Esse calendário visava resolver problemas em relação à data da páscoa. A reforma do calendário realizada em 1582 teve como grande defensor o padre jesuíta Cristoph Clávius que publicou todos os documentos da igreja sobre o calendário em 1603. Vale ressaltar que a importância desse astrônomo pode ter sido ofuscada na ciência, em função dos trabalhos de Galileu e Kepler que foram seus contemporâneos. Portanto, o calendário Gregoriano ficou organizado da seguinte forma:

Então, para que o equinócio se mantenha em XII calendas de abril (21 de março) no futuro, nós estabelecemos que a cada quatro anos se faça um ano bissexto (como é o costume), com excessão dos anos centenários, que até agora sempre forma bissextos; afirmamos que o ano de 1600 permanecerá bissexto; depois disso, no entanto, os anos centenários não serão todos bissextos, mas só a cada 400 anos; os três primeiros anos centenários não serão bissextos e o quarto ano centenário o será, de modo que os anos 1700, 1800 e 1900 não serão bissexto. Certamente o ano 2000, como é o nosso costume, terá uma intercalação bissexta, fevereiro terá 29 dias, e a mesma regra intermitente para as intercalações bissextas para cada período de 400 anos será preservada de maneira perpetua. (Bula Papal, apud Cherman & Vieira, 2008, p. 93)

Quanto ao conceito de espaço no Egito antigo e na Mesopotâmia, temos registro de sistemas de medidas baseados no antebraço humano, com cerca de 50 cm, além do palmo, pé e o polegar. É importante destacarmos a relação harmoniosa do ser humano como referência de medida apresentada na obra *De architectura Libri Decem*, de Vitruvius (século I a.C.), no capítulo sobre a construção dos templos:

A natureza compôs tão bem o corpo humano quanto a face, a partir do queixo até o topo da testa, na altura da raiz dos cabelos, corresponde a uma décima parte de sua altura, da mesma forma que a palma da mão, do pulso até a ponta do dedo médio. A cabeça, do queixo até seu topo, é uma oitava parte,

⁶² Para detalhe sobre os diferentes calendários consultar o nosso trabalho de mestrado, em específico o capítulo 2, disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13062011-154332/pt-br.php>

do topo ao tórax, na altura do pescoço, até a raiz dos cabelos, uma sexta parte; do meio do tórax até o topo da cabeça, uma quarta parte. [...]. Da mesma forma, outros membros também possuem sua proporcionalidade. Utilizando-se dela, muitos pintores e escultores antigos alcançaram elevada distinção e fama. (Vitrúvio apud Silva, 2008b, p. 62)

Baseado no trabalho de Vitrúvio, Leonardo da Vinci (1452-1519) criou a famosa representação gráfica da harmonia do corpo humano conhecida como homem vitruviano. No entanto, com o crescimento das cidades e povoamento das diferentes regiões do planeta, pensar e adotar o corpo humano como padrão de medidas de espaço foi se tornando difícil, pois:

O homem, entretanto, é muito pequeno ou, em alguns casos, muito grande para ser adotado como padrão de medida único para o mundo em que vive. Por isso, para medidas de distância longa, ele lançou mão de outros artifícios para estabelecer seus padrões de unidades de comprimento, como, por exemplo, o comprimento de monumentos famosos, distâncias entre localidades importantes ou, até mesmo, simplesmente o tempo de deslocamento entre duas localidades. (Silva, 2008b, p. 65)

Portanto, apesar de permanecer como padrão por algum tempo, o corpo humano foi sendo substituído, em função das limitações, por outros padrões como um tronco de bambu para medidas de comprimento e, para longas distâncias, a capacidade de deslocamento de um cavalo ou o alcance de uma flecha. Com relação a medidas de volume o preenchimento de espaços por grãos era uma grande referência, além de recipientes específicos preenchidos com água. Essas civilizações antigas, por exemplo o Egito e Babilônia, utilizavam também um instrumento para medida de espaço chamado de esticadores de corda⁶³, que consistiam em uma corda esticada adotada como padrão de referência.

Retomando o conceito de tempo, mas pensando em marcações de tempo diárias, esses povos também possuíam instrumentos específicos. Os egípcios empenharam-se em definir os momentos do dia, utilizando para isso uma espécie de relógio solar. Durante a noite utilizavam o relógio de água, também chamado pelos gregos de clepsidra. O seu funcionamento era definido pela graduação de um recipiente que, sendo dividido em partes iguais, tinha o seu escoamento de água, através de um furo feito no fundo do recipiente, ajustado para a noite e o seu nível indicava a hora. Para marcações noturnas, os egípcios também usavam o merket, que essencialmente era um fio de prumo. Com esse instrumento era possível observar trajetos de estrelas selecionadas ao longo de um meridiano, à medida que se alinhavam. No entanto, apesar de muitos autores reconhecerem que esses povos tinham conhecimento de geometria e

⁶³ Ver ilustrações no apêndice B

trigonometria, foi na Grécia Clássica em que esses conhecimentos foram sistematizados. Encontramos um exemplo de medição de espaço de grande proporção utilizando uma versão de relógio de sol conhecida como gnomon. Erastóstenes (276-195 a.C.) determinou o raio da Terra durante um solstício de verão, medindo a altura do sol ao meio-dia em duas cidades diferentes do Egito, ou seja, Alexandria e Siene. Para isso, o grego sabia que ao meio-dia em Siene, o sol estava na vertical, pois observou a sua reflexão no fundo de um poço. Ao medir a sombra de um monumento em Alexandria obteve um ângulo de 7,2°. Com a distância entre as duas cidades, cerca de 5000 estádios⁶⁴, ele estimou a circunferência da terra em 250.000 estádios e por consequência o raio da Terra. Sabe-se hoje que o seu erro foi inferior a 2%.

Outro instrumento muito difundido para mensuração de tempo e espaço, que possui muitos indícios de sua construção na Grécia antiga, porém foi concebido para resolver problemas de trigonometria esférica, sendo introduzido na astronomia pelo matemático árabe Abul Wafa (940-998), permitindo abreviar os cálculos astronômicos (J. North, 1994), foi o astrolábio. A partir das escalas gravadas no astrolábio, era possível determinar a posição das estrelas fixas em relação ao horizonte e a do sol, da lua e dos planetas em relação às estrelas. Projetado para latitudes de locais específicos, seu uso mais importante era a determinação da hora precisa do dia ou da noite a partir da observação da altura do Sol ou de uma das estrelas mapeadas, assim como era utilizado para se saber a localização.

No mundo moderno o fascínio e a necessidade de marcar o tempo com precisão se intensificaram. A estrutura social moderna e as necessidades internas dos mosteiros medievais impulsionaram o desenvolvimento de uma tecnologia do tempo. A construção dos relógios mecânicos, por volta do século XII, encontrou o seu aspecto mais revolucionário no escape de haste e folhas. De uma forma geral, esses dispositivos regulavam a velocidade de operação do relógio.

O aumento de precisão de medida de tempo só ocorreu com o desenvolvimento científico, já no século XVI, em que se necessitava de maior precisão na marcação do tempo, principalmente na definição dos mapas celestes. O pêndulo foi à grande resposta para aumentar a precisão da marcação do tempo. Muitos físicos fizeram experiências com pêndulos, entre eles Galileu Galilei e Christian Huygens. As bases conceituais do pêndulo nascem na mecânica de Galileu que, após muita reflexão, chegou à conclusão

⁶⁴ 1 estádio equivale a aproximadamente 185 metros

que o período de vibração depende do comprimento do pêndulo. Galileu pensou em utilizar esse conceito na construção de um relógio, porém a morte o impediu. Uma figura do relógio de pêndulo de Galileu, feita por um biógrafo, teria chegado até Christian Huygens (Whitrow, 1993, p. 143), que projetou o primeiro relógio de pêndulo e aperfeiçoou as sua precisão com suspensões que permitiam a ponta do pêndulo se movimentar formando um arco ciclóide não circular. Assim, a oscilação passa a se completar sempre no mesmo período de tempo, de forma independente da amplitude. Em 1675, outra grande inovação feita por Huygens foi o balancim em espiral. A mola (balancim) regula a oscilação em rotação nos relógios portáteis, de forma análoga a gravidade que controla a oscilação de um lado para outro do pêndulo nos relógios de armário (Andrewes, 2002). Além disso, Huygens participa da polêmica⁶⁵ invenção da mola reguladora, que proporcionou um ganho de precisão nos relógios de estojo ou de algibeira. Quanto à precisão, esses relógios só foram superados pelos modernos relógios de quartzo, césio etc.

Até o século XIV os instrumentos relacionados à medida do espaço não variaram muito. Porém, com a difusão da bússola no ocidente por Marco Pólo (1254-1324), ocorreu um avanço significativo. A partir de então, passou-se a usar o conceito de medição e localização com base na bússola graduada (Silva, 2008b). Mas, as medidas de distância continuaram a ser feitas com o uso das cordas ou varas. Nesse mesmo período, surgia outro instrumento que permitia medir distância através de um aparato graduado angularmente. A balestilha foi um instrumento muito usado nesse período, sendo substituída apenas pelo teodolito.

Por volta de 1600, surgem os primeiros teodolitos que, basicamente, podem ser entendidos como uma luneta ou telescópio graduado e utilizado em trabalhos de topografia. Diferente da balestilha, esse instrumento incorpora o desenvolvimento da óptica tendo como característica uma extensão dos sentidos humanos, ou seja, com as lentes, algo que a balestilha não possuía, pode-se ampliar o alcance e a precisão da medição para além dos limites naturais do ser humano

Os teodolitos foram sendo repensados e avançaram em sua precisão com o acoplamento da bússola e de outras inovações na medição. Cabe ressaltar que apesar do avanço proporcionado pelo teodolito, por volta de 1700, muito se utilizava de um

⁶⁵ Quanto à autoria da invenção, existiu uma grande discussão sobre a primazia do invento entre Hooke e Huygens. Sem dúvida, com a lei sobre as molas elaborada por Hooke, ele teria toda a condição para construir essa mola.

instrumento de medida chamado de corrente do agrimensor (Gonzalez & Mingorance, 1997).

Com a criação e desenvolvimento do sistema métrico de medida, por volta do século XVIII, após um longo debate, em que padrões de medidas foram definidos, entre eles a medida de comprimento, instrumentos de menor porte e alcance foram criados como as réguas e seus variantes, ou seja, trenas, paquímetros e micrômetros. Porém, cabe ressaltar que a grande revolução na medição de espaço surgiu com o uso das ondas eletromagnéticas. Bachelard, ao discutir a importância da medição e da precisão na física, refletindo sobre a evolução da ciência pensada a partir da precisão dos instrumentos de medida, apresenta uma previsão de evolução das medições e dos instrumentos de medida, com o domínio dos conceitos de óptica física.

[...] Em 1900, Benoit concluía nestes termos seu relatório ao Congresso Internacional de Física: “Estou persuadido de que nossos descendentes chegarão a melhores resultados que nós; mas para isso, muito provavelmente, farão de outro jeito”. Serão utilizadas, por exemplo, as interferências ópticas, ao realizar uma idéia de Fizeau. Este físico escrevia em 1864: “Um raio de luz com suas séries de ondulações extremamente tênues, mas perfeitamente regulares, pode ser considerado um micrômetro natural da mais alta perfeição, adequado sobretudo para determinar os comprimentos.” (Bachelard, 2004, p. 64)

Já no século XX, o quartzo foi uma grande revolução da tecnologia de marcação do tempo. Desenvolvido inicialmente para ser usado nos transmissores de rádio, o cristal de quartzo vibra num ritmo extremamente regular, quando estimulado por uma corrente elétrica. Cabe destacar que o primeiro relógio de quartzo, construído por volta de 1930, tinha o tamanho de um frigorífico de restaurante, sendo que levou mais de 30 anos para ter a aparência digital que conhecemos (Landes, 2009).

Apesar da enorme precisão, cerca de milionésimos de segundo, os relógios de quartzo possuem uma precisão muito menor que as oscilações naturais vindas de uma fonte de césio. A precisão desses relógios é tão grande que chega à ordem de nanosegundos. Assim sendo, a definição atual do segundo é baseada na frequência de ressonância do átomo de césio. Essa definição foi adotada em 1967. Tecnicamente falando ela corresponde à duração de 9192631770 ciclos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.

Hoje os sinais de hora no mundo inteiro são coordenados pelo BIH (Bureau International de l'Heure), que define um relógio médio baseado em aproximadamente 80 relógios atômicos instalados em 24 países. Esse número de relógios permite uma sincronização imediata com precisão de um milionésimo de segundo. Essa metodologia

de medida recebe o nome de Tempo Coordenado Universal (UTC), que substituiu o GMT. Embora seja controlado de Paris, a referência geográfica continua sendo o observatório de Greenwich.

Em relação ao espaço, no século XX, segundo Silva (2008), o primeiro instrumento que utilizava ondas eletromagnéticas para medição foi o telurômetro. Esse instrumento acabou sendo acoplado nos modernos teodolitos eletrônicos que utilizam esse princípio. Mais recentemente o raio laser passou a ser utilizado como acessório de medidas de espaço na topografia.

No que se refere à localização, após a construção da bússola, o maior avanço está nos sistemas de posicionamentos globais, ou seja, os GPS os famosos “relógios do espaço”. Nesse caso, o funcionamento é construído, através de transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas para diversos satélites orbitando a Terra, além do uso dos conceitos do efeito doppler e da teoria da relatividade especial. Por estarem afastados do centro da Terra e, portanto, sofrerem menos influência da gravidade, o tempo passa mais rápido para os relógios dos satélites do que para os relógios dos dispositivos GPS na Terra. A diferença se dá porque a Terra com a sua massa deforma o espaço-tempo ao seu redor. Isso possibilita determinar a posição de uma antena receptora na Terra com precisão de metros, caso não tivéssemos a relatividade incorporada na construção e operação desse instrumento a precisão seria de quilômetros.

Por fim, ressaltamos que a ideia do metro, como unidade de medida de espaço, referenciada inicialmente nas frações do meridiano terrestre; sendo alterada por volta de 1960 para um padrão de comprimento de onda luminosa, em específico do criptônio 86, um isótopo; atualmente esse padrão é referenciado na fração de distância percorrida pela luz no vácuo, mais precisamente, na décima milionésima parte do quadrante de um meridiano terrestre. Em laboratório, correspondente ao espaço linear percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo, constituindo assim o metro padrão.

Caminhando...

Nessa seção abordamos os conceitos de tempo e espaço na física, tendo como referência as áreas mais tradicionais das físicas clássicas e contemporânea. É importante ressaltar novamente que estamos longe de abordar completamente essas concepções dentro do conhecimento humano e também na física. Cabe ainda ressaltar que muitas das concepções de tempo e espaço da Grécia clássica e do período medieval que, em

muitos casos influenciaram a mecânica a partir dos trabalhos de Galileu, tiveram influência de concepções orientais vindas da Índia ou China, ou coincidem com concepções encontradas em outros povos como na América. No entanto, uma abordagem com essa amplitude nos desviaria e muito do nosso caminho.

Portanto, entendemos que as concepções discutidas e apresentadas nessa seção servirão muito bem para nossa organização de categorias que possibilitarão e indicarão os caminhos da abordagem que faremos no trabalho empírico que se segue no próximo capítulo.

4. PERFIS EPISTEMOLÓGICOS E A CULTURA

O estudo empírico que apresentamos nesse capítulo, no que se refere à coleta de dados, pode ser dividido em três partes: estudo sobre as categorias de análise e instrumento de coleta de dados realizados em Portugal, coleta de dados em sala de aula no Brasil e entrevistas semi-estruturadas também realizadas no Brasil.

A primeira fase foi realizada em sua maior parte em Portugal, mais especificamente em Lisboa, durante o estágio de doutoramento⁶⁶, com a orientação da professora Maria Eduarda Santos da Universidade de Lisboa e do Instituto Superior Dom Afonso III. Nessa fase, voltamos nossa atenção para a definição das categorias de análise, a partir do referencial bachelardiano, além da construção de instrumentos de coleta de dados. Utilizamos para isso os dados obtidos em nosso mestrado, Souza (2008), as contribuições da tese de doutoramento de Martins (2004), além da dissertação de mestrado de Santos (1989).

A segunda fase, já no Brasil, focalizou a aplicação de atividades sobre o tempo e o espaço em sala de aula, além de um pequeno questionário sobre práticas culturais. Essa atividade que objetivou um “mapeamento” geral das concepções de tempo e espaço, além das práticas que influenciam a formação cultural, ainda de forma bastante geral, também serviu de referência para as entrevistas que foram realizadas na sequência da pesquisa. Após as entrevistas, fizemos uma primeira análise das concepções dos alunos e organizamos o material que constituiu a primeira versão desse trabalho sendo submetida à avaliação no exame de qualificação.

Tendo o exame de qualificação como referência principal, com destaque para as contribuições da banca⁶⁷, fizemos alguns ajustes no instrumento de coleta de dados e seguimos para um novo momento dessa mesma fase, que se constituiu em novas aplicações da atividade em sala de aula, agora em outras turmas da mesma instituição e também em uma nova instituição, seguindo a mesma linha da fase anterior.

Portanto, nesse capítulo, apresentaremos a construção desse estudo empírico, além da análise dos resultados obtidos. Para isso, inicialmente dividiremos o capítulo em seções organizadas seguindo as fases que descrevemos anteriormente, deixando as análises com referência em Bachelard para o final.

⁶⁶ Durante o primeiro semestre de 2011, realizamos um estágio de doutoramento "sanduíche" com bolsa da Capes. A co-orientação foi feita pela professora Maria Eduarda Santos, pesquisadora da área de ensino de ciências pela Universidade de Lisboa e Instituto Dom Afonso III que se localiza na cidade de Loulé.

⁶⁷ Banca constituída pelos professores André F. P. Martins, Luis Carlos de Menezes e pelo orientador da pesquisa.

4.1 Categorias e instrumento de coleta de dados

Categorias epistemológicas e culturais

Nesta seção, apresentamos a construção das categorias epistemológicas e culturais para análise do estudo empírico, que foram baseadas na epistemologia de Gaston Bachelard e em elementos da história e filosofia da ciência. A seguir apresentamos um diagrama que ilustra esse processo:

Figura 3: Esquema da sistemática de construção das categorias epistemológicas

Essas categorias foram construídas tendo as cinco escolas filosóficas apresentadas por Bachelard na definição do perfil epistemológico do conceito de massa como referência⁶⁸. De forma análoga à construção do conceito de massa dentro do perfil epistemológico apresentada por Bachelard, construímos uma categorização para os conceitos de tempo e espaço, utilizando a noção de perfil epistemológico e as diferentes concepções de tempo e espaço que discutimos.⁶⁹

A primeira escola filosófica é o realismo ingênuo, que tem por característica construir o conceito a partir da observação primeira, ou seja, que tem nos sentidos, nas intuições, nas percepções, a sua principal referência. É aquilo que é dado e está à vista (Bachelard, 1978). Pensando no conceito de tempo, dentro dessa escola filosófica temos: a noção de passado, presente e futuro, a percepção de nascimento, vida e morte, observações da aparência de pessoas e objetos, além percepção psicológica da passagem do tempo como o prazer ou tédio. Com relação ao conceito de espaço, temos: a noção

⁶⁸ Ver capítulo 1

⁶⁹ Ver capítulo 4

de localização que é uma das primeiras intuições sobre o espaço, além da ideia de *lugar* que é outra associação de natureza perceptiva.

A segunda escola filosófica é o **empirismo**, caracterizado por uma concepção de mensuração, ou seja, de medida. Sobre o conceito de tempo, enquadram-se nessa categoria os instrumentos de medida como relógios, além dos calendários. No caso do conceito de espaço temos as réguas com suas variações, ou seja, fita métrica, trena, escalímetro, além de instrumentos de localização como o GPS, disponível até em aparelhos celulares, sendo um candidato a instrumento de "personificação" do espaço na vida das pessoas, assim como hoje o relógio é para o tempo.

No **racionalismo clássico**, o conceito de tempo insere-se dentro de um pensamento científico, ou seja, afasta-se um pouco mais da experiência primeira tomando uma forma mais racional, abstrata e matemática, dentro de um corpo de conhecimentos. Em relação a tempo e espaço consideramos as concepções newtonianas desses conceitos como algo absoluto, além das noções de homogeneidade e simetria, em relação ao tempo, e assimetria em relação ao espaço, abordados pelos princípios da conservação de energia e quantidade de movimento

O **surracionalismo** formado pelo racionalismo completo e discursivo marca o início do chamado novo espírito científico, em que a ciência avança em direção a um racionalismo que rompe com o racionalismo clássico. Bachelard (1996) indica o trabalho de Einstein como grande marco dessa transição. Portanto, nessa categoria temos as concepções de tempo e espaço da relatividade restrita e geral, sendo a velocidade da luz constante e espaço e tempo variáveis e formadores de uma dimensão contínua. Na mecânica quântica, outro trabalho relevante do novo espírito científico, encontramos uma tendência ainda maior para um novo tipo de racionalismo, com grande abstração matemática, que Bachelard chama de "racionalismo aplicado". Nesse contexto a medida do tempo é limitada pelo princípio da incerteza de Heisenberg, que afirma não ser possível determinar a energia de uma partícula em um instante definido, ou seja, tem-se uma incerteza temporal. Com relação à medida do espaço a dificuldade imposta pelo princípio da incerteza de Heisenberg, afirma não ser possível determinar simultaneamente a localização e o momento de uma partícula, ou seja, existe também uma incerteza espacial. Essa limitação estava relacionada diretamente à forma de medição das variáveis, sendo que o instrumento de medida interfere no resultado tornando-o probabilístico. A grande dificuldade em relação ao tempo é não se ter um operador de tempo análogo ao operador de posição.

A seguir apresentamos essas categorias epistemológicas dos conceitos de espaço e tempo, segundo a proposta Bachelardiana, na tabela abaixo:

TEMPO	ESPAÇO	ESCOLAS FILOSÓFICAS
Percepção visual e psicológica	Localização, posição, vazio, lugar, dimensão	Realismo ingênuo
Calendários e relógios	Teodolito, GPS, réguas, escalas, trenas, etc..	Empirismo
Matemático, absoluto, independente, simétrico		Racionalismo clássico
Matemático, relativo, dimensão: espaço-tempo		Racionalismo completo
Matemático, abstrato, indeterminado, construído, incerteza temporal ou posicional		Racionalismo discursivo

Tabela 3: Categorias para análise do conceito de tempo e espaço

Após a definição das categorias epistemológicas, apresentamos a nossa proposta de ***categorias culturais*** para identificar a presença de determinadas componentes culturais nas concepções de tempo e espaço dos alunos que participaram do estudo empírico. É importante salientar que não estamos buscando uma concepção de cultura, ou seja, nosso objetivo é construir categorias que identifiquem a componente cultural que se relaciona com as concepções de tempo e espaço, sendo um indicativo da relação entre epistemologia e cultura.

Utilizamos um primeiro olhar para caracterizar a componente cultural dos entrevistados. Estamos nos referindo a situações parecidas com a conduta da balança ou das aulas de física, química e matemática, apresentadas por Bachelard (1978), quando da análise do seu próprio perfil epistemológico. De forma análoga, a conduta do relógio foi identificada por Martins (2004) e retomada por Souza (2008), além da conduta do roçado identificada por Souza (2008). Sendo assim, as nossas aproximações seguem como uma extensão da experiência vivenciada no mestrado (Souza, 2008) e das relações que identificamos, e foram estabelecidas pelo próprio Bachelard (1978) na sua obra *A filosofia do não*, com destaque para a influência das condutas pessoais, portanto da cultura, sobre o “peso” dado para as escolas filosóficas. Nesse sentido, a relação entre epistemologia e cultura pode ser compreendida conforme o esquema a seguir:

Figura 4: Relação entre condutas e os conceitos de tempo e espaço

Um segundo olhar tem como referência a inserção ou não da ciência, com destaque para a física, na cultura, sob a óptica da transição de consciência proposta por Paulo Freire (2003b; 2006c). Tomando os termos e sentidos emprestados de Freire e buscando uma re-significação, a consciência intrasitiva está presente nas pessoas que ignoram a sua condição de vida e também a ciência, recorrendo a explicações mágicas ou religiosas de forma fundamentalista. A consciência transitivo-ingênua⁷⁰ tem na sua essência um início de tomada de consciência e as concepções de senso comum. De forma geral, é uma fase que em nossos dias a maioria dos estudantes "passa", sobretudo tendo suas concepções, pelo menos em tese, sendo contrastadas com as concepções científicas, dentro do ambiente escolar⁷¹.

A partir do nível de consciência transitivo-ingênua, em função de alguma intervenção, têm-se dois caminhos a seguir, ou seja, evolui-se para uma consciência transitivo-crítica ou, como afirma Freire, rebaixa-se para uma consciência fanatizada também chamada de massificação. Num processo de ascensão a consciência transitivo-crítica define aqueles que começam a utilizar conceitos científicos na solução de problemas e entendem a ciência como uma construção humana específica e como uma situação histórico-sócio-cultural definida. Por outro lado, a consciência fanatizada está relacionada à massificação tendo uma visão essencialmente utilitarista daquilo que é entendido ingenuamente como resultado direto da ciência, ou seja, o consumo de tecnologia.

Portanto, estabelecendo essa re-significação dos níveis de consciência, baseados em Paulo Freire, para entendermos de que forma a ciência está ou não na cultura do indivíduo, propomos o esquema a seguir:

⁷⁰ É uma fase de transição que em nossos dias a grande maioria dos estudantes pode ascender a partir das possibilidades de acesso a informações e conhecimento disponíveis nos dias atuais, além do contato obrigatório com o ambiente escolar.

⁷¹ É importante ressaltar que a escola deveria ser o ambiente que na sua essência provocaria esse contraste de concepções. Além de não podermos generalizar essa suposta primazia e eficiência do ambiente escolar, ainda que acreditemos ser o lugar propício para essa intervenção, existem outras possibilidades não formais de contato com concepções científicas que podem contribuir para um contraste de concepções de senso comum com as científicas. Esse confronto pode provocar uma evolução de consciência para um nível de criticidade e de apropriação da ciência. Por outro lado, quando não ocorre esse contraste e assimilação, pelos mais variados motivos podem ocorrer um "rebaixamento" para um nível de consciência massificada.

Figura 5: Física e cultura: níveis de consciência

Ressaltamos que a ausência da física na cultura será considerada como uma consciência intransitiva. No caso da massificação, pensamos no sujeito que chegou ao nível de consciência transutivo ingênua, porém não ascendeu a um nível de criticidade, apresentando um retrocesso que o coloca no mesmo patamar da intransitividade. Podemos, como exemplo, pensar no número de pessoas que passam pela escola tendo, em tese, a oportunidade de contato com a ciência, e ainda assim ignora e não trazem a ciência como parte integrante da cultura. É algo diferente de intransitividade, pois neste caso o indivíduo nunca teve a oportunidade de entrar em contato com a ciência.

Por outro lado, mas ainda pensando na relação entre cultura e epistemologia, a componente cultural e epistemológica também será estabelecida identificando as escolas filosóficas utilizadas por Bachelard na construção da noção de perfil epistemológico, com a concepção cultural que estamos utilizando. Portanto é possível fazer algumas aproximações, tendo como referência a própria figura do perfil epistemológico proposta por Bachelard. Sendo assim, apresentamos a seguir uma relação possível entre as escolas filosóficas que encontramos no perfil⁷² com os níveis de consciência:

⁷² São apenas exemplos de perfis. Não temos a pretensão de utilizar esse traçado nos entrevistados. Após a análise bachelardiana das entrevistas, na seção 4.5, esclareceremos melhor essa questão.

Realismo Ingênuo

Fig. 6 - Perfil - Consciência Intransitiva

Empirismo

Realismo Ingênuo

Figura 7 - Perfil - Massificação

Na figura 6 temos um exemplo de perfil de uma pessoa com o nível de consciência intransitiva, ou seja, não é possível identificar a presença da física em sua cultura e a região com maior peso é o realismo ingênuo, relacionado às suas interpretações da natureza centradas nas explicações dadas pela observação primeira, tendo influência de outras áreas da cultura. O empirismo ainda é como uma sombra⁷³ e está relacionado ao uso dos instrumentos de medida. Esse perfil pode ser identificado com as pessoas que não tiveram a oportunidade de entrar em contato com a física, de forma organizada, como área do conhecimento. No caso da figura 7 temos um perfil de alguém que se encontra no nível de consciência fanatizada, também chamado de massificação. Nesse caso a pessoa passou pelo processo de transição da consciência intransitiva para a transitivo-ingênuo, ou seja, teve a oportunidade de entrar em contato com a ciência, em especial a física, algo que representamos na figura como uma região racionalista que poderia existir, mas aparece com um "peso" negativo no perfil, pois a pessoa não ascendeu a um nível de criticidade, ficando em um nível utilitarista e, apesar de ter entrado em contato com a ciência, mantém um entendimento da natureza parecido com uma pessoa com consciência intransitiva. O empirismo é um pouco maior do que o perfil da figura 3, pois aqui já ocorrem transições de níveis.

A seguir apresentamos os perfis relacionados à consciência transitivo-ingênuo e transitivo-crítica.

⁷³ As áreas tracejadas são apenas uma região possível diante das concepções apresentadas, não existindo ainda no perfil

Fig. 8 - Perfil - Consciência transitivo-Ingênua

Fig. 9 - Perfil - Consciência transitivo-crítica

Os dois perfis referem-se a tipos de consciência que apresentam a física como parte da cultura. A figura 8 mostra um início de inserção da física na cultura representada na presença de regiões racionalistas, ainda que em potencial. Aqui o sujeito está contrastando concepções e superando obstáculos epistemológicos para evoluir no perfil. A partir desse ponto as concepções racionalistas que demonstram a presença da ciência na cultura passam a integrar o perfil, conforme a figura 9, ou podem "decair" para um nível de massificação. Nessa figura temos a presença de regiões racionalistas mais delineadas, ou seja, o racionalismo clássico e o surracionalismo, de forma consciente sendo um indicativo da presença da física como parte integrante da cultura do indivíduo. Destacamos que cada região do perfil pode apresentar uma espécie de estrutura fina (Martins, 2012), ou seja, não necessariamente preenchida por completo. A criticidade científica como uma forma consciente de ter a física inserida na sua cultura, é algo que se conquista num processo dialético de reflexão e superação dos obstáculos, ou seja, é a síntese transformante proposta por Bachelard.

Por fim, destacamos que o empirismo presente nesses níveis de consciência existe no sentido do uso dos instrumentos de medida, tendo relação com elementos culturais não científicos, algo que já apareceu nas figuras 6 e 7. Por outro lado, nas figuras 8 e 9, é um empirismo ativo na construção das teorias científicas. (Bachelard, 1978)

O instrumento de coleta de dados

Após a definição de categorias epistemológicas e culturais, ainda em Lisboa e sob a orientação da professora Maria Eduarda Santos, iniciamos os primeiros esboços de um instrumento de coleta de dados. A nossa intenção era construir um instrumento de coleta de dados para uma aplicação na sala de aula e em seguida, após a análise dessas atividades, fazer algumas entrevistas com alunos portugueses.

A construção desse instrumento de coleta de dados foi marcada por algumas dificuldades e dúvidas, ou seja, criar um questionário de múltipla escolha ou uma atividade dissertativa; incluir questões sobre cultura na perspectiva de identificar relações com os conceitos de tempo e espaço ou deixar essa opção para ser aprofundada na entrevista. No primeiro momento construímos um questionário de múltipla escolha baseado na proposta de Pinto & Zanetic (1999). Foi um trabalho difícil e demandou muito tempo e reflexões. A seguir apresentamos um trecho desse questionário:

ATIVIDADE 1 - CONCEITO DE TEMPO

Nas questões a seguir, escolha uma única afirmação que, a seu ver, mais se aproxima das **suas ideias sobre a definição de tempo**.

Leia o trecho a seguir da música “O tempo e o artista” do compositor brasileiro Chico Buarque:

“(...) Modelando o artista ao seu feitio. O tempo, com seu lápis impreciso, põe-lhe rugas ao redor da boca, como contrapesos de um sorriso (...)”

Na sua concepção isso:

- a) Corresponde à definição do conceito de tempo que é observada no envelhecimento dos seres vivos e no estado de conservação dos objetos.
- b) Corresponde a uma definição parcial do conceito de tempo dada pelo envelhecimento dos seres vivos e observação do estado de conservação dos objetos.
- c) Corresponde a uma definição de tempo subjetiva que necessita de complementação
- d) Não corresponde a definição de tempo, pois esse conceito necessita de outros parâmetros para sua definição

Essa questão tinha o objetivo de investigar a concepção de tempo no realismo ingênuo e identificar o “peso” dessa escola filosófica na concepção dos alunos através da escolha das alternativas. Seguindo essa lógica, construímos questões sobre todas as escolas filosóficas para os conceitos de tempo e espaço, além de situações que envolvessem aspectos culturais.

A nossa autocrítica foi sobre a validade das respostas, ou seja, a escolha de uma alternativa poderia não corresponder verdadeiramente à concepção dos alunos, pois eles poderiam interpretar como mais uma teste e não respondê-lo com seriedade. E ainda que fizessem isso com seriedade, às alternativas poderiam ser ambíguas ao ver desses alunos, pois, para uma leitura desatenta, algumas alternativas se parecem. No entanto,

esse problema poderia ser contornado na entrevista, em que a investigação seria mais profunda. Porém, a professora Maria Eduarda havia nos advertido sobre a dificuldade de conseguir uma entrevista com os alunos portugueses. Sobre a aplicação da atividade em sala de aula, ela acreditava que fosse possível, porém, o desdobramento para uma entrevista talvez fosse mais difícil. Pensando nisso, construímos ainda uma versão de atividade diferente do questionário, possibilitando ao aluno escrever sobre suas concepções de tempo e espaço. A seguir apresentamos um exemplo dessa atividade:

ATIVIDADE: O CONCEITO DE ESPAÇO

Comece por ler as seguintes afirmações sobre o conceito de espaço:

Afirmação A

O espaço é um conceito de algo real e palpável relacionado muitas vezes com a ideia de lugar. Quando se fala em espaço, logo vem à mente um lugar vazio que pode ser ocupado, porém tendo uma delimitação perceptível relacionada com a observação humana, ou seja, uma região.

Afirmação B

O espaço é um conceito real e concreto definido através de sua mensuração, ou seja, quando se utiliza instrumentos de medição como régua ou trena é possível definir o espaço, caracterizando-o através da área ou volume.

[...]

Ordene, indicando a letra da afirmação, as 5 afirmações pelo seu “grau” de concordância, ou seja, da que você mais concorda para a que você menos concorda. (maior concordância é a 1 e o menor grau de concordância é a 5)

Concordância 1: _____

Concordância 2: _____

Concordância 3: _____

Concordância 4: _____

Concordância 5: _____

Justifique a sua escolha da maior concordância e da menor concordância. (Utilize o verso para resposta)

Essa atividade trazia afirmações sobre o tempo e o espaço, tendo como referência as cinco escolas filosóficas propostas por Bachelard. Conforme as orientações da professora Maria Eduarda, tínhamos que adequar a linguagem ao português de Portugal, pois os diretores das escolas, possivelmente, fariam a leitura e pediriam essa adequação. Além disso, o momento das provas no ano letivo se aproximava e o tempo de execução das atividades, que envolvia a leitura e justificativa, segundo o olhar da professora Maria Eduarda, poderia ser visto como muito longo pelos diretores, impossibilitando a aplicação em sala.

Pensamos em outra atividade para ser apresentada em sala de aula que resolvesse os problemas detectados nas atividades anteriores. Para isso, desenvolvemos uma versão que trazia estímulos para os alunos refletirem sobre os conceitos de tempo e espaço, com mais "possibilidade" para apresentarem as suas concepções. Ao invés de afirmações sobre o tempo e o espaço, colocamos palavras para serem escolhidas e justificadas, possibilitando aos alunos escolherem outras que não apareciam nas

sugestões. Essas palavras foram referenciadas nas que encontramos na nossa pesquisa de mestrado (Souza, 2008) e também na tese de doutoramento de Martins (2004). Além disso, inserimos também um poema e uma letra de música sobre o tempo e o espaço⁷⁴, com o objetivo de estimular a reflexão dos alunos sobre essas concepções, fazendo duas perguntas: A primeira sobre a relação dos conceitos de tempo e espaço na física com os conceitos de tempo e espaço apresentados nos textos (letra da música e poema); a segunda pergunta era direta, ou seja, indagava os alunos sobre o que era o tempo e o espaço na visão própria de cada um. No final acrescentamos um questionário com perguntas sobre as "práticas culturais", ou seja, questões sobre preferências de leitura, programas de televisão, uso da internet, atividade profissional, além de atividades mais frequentes realizadas fora do ambiente escolar. Esse questionário objetivava o entendimento, ainda que de forma bem geral, das principais influências culturais sobre a formação cultural do indivíduo. No Apêndice C apresentamos essa versão na íntegra.

Retomando a nossa narrativa da experiência em Portugal, vale destacar que visitamos quatro escolas em Lisboa, com uma carta de apresentação fornecida pela professora Maria Eduarda (Apêndice D). Das quatro escolas, apenas uma nos recebeu e tivemos a oportunidade de conversar com o diretor. Apesar de extremamente educado, principalmente depois de ler a declaração da professora, pediu uma cópia da atividade que aplicaríamos e o nosso e-mail, dizendo que nos enviaria uma mensagem para marcarmos a aplicação, além disso, deixei também o meu telefone lá de Portugal. A mensagem e o telefonema nunca aconteceram. Ainda tentamos essa aplicação por meio da Universidade de Lisboa e do Instituto Dom Afonso IV, porém também essa via fracassou. Tentamos ainda testar em estudantes portugueses por outras vias, ou seja, através das pessoas que conhecemos lá e que tinham filhos ou conhecidos na fase escolar. Mas nunca obtivemos um retorno.

Após esgotarmos as possibilidades deixamos a aplicação em Portugal de lado e concentramos nossos estudos na epistemologia de Bachelard, nos conceitos de tempo e espaço, além da cultura. Porém, apesar do estudo empírico ser realizado somente no Brasil, a versão da atividade construída com a professora Maria Eduarda - Apêndice C - foi utilizada nas aplicações que fizemos *antes do exame de qualificação*. Depois do exame, fizemos algumas alterações na atividade em função dos resultados⁷⁵.

⁷⁴ O poema Tempo e Espaço do poeta português pouco conhecido, pelo menos no Brasil, Angelino Santos Silva. A música é Tempo e Espaço do biólogo e compositor Paulo Vanzolini.

⁷⁵ Após a apresentação e análise dos resultados retomaremos com mais detalhes esse ponto

Diminuímos a escolha de palavras das atividades 1 e 2 que nessa nova versão pede a escolha de duas palavras apenas (a atividade anterior pedia 5 palavras ordenadas em grau de concordância), ou seja, a que mais se aproxima do conceito de tempo (atividade 1) ou espaço (atividade 2) do aluno; e a que menos se aproxima desses conceitos na visão do aluno. A justificativa continuava sendo pedida como na versão anterior à qualificação.

Essa alteração foi motivada, após uma análise dos dados, por percebermos que não fazia sentido pedir 5 palavras em graus de concordância, sendo que três delas ficavam sem justificativa e não conseguíamos analisá-las.

Na atividade 3 também fizemos alterações para essa versão aplicada após a qualificação. Deixamos de fazer perguntas diretas, principalmente sobre a relação do tempo e o espaço na física com os textos apresentados, pois, de forma geral, os alunos não responderam, ou responderam com apenas um "sim" ou "não" e as vezes um "não sei". A segunda pergunta que diretamente indagava-os sobre os conceitos de tempo e espaço foi respondida, mas também de forma sintética. Portanto, decidimos, após a qualificação, fazer algumas alterações nas atividades. Sendo assim, no Apêndice E apresentamos essa nova versão.

Portanto, a aplicação de atividades no estudo empírico foi realizada com os instrumentos definidos na tabela a seguir:

Fase	Apêndice
Antes da qualificação	C
Depois da qualificação	E

Tabela 04: Instrumentos de coleta de dados.

Cabe ressaltar que, apesar das pequenas alterações, as atividades pouco diferiram, mas a nossa análise seguirá o instrumento de coleta de dados, ou seja, agruparemos os dados dos grupos pesquisados antes da qualificação (Grupo M1), com a atividade e questionário apresentados apêndice C, e depois da qualificação (Grupo M2), com atividade e questionários apresentados no apêndice E.

4.2 Obtenção de dados e caracterização

As Instituições

O estudo empírico antes da qualificação foi realizado no Colégio Integrado de Guarulhos (CIG) e no Centro Universitário Metropolitano de São Paulo (FIG-UNIMESP), localizados em Guarulhos, cidade da Grande São Paulo.

A instituição já atua na cidade há aproximadamente 30 anos e teve um papel pioneiro na região. Chegou a contar com mais de 1000 alunos na educação básica, por volta dos anos de 1990 até 2000. No ensino superior, inicialmente, oferecia cursos de Direito, Educação Física, Contabilidade e Administração. Porém o seu crescimento, que acompanhou o do colégio, elevou-a para a condição de um Centro Universitário com cursos em diversas áreas. Em 2003 fundou o Instituto Superior de Educação que é composto pelos cursos: Matemática (Licenciatura e Bacharelado), Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado), Pedagogia, História, Geografia e Educação Artística. Chegou até a oferecer o curso de Física, porém nenhuma turma foi montada. Mais recentemente ofereceu também curso de Sistemas de Informação, além de manter os seus cursos mais tradicionais. Por volta de 2005 chegou a ter um total de 5000 alunos.

As instalações, que são as mesmas para a atuação nos diferentes segmentos (Educação básica e Educação Superior), são bem equipadas e espaçosas. Conta com duas piscinas, três quadras, um ginásio poliesportivo, dois anfiteatros, laboratórios de informática e de ciências, ampla biblioteca, salas de aula com auxílio do departamento audiovisual, salas adaptadas para o curso de Educação Artística, brinquedoteca, lanchonetes, restaurantes e amplo estacionamento.

Porém, nos últimos 5 anos essa instituição, nos dois níveis de atuação, tem sofrido com problemas de administração e, com o crescimento de outras instituições na região, tem muitos cursos já à beira da extinção, como os de Matemática, Ciências Biológicas, História e Geografia. O próprio colégio, que nos tempos áureos tinha mais de 1000 alunos, hoje não tem 150 no total.

O nosso trabalho nessa instituição iniciou-se em 2001, atuando na educação básica, lecionando física para o ensino médio e, nos anos seguintes, também matemática para o ensino fundamental. No ensino superior a nossa atuação teve início em 2002 no curso de Pedagogia, lecionando didática da matemática. Nos anos seguintes passamos a lecionar Natureza e Sociedade, Metodologia das Ciências Naturais, no curso de Pedagogia; História da Ciência e Fundamentos da Física, no curso de Ciências Biológicas e Fundamentos da Física no curso de Matemática. Estivemos em sala de aula até 2010, quando nos afastamos para o Estágio de doutoramento em Portugal com Bolsa da Capes. Em 2012 nos desligamos da instituição.

Após a qualificação incluímos no estudo empírico o Colégio Parthenon de Guarulhos. É uma instituição privada que atua no ensino infantil, fundamental e médio há 35 anos. Tem uma estrutura muito bem organizada dividida em 4 unidades sendo

duas destinadas à educação infantil e duas ao ensino fundamental e médio. Possui uma instalação ampla com laboratórios e bibliotecas, acesso à internet em todos os ambientes, salas de aula equipadas com data-show ou televisões de LCD de grande tamanho. Tem por característica manter turmas de no máximo 30 alunos por sala no ensino médio e 9º ano do ensino fundamental. As demais turmas ficam com uma média de 20 alunos por sala ou menos. É reconhecida como uma escola de alto padrão para a realidade da cidade, tendo um total de 1800 alunos aproximadamente.

Dentro do planejamento pedagógico, a instituição oferece aos alunos reforço em horários diferentes dos de aula, além de uma série de atividades extracurriculares muito comuns nas escolas atualmente. No entanto, possui uma particularidade destinada ao ensino médio que é a participação em projetos de ensino específicos organizados pelo corpo docente. Nessa atividade os alunos são obrigados a obter créditos em projetos que se somam com a participação presencial e realização de avaliações. Esses projetos são alternativos e variam de tema desde metodologia do trabalho científico, passando por atividades práticas e lúdicas como a construção de experimentos de ciência com material de baixo custo, até relação entre literatura e ciência ou matemática e sociedade.

A nossa relação com essa instituição iniciou-se em 2011 quando retornamos do estágio de doutoramento em Portugal. Desde então atuamos no ensino fundamental, em específico nos 9º anos, e no ensino médio nos 1º e 2º anos. No quadro de professores de física a instituição conta com três, todos com formação em física. Um deles, o de maior tempo de trabalho na instituição, cerca de 13 anos, tem graduação em física pela UERJ, um mestrado não concluído no ITA e larga experiência em cursinhos pré-vestibulares. Um segundo professor com 10 anos de trabalho na instituição e com doutorado em ensino de ciências pela FEUSP, além de um terceiro professor de física, com 2 anos de trabalho nessa instituição (o autor da tese) com mestrado em ensino de física pela USP. A escola tem um bom ambiente de trabalho e os alunos são respeitosos e, de forma geral, comprometidos. No entanto, como muitas escolas da atualidade, a preocupação com o Enem e os vestibulares, a cada ano, tem tomado conta dos direcionamentos do planejamento pedagógico, numa fórmula que tenta conciliar as teorias pedagógicas de ensino e a demanda de conteúdos dos principais vestibulares.

Por outro lado, cabe ressaltar que nesse momento após o exame de qualificação, ainda aplicamos a atividade de sala em uma turma da pedagogia da instituição anterior. Sendo assim, o nosso estudo empírico foi realizado em duas instituições privadas de ensino da cidade de Guarulhos.

As atividades e seus participantes

Na etapa anterior à qualificação, nos meses de setembro, outubro e novembro de 2011, fizemos algumas aplicações da atividade que está no Apêndice C, em uma turma do Colégio Integrado e em turmas de três cursos da Faculdade Integrada de Guarulhos (Instituição I1). Após a qualificação fizemos novas aplicações no Colégio Parthenon (Instituição I2) que estão no Apêndice E.

Essas atividades tiveram diferentes objetivos que estão relacionados entre si. A seguir os descrevemos:

1. Compreender a relação entre Epistemologia e Cultura através da influência da cultura nas concepções de tempo e espaço
2. Acessar as concepções de tempo e espaço para compor um possível perfil epistemológico.
3. Testar a nossa metodologia de coleta de dados.

Os itens 2 e 3 estão relacionados com nosso próprio referencial, pois Bachelard, em sua obra *A filosofia do não*, não esclarece como ele construiu o seu perfil epistemológico do conceito de massa. Portanto, o primeiro desafio está em definir a metodologia que será utilizada. No entanto não partimos do "zero", pois, como já dissemos, tomamos como referência a experiência do mestrado e também o doutorado de Martins (2004).

O item 1, que é o nosso principal objetivo, tem uma dificuldade implícita, pois queremos compreender os conceitos de tempo e espaço dos alunos, porém não estamos buscando o conceito de cultura desses alunos, e sim a relação da cultura em que eles se situam com as concepções de tempo e espaço. Portanto, cabe a pergunta: Como identificar os diferentes "aspectos" que estão inseridos e compõem a cultura dos alunos? Essa atividade não responderá essa questão, mas pode nos fornecer uma visão geral de indícios culturais. Procuraremos uma resposta, um pouco mais sólida, para essa pergunta na sequência da pesquisa, sobretudo nas entrevistas. Sendo assim, organizamos essa fase conforme a tabela a seguir:

FASES	DESCRIÇÃO
1	Apresentação da proposta para a instituição
2	Definição das turmas e aplicação da atividade de sala
3	Entrevistas com alunos selecionados

Tabela 05: Fases da Pesquisa Piloto

A aplicação na instituição I1 foi facilitada pelo nosso contato com a instituição, pois como trabalhamos por aproximadamente 10 anos nesse lugar conhecíamos os diretores

e coordenadores o que facilitou a obtenção da autorização para pesquisa. O contato com o professor responsável também foi fácil, pois já havíamos trabalhado juntos em anos anteriores nessa mesma instituição. Ele atua há 8 anos nessa instituição, e na área de educação tem quase 10 anos de trabalho, tendo atuado também na indústria. A tabela a seguir fornece uma visão geral das disciplinas que estão sob a responsabilidade desse docente:

NIVEL	DISCIPLINA	CURSO
Fundamental	Matemática	Formação Básica
Médio	Matemática e Física	
Superior	Metodologia de ensino da Matemática Fundamentos da Matemática	Pedagogia
	Matemática Básica Física 1, 2, 3 e 4 Metodologia do Ensino da Matemática	Matemática
	Fundamentos da Matemática	Biologia

Tabela 06: Disciplinas

Sua formação profissional é de técnico em eletrônica, Licenciado em Matemática com habilitação em Física. Possui uma pós-graduação Lato Sensu em Engenharia Mecatrônica e cursos de especialização em ensino de física realizados na USP e na PUC. Em conjunto com esse professor, após uma explicação dos objetivos da pesquisa, definimos os critérios de escolha das turmas para aplicação das atividades. O primeiro critério geral foi que as turmas seriam, obviamente, as que estivessem sob sua responsabilidade. A tabela a seguir mostra as turmas escolhidas e outros critérios utilizados.

NIVEL	TURMA	CRITÉRIO	CURSO
Médio	3º ano	- Estudaram toda a mecânica, óptica, termodinâmica e eletromagnetismo	Básico
Superior	7º semestre	- Formação básica em ciências - Conteúdo Básico de Ciências Naturais concluído. - Professores de educação Básica	Pedagogia
	6º semestre	- Formação básica em ciências - Conteúdo de História da Física e Matemática e Física (1, 2,3,4) concluído, além de Física contemporânea (Quântica e Relatividade). - Professores de ensino médio	Matemática
	6º semestre	- Formação básica em ciências - Conteúdo de História da Ciência e Fundamentos da Física e Biofísica concluídos. - Atuações profissionais diversas	Biologia

Tabela 07: Turmas escolhidas - critérios

Como é possível perceber pela tabela anterior, são turmas muito diversificadas na faixa etária e na realidade de vida, pois como podemos apurar junto à instituição, além da nossa vivência e a do professor que nos acompanhou, as turmas do colégio têm famílias economicamente mais privilegiadas, em contraste com os alunos da faculdade que, na sua maioria, são oriundos das escolas públicas. Ou seja, buscamos um pouco de heterogeneidade nos participantes. Também buscamos turmas mais finais, pois, além de já possuírem a formação de ensino médio, podem estar mais "impregnados" da formação cultural oferecida pela instituição nos seus respectivos cursos.

Por outro lado, em tese, todos os participantes tiveram física em algum momento na sua formação. Os alunos do ensino médio já estavam concluindo magnetismo, ou seja, já haviam estudado a mecânica, óptica e termodinâmica. Os alunos da faculdade, além da formação básica, também tiveram em sua formação de nível médio e acadêmica conceitos de física e de outras ciências.

Quanto à atividade aplicada em sala, também teve o objetivo de sensibilizar os alunos quanto ao tema, além de fornecer dados para selecionar alunos para a entrevista. Apresentamos, a seguir, uma visualização do seu planejamento.

PARTE	TIPO	OBJETIVO
Geral	Apresentação	Esclarecimentos sobre a pesquisa
1	Escolha de palavras e justificativa	Concepções de tempo e espaço
2	Leitura de texto e questões	
3	Questionário de múltipla escolha	Conhecer a cultura

Tabela 08: Sequência Metodológica

É importante ressaltar que a atividade foi aplicada pelo professor responsável que seguiu o combinado, fazendo a aplicação em seu horário de aula, segundo o seu relato e de alunos que entrevistamos, pois não foi possível filmar a atividade. O professor fez a leitura da apresentação e teceu esclarecimentos sobre a pesquisa. Cada atividade foi lida, a música do Paulo Vanzolini foi tocada, assim como o poema lido, deixando um espaço, na sequência, para comentários espontâneos. Em seguida os alunos realizaram as atividades pedidas.

No Colégio Parthenon, que de agora em diante chamaremos de I2, também não tivemos dificuldade para a aplicação da atividade, que nesse caso ocorreu em agosto de 2012, após o nosso exame de qualificação. A seleção das turmas seguiu um critério parecido com o anterior, ou seja, eram turmas de outro professor e já tinham sido iniciados em física. Como um dos professores estava com o calendário "apertado", não foi possível aplicar no 3º ano do ensino médio, ou seja, as atividades foram aplicadas

em uma sala do 1º e outra do 2º ano do ensino médio. O professor das turmas foi quem aplicou a atividade. É importante lembrar que nesse mesmo período também aplicamos a atividade em outra turma da pedagogia da instituição I1, nos mesmos moldes citados anteriormente, que também foi aplicado pelo professor da disciplina⁷⁶.

NÍVEL	TURMA	CRITÉRIO	CURSO	INSTITUIÇÃO
Médio	1º ano	- Estudaram conceitualmente a física no 9º ano - Já haviam estudado, novamente, os conceitos básicos da física clássica, em especial a cinemática.	Ensino Médio	2
Médio	2º anos	- Já haviam estudado toda a mecânica, óptica geométrica e óptica física, termodinâmica e ondulatória		2
Superior	7º sem.	- Ensino Médio concluído - Conteúdo Básico de Natureza e Sociedade e Ciências Naturais concluído. - Professores de educação Básica	Pedagogia	1

Tabela 09: Turmas após o Exame de Qualificação

Voltando agora o nosso olhar para os todos os alunos que participaram das atividades de sala, nas duas instituições, a tabela a seguir fornece um panorama geral da pesquisa.

CURSO	NºALUNOS	FAIXA ETÁRIA(anos)	MÉDIA IDADE(anos)	SEXO	
				MASC.	FEM
1ºMédio	30	14 - 16	15,0	13	17
2ºMédio	25	15 - 18	16,1	11	14
3º Médio	9	16 - 17	16,8	3	6
Pedagogia	50	21 - 45	36,6	3	47
Matemática	23	19 - 50	27,1	11	12
Biologia	13	18 - 25	21,4	2	11
TOTAL	150	14 - 50	22,2	43	107

Tabela 10: Perfil dos Participantes do Estudo Empírico

Os alunos do 3º ensino médio e dos cursos de Pedagogia, Matemática e Biologia são do Colégio Integrado e da Faculdade Integrada de Guarulhos, ou seja, da instituição 1(I1). Os alunos dos 1º e 2º anos do ensino médio são do colégio Parthenon, ou seja, da instituição 2 (I2). A tabela anterior nos permite fazer alguns desdobramentos que caracterizam os participantes. A maior parte dos participantes é do sexo feminino, ou seja, 107 alunas (71%) participaram da pesquisa. Em relação ao nível de ensino, a maior parte é de nível superior, conforme a tabela a seguir:

⁷⁶ O mesmo professor que aplicou a atividade antes do exame de qualificação

NÍVEL	Nº ALUNOS	%
MÉDIO	64	43
SUPERIOR	86	57
TOTAL	150	100

Tabela 11: Distribuição dos Níveis de Ensino

Apresentamos com mais precisão a faixa etária dos participantes, conforme o anexo A. Apesar de as idades variarem de 14 até 50 anos a distribuição dos participantes não é homogênea, ou seja, temos uma maior concentração em uma determinada faixa etária. Na tabela a seguir apresentamos um resumo da distribuição dos alunos pelas faixas etárias:

IDADE	Nº ALUNOS	%
16 - 30	129	86
31 - 50	17	11
s/idade*	04	3
TOTAL	150	100

Tabela 12: Faixa etária⁷⁷

Por outro lado, a atividade de sala possuía um questionário final que nos possibilita obter uma visão geral sobre a área de atuação profissional dos alunos. O anexo B mostra, por curso e área de atuação, os cargos que os alunos ocupavam na época da aplicação da atividade de sala. A tabela a seguir nos mostra um resumo da distribuição por área de atuação, desconsiderando os 64 alunos do ensino médio e 2 alunos do curso de biologia que são apenas estudantes, focalizando a atenção para as atividades profissionais além dos estudos.

ÁREA DE ATUAÇÃO	Nº ALUNOS	%
Educação	56	65
Comércio	12	14
Serviços	12	14
Indústria	3	3,5
Saúde	3	3,5
TOTAL	88	100

Tabela 13: Distribuição - Área de Atuação⁷⁸

Pensando nos 64 alunos do ensino médio e em 2 do curso de biologia, totalizando 66 alunos que só estudam, em relação ao montante de 150 alunos, eles representam 44% do total, ou seja, a tabela anterior aplica-se a 56% dos participantes. Percebemos que a grande maioria atua na área de educação, algo característico dos cursos, principalmente, de Matemática e Pedagogia, e também ao fato de serem turmas concluintes, em que é

⁷⁷ * Alunos que não preencheram o campo idade na ficha. São alunas da Pedagogia. Ver anexo A.

⁷⁸ Essa tabela foi construída com base no anexo B.

comum já estarem lecionando. Outra questão que nos chamou a atenção é a atuação de boa parte dos participantes nas áreas de serviço e comércio. Parece-nos que reflete um pouco a situação social do país e a migração da mão de obra da indústria para área de comércio e serviços.

4.3 Atividades de sala de aula: análise e discussão

Nesta seção faremos uma análise das atividades de sala de aula. É importante ressaltarmos que todos os alunos fizeram as atividades no tempo de 1 aula, ou seja, 50 minutos. Portanto, a produção escrita dessas atividades foi construída nesse tempo e na sala de aula, sem qualquer consulta a nenhum material específico. Traçaremos um olhar sobre todas as turmas, tendo as atividades como referência. Como o instrumento sofreu alteração, ainda que pequena, após o nosso exame de qualificação, dividiremos a nossa análise pelo instrumento de coleta de dados. Isso significa que a análise inicial dos dados é dividida em momento 1 (M1), antes da qualificação e momento 2 (M2) depois da qualificação(M2). Portanto, os grupos são separados da seguinte forma:

GRUPO	TURMAS	CURSO	NÍVEL	INSTITUIÇÃO	INTRUMENTO
M1	3ºAno	Ensino Médio	Básico	1	Apêndice C
	5º Semestre	Biologia	Superior		
	6º Semestre	Matemática			
	7º Semestre	Pedagogia			
M2	1ºAno	Ensino Médio	Básico	2	Apêndice E
	2º Ano				
	7º Semestre	Pedagogia	Superior	1	

Tabela 14: Divisão dos Participantes - Análise

Examinamos e discutimos os dados, partindo de um olhar mais geral em direção a concepções mais específicas. A análise a partir dos referenciais bachelardianos será apresentada na seção 4.5. Dividimos a análise em 2 blocos: (1) conceitos de tempo e espaço; (2) Práticas culturais. Além disso, apresentamos um resumo das concepções de tempo e espaço.

Bloco 1: Conceito de tempo e espaço

Conceito de tempo

Iniciamos a análise das concepções de tempo, partindo do grupo M1 (Atividade no apêndice C) e em seguida o grupo M2 (atividade no apêndice E). Na tabela a seguir, apresentamos as escolhas de maior concordância feitas pelas turmas do grupo M1.

PALAVRA	ESCOLHAS									
	3ºEM	%	MAT	%	BIO	%	PED	%	TOT.	%
FUTURO	0	0	2	9	1	7	3	10	6	8
ENVELHECIMENTO	1	11	2	9	3	23	5	17	11	15
ABSTRATO	1	11	1	4	0	0	1	4	3	4
PRESENTE	0	0	1	4	1	8	3	10	5	7
FLUXO	0	0	1	4	0	0	1	4	2	3
RELÓGIO	3	34	9	40	3	23	4	14	19	25
LINEAR	0	0	2	10	0	0	0	0	2	3
CLIMA	0	0	1	4	0	0	0	0	1	1
CÍCLICO	0	0	1	4	0	0	1	4	2	3
ABSOLUTO	0	0	1	4	0	0	0	0	1	1
PASSADO	0	0	1	4	1	8	7	23	9	12
PERCEPÇÃO	1	11	1	4	1	8	2	7	5	7
INDETERMINADO	1	11	0	0	1	8	0	0	2	3
VARIÁVEL	1	11	0	0	0	0	0	0	1	1
RELATIVO	1	11	0	0	2	15	2	7	5	7
TOTAL	9	100	23	100	13	100	29	100	74	100

Tabela 15: Palavras de Maior concordância

Ao examinarmos a tabela anterior, com um olhar mais geral, observa-se que as palavras com maior ocorrência foram: *relógio*, *envelhecimento* e *passado*. A mais escolhida foi a palavra *relógio* que também, ao olharmos para as turmas, mantém o maior número de escolhas com certa homogeneidade, com exceção da turma de pedagogia, em que a palavra *passado* e *envelhecimento* foram mais escolhidas.

A palavra *relógio* ser a mais escolhida não é nenhuma surpresa, pois, como discutimos no capítulo 3 sobre o conceito de tempo, o relógio é um forte símbolo da civilização moderna e contemporânea. Pensando na história desse instrumento, a partir das necessidades geradas com a organização das cidades, até os tempos modernos, a sua utilização e importância ultrapassou o nível de instrumento de luxo e supérfluo, para algo necessário e popular. A nossa organização social, salvo raras exceções, está governada pela figura do relógio. Desde a infância somos iniciados em uma rotina quase invariável de um lugar para o outro, em que o relógio é o instrumento que "define" a organização da nossa vida. Hoje a presença desse instrumento ocorre nas mais diferentes formas em nossa cultura "recheada" de tecnologia. Em qualquer instrumento de nossa casa, desde os computadores até os microondas e geladeiras, temos a presença do relógio que pode, de certa forma, ter perdido a sua presença como um instrumento único, mas se multiplicou na diversidade de instrumentos presentes em nossa cultura.

Analisando as justificativas dadas pelos alunos⁷⁹, podemos perceber melhor a "representação" do relógio como uma "materialização" do conceito de tempo.

O tempo é contado no relógio nos últimos tempos, o ponteiro sinaliza os 60 segundos, os 60 minutos e as 12 horas. (Aluna LP 3ªEM)

A concordância da palavra 1 escolhi relógio porque vivemos em sintonia com o tempo, sempre ou quase sempre temos um tempo para desenvolver uma atividade pessoal ou profissional e ela está atrelada ao relógio. Também porque ele sempre está contra o tempo que preciso para fazer os objetivos que tenho. (Aluna CJ - Matemática)

O relógio é porque desde cedo utilizo para despertar e saber o horário para levantar e também para almoçar e a todo momento estou olhando porque quando se fica muito tempo em um local fechado como a sala do meu trabalho não se tem como relacionar a hora com nenhum outro instrumento de medição ou percepção. (Aluno FC - Matemática)

Escolhi a palavra relógio porque sempre que penso em tempo relaciono com marcação de hora. (Aluna Kl - Biologia)

Porque nos dias de hoje estamos muito presos a ele, e o que determina nosso tempo. (Aluna CA - Pedagogia)

Pelas justificativas a "presença" do relógio na vida dos participantes, nos diferentes níveis de escolaridade, nas diferentes faixas etárias e nas diferentes condições sociais e econômicas, que estão no entorno das turmas pesquisadas, é intensa, ou seja, algo impregnado culturalmente. Os alunos manifestam e expressam o seu conceito de tempo através da forma de mensuração ou marcação simbolizada pelo relógio. Também fica claro em quase todos os contextos que o relógio também é algo opressor, ou seja, se observarmos as justificativas de CA, FC e CJ, o relógio é relacionado a um "ser" que aprisiona e controla a vida das pessoas. Como afirma CJ ele sempre está contra os nossos objetivos. Aliás, em específico na turma de matemática, percebemos muitas justificativas que relacionam o relógio a um instrumento de pressão diária relacionada à atividade profissional. Como esse grupo é formado na maioria por professores, com grande carga de aulas em diferentes escolas, as vezes em 3 turnos, é possível pensar, ainda por hipótese, que o relógio seja concebido como um "chefe" que está constantemente nos cobrando e avisando que os pequenos ciclos se encerram a cada momento.

Ainda sobre o conceito de tempo na questão 2 da atividade 3 voltamos a perguntar qual a concepção de tempo e as respostas dos alunos que citamos anteriormente se mantiveram relacionadas ao relógio, porém foram um pouco "ampliadas".

⁷⁹ Foram utilizadas justificativas de diversos alunos fazendo uma "análise mais horizontal". Nas entrevistas, que não são com todos esses alunos citados na atividade de sala, em função de disponibilidade e vontade de participar, aprofundamos muitas dessas concepções.

Tempo é a quantidade de horas, dias, meses, anos em que se passa algo.
(Aluna LP - 3ªEM)

Tempo: É o que passamos nos periodos de horas, dias, meses, anos e assim sucessivamente. (Aluna CJ-Matemática)

O conceito de tempo está relacionado com a distância percorrida, velocidade e altura e comprimento. (Aluno FC- Matemática)

Tempo para mim é marcado em horas, minutos e segundos, sendo constantemente passado, presente e futuro. (Aluna KI - Biologia)

O tempo para mim é o tempo do relógio, o tempo de vida, o tempo biológico, é o tempo exato de cada coisa acontecer. (Aluna CA- Pedagogia)

Nessas definições os alunos de forma geral se mantiveram na concepção de tempo relacionado com o relógio. No entanto, com exceção de FC, as definições foram ampliadas com a incorporação de uma concepção de tempo linear, ou seja, algo que tem uma direção específica, *passado, presente e futuro*, ou o *tempo biológico*, que intrinsecamente tem essa característica. A concepção do aluno FC, constituiu-se em uma exceção, pois, sendo do curso de matemática e de uma série final, as respostas trouxeram, ainda que de forma básica, grandezas físicas e matemáticas.

Passando à segunda palavra com maior número de escolhas, ou seja, **envelhecimento**, já vimos na análise anterior, que mesmo os alunos que escolheram em primeiro lugar a palavra *relógio*, já manifestam a presença dessa "outra" concepção nas suas definições na atividade 3. No entanto, um olhar geral sobre a tabela de escolha de palavras apresentadas anteriormente, nos indica uma distribuição não homogênea dessa concepção, algo que não ocorre com a palavra *relógio*. No caso da palavra envelhecimento a turma de pedagogia tem grande contribuição, sendo o curso em que essa escolha mais ocorreu. Vejamos algumas justificativas de alunos de todas as turmas.

[...] Quanto mais o tempo passa as coisas vão perdendo a graça, e vão ficando mais velhas, pessoas, objetos tudo a sua volta. (Aluna KM - 3ªEM)

A palavra fica explicita em seu significado onde demarca que o tempo passa e o que era jovem agora envelheceu. (Aluna PRI - Matemática)

Com o passar do tempo as pessoas vão envelhecendo e demonstrando os sinais na pele de envelhecimento. Também demonstra que as pessoas vão ficando mais maduras, e experiência na vida. (Aluna AC- Biologia)

Envelhecimento - conforme o tempo passa tudo envelhece e isso é a marca de que tudo muda com o tempo. (Aluna JT - Pedagogia)

Nos dias de hoje, a nossa percepção sobre o tempo é cada vez mais assustadora pois a vida passa de uma tal maneira que nem percebemos e quando vimos já estamos ficando velhos, onde tudo acontece em nossa vida e só resta a lembrança.
(Aluna MH -Pedagogia)

Nessas justificativas é possível perceber que o *envelhecimento* é visto pelos alunos como algo que marca ou demarca o tempo. As alunas PRI, AC e JT utilizam essa ideia

para justificar a relação de envelhecimento com o tempo. É algo que pode ser percebido claramente através dos sentidos, em especial o da visão. É um indicativo de que "alguma coisa" na "natureza da vida" acontece e fica materializada na aparência. A aluna AC expressa essa ideia ao citar os sinais da pele. Outra ideia que está presente nesses contextos é a da passagem, ou seja, os alunos utilizam a palavra "passa" para se referirem ao tempo. Parece-nos algo no sentido de um fluxo que é uma noção comum, pensando em "coisas" visíveis, como os fluidos. Lembra-nos bastante da metáfora do tempo como um "rio que passa", tendo uma direção definida do passado para o futuro, da juventude para a velhice.

É importante comentar a justificativa da aluna do 3ºEM. Embora não temos condições de, somente por esse contexto, fazer afirmações sobre concepções preconceituosas da velhice, a aluna, que é a mais nova dentre as que citamos, refere-se ao caminho na direção da velhice, como de pouca alegria (vão perdendo a graça). Sem dúvida a velhice tem seus problemas, ainda mais na nossa cultura em que apenas o novo serve, e velho é sempre obsoleto e ultrapassado, seja um ser vivo ou objeto. No entanto, existem coisas boas como a maturidade, por exemplo, a experiência, algo presente no texto da aluna AC.

Tomando a aluna MH, que termina a sua justificativa com a palavra *lembrança*, como referência para a continuidade da análise, essa ideia aparece nas concepções de tempo que levaram a maioria dos alunos da pedagogia a escolherem a palavra **passado** como a mais citada na turma e a terceira palavra na escolha geral. A seguir apresentamos algumas justificativas.

Acredito que é mais fácil perceber que houve a passagem do tempo levando em conta o que já passou. Você lembra de algo que aconteceu num momento anterior ao que está vivendo. (Aluno RS - Biologia)

Passado indica o tempo que já vivemos, marca essa passagem. (Aluna PJ - Pedagogia)

Escolhi a palavra passado porque é a primeira palavra que vem a minha mente quando penso em tempo, pois me leva ao que já passou, tempo passado algo ao qual faz parte do presente, pois tudo o que "plantei" estou colhendo agora no presente. (Aluna AA - Pedagogia)

O passado faz parte de um tempo vivido que constrói esta acumulações de tempos no futuro. (Aluna EO - Pedagogia)

[...] o passado representa tudo o que se viveu e ganhou experiência para assim repetir todas as coisas boas e experiências boas e nunca repetir as ruins. (Aluno VG - Pedagogia)

A palavra *passado* aparece nesses contextos como uma marca, termo utilizado pela aluna PJ e de certa forma presente na justificativa do aluno RS. Sem dúvidas, a *marca*,

ou indício da existência do tempo está relacionado com a nossa memória, uma capacidade bastante desenvolvida nos seres humanos. Muito se fala na capacidade de relembrar momentos e diferenciá-los do momento vivido, como uma característica que contribuiu para que os seres humanos tomassem "consciência de si", ou seja, da sua existência. Essa capacidade reforça a ideia de que "algo" está passando, como indicam RS, PJ e EO, existe um "movimento" invisível que nos impulsiona em uma suposta "direção", nos dando também uma noção de "fluxo". É uma concepção muito relacionada com a palavra anterior, *envelhecimento*, pois, apesar de nesses contextos da palavra *passado* não aparecerem menções a algo que é visível, como a mudança da pele citada no contexto da palavra "envelhecimento", a noção de fluxo e direção parecem as mesmas.

Outra questão que merece destaque é a associação do passado com o aprendizado, ou seja, essa capacidade humana de discernir os "momentos" e ter a lembrança de acontecimentos relacionados com a ideia de um "tempo professor", "tempo médico", ou "tempo juiz". Os alunos AA, EO e VG, expressam uma noção de tempo que nos ensina, pois podemos aprender e não voltar a repetir erros; um tempo que nos julga, pois colhemos o que plantamos. São concepções muito presentes em nossas vidas pelo contexto de que o tempo é o "melhor remédio" para tudo, o tempo resolve tudo.

Passando para a análise de dados das turmas do **grupo M2**, é válido relembrar que o instrumento de coleta de dados utilizado foi o do apêndice E. A primeira atividade para o grupo M2 o aluno tinha de escolher 2 palavras que expressavam a sua concepção de tempo e ordená-las pelo grau de concordância, ou seja, grau 1 para maior concordância e grau 2 para a menor concordância⁸⁰. Pedia-se também para justificar a escolha da primeira e da segunda palavras. Na tabela a seguir, apresentamos as escolhas de maior concordância feitas pelas turmas do grupo M2.

⁸⁰ Não negligenciamos a diferença de se escolher 5 palavras e de se escolher 2. Portanto, separamos a nossa análise, ainda que todas estejam no mesmo bloco, nesse caso, o de conceito de tempo.

PALAVRA	ESCOLHAS							
	1ºEM	%	2ºEM	%	PED	%	TOT.	%
Relativo	4	14	9	36	0	0	13	17
Indeterminado	1	3	1	4	1	5	3	4
Relógio	7	23	3	12	3	15	13	17
Percepção	3	10	4	16	2	9	9	12
Variável	1	3	0	0	0	0	1	1
Abstrato	4	14	4	16	1	5	9	12
Envelhecimento	6	20	4	16	8	38	18	24
Fluxo	2	7	0	0	0	0	2	2
Ampulheta	1	3	0	0	1	5	2	3
Presente	1	3	0	0	0	0	1	1
Passado	0	0	0	0	2	9	2	3
cíclico	0	0	0	0	2	9	2	3
Homogêneo	0	0	0	0	1	5	1	1
TOTAL	30	100	25	100	21	100	76	100

Tabela 16: Palavras de Maior concordância - Grupo M2

Ao examinarmos a tabela anterior que resume as escolhas das turmas desse segundo grupo pesquisado, merecem destaque as palavras *envelhecimento*, *relógio*, *relativo*, *abstrato e percepção*. Apesar da pequena alteração no instrumento de coleta de dados o resultado da escolha pouco se alterou, ou seja, as palavras *envelhecimento e relógio* ainda são as preferidas. A distribuição das escolhas nas turmas segue certa homogeneidade para as palavras *abstrato e percepção*. No caso de *relógio* a escolha é maior no 1ºEM, a palavra *envelhecimento* tem maior escolha na Pedagogia e a palavra *relativo* é mais citada no 2ºEM.

De forma geral a concepção de tempo centrada no *envelhecimento* já foi analisada quando apresentamos os dados do grupo M1. Nessa nova turma, praticamente as justificativas são as mesmas, porém dois contextos que reforçam essa concepção de tempo nos chamaram a atenção.

Fiz esta escolha de definição ou concepção de tempo, envelhecimento, por se tratar de uma palavra ou um fato que é a ordem natural da vida.

Envelhecimento, são marcas do tempo em nosso corpo, todo ser envelhece. Portanto o tempo pode ser visto nos cabelos dos idosos, nos rostos com marcas profundas do tempo. (Aluna MV - Pedagogia)

A cada segundo que passa estamos envelhecendo um pouco. Então sabendo que uma viagem no tempo para o futuro já é improvável, imagine uma para o passado onde tudo são memórias. Por isso só envelhecemos mais e mais. (Aluno GL - 1ºEM)

No caso de MV a sua descrição apresenta uma materialização de um processo chamado de tempo, que é perceptível através dos sentidos. O tempo, apesar de invisível, deixa claramente a sua marca. É interessante ressaltar que a segunda palavra escolhida pela aluna foi *abstrato*, palavra que ao seu ver não define o conceito de tempo justamente por se referir a "algo" que não se pode tocar. Isso nos dá indícios de que sua concepção está centrada no concreto, no visível, no percebido pelos sentidos.

O aluno GL, por sua vez, apresenta sua concepção de tempo, a partir da palavra envelhecimento, centrado na ideia de passagem, ou seja, não podemos "ir" para o futuro e para o passado também não, pois lá só existem as memórias. Parece-nos que o aluno identifica uma direção no tempo, além daquilo que foi vivido não existe mais. É uma concepção de tempo como uma direção definida e um fluxo constante.

Em relação à palavra *relógio* as justificativas quase nada acrescentam às das turmas do grupo M1. No entanto, gostaríamos de apresentar apenas um contexto que expressa a "força" do relógio como concepção de tempo.

A palavra relógio para mim é a que mais se relaciona com o termo tempo pois é nele em que o tempo é contado, desde o passar dos anos até os milésimos de segundo. É um conceito geral para o termo tempo, as outras palavras em que foram sugeridas, de algum modo podem ser relacionadas a outros termos, enquanto relógio já é associado diretamente ao tempo. (Aluna VA - 1ºEM)

Nesse contexto a aluna VA justifica a escolha da palavra relógio, utilizando argumentos que, de certa forma, já foram utilizados por outros alunos anteriormente. Porém, no final ela afirma que as outras palavras podem se relacionar com outros conceitos, mas o *relógio* é o único termo que se relacionaria apenas com o tempo. É provável que esteja nesse argumento, juntamente com toda importância histórica, social e econômica do uso de relógio, a explicação para a escolha da palavra *relógio* como uma das mais escolhidas pelos dois grupos pesquisados.

A palavra *relativo* é a mais citada pelo grupo M2 e que não aparece entre as mais escolhidas do grupo M1. Nesse caso ela foi escolhida pelos 1ºEM e 2ºEM, sendo no último em maior quantidade. Vejamos alguns contextos:

O tempo é relativo. Ele, de uma forma geral, é o mesmo para todos, mas ao mesmo tempo cada um tem seu tempo.

[...] "o tempo perguntou pro tempo quanto tempo o tempo tem, o tempo respondeu pro tempo que só o tempo sabe quanto tempo o tempo tem", ou seja o tempo é relativo com suas prioridades[...]

O tempo é o que é. "O tempo passa rápido quando nos divertimos", 30 mim são 30 mim e isso não muda, o que muda é como você o aproveita. (Aluna AC - 1ºEM)

[...] pois acredito que o tempo se determina em relação à algo e, para isso pode ser quantificado. Para tanto, o tempo também pode ser percebido de diferentes maneiras, relacionando-se com o sentido que ele assume em cada situação. Tomando, por exemplo, como o período de ocorrência de algo, um minuto para quem sofre em uma cama de hospital, de nada se assemelha com o primeiro minuto de uma criança com um brinquedo novo. (Aluna JL- 2ºEM)

A concepção apresentada pela maioria dos alunos segue a noção que as alunas AC e JL trazem em seus contextos. A aluna AC apresenta o conhecido trava-língua "Quanto tempo o tempo tem" para ilustrar a sua concepção relativa que está associada a uma percepção psicológica do tempo. Ela reconhece a medida do tempo como única, ou seja, algo absoluto, porém o "espírito", a relação que cada um estabelece com a atividade executada modifica a sensação da passagem do tempo. Essa concepção é compartilhada pela aluna JL que exemplifica com dois sentimentos, ou seja, a dor no caso do doente e a alegria no caso da criança. Portanto a idéia de relativo que esse grupo apresenta está associada à sensação, ao envolvimento do indivíduo com a atividade que desenvolve. É algo muito mais psicológico, característico de um estado de percepção, ainda que se reconheça a mensuração como algo invariável. Por outro lado, nos deparamos com uma justificativa que é incomum diante de tudo que já lemos até aqui. Vamos apresentá-la:

A palavra 1 "relativo" é a de maior significância pois o tempo é relativo ao espaço. Aqui na Terra temos como duração de um dia 24 horas. Isso devido a rotação e um ano devido a translação, isso relacionando outros planetas nos estabelecemos esse tempo. A luz das estrelas vistas aqui da Terra na verdade, já forma transmitidas no espaço e chegam aqui tardiamente. Então o tempo é relativo ao espaço. Além de ser relativo em relação ao lugar em que se trata (na Terra, em um Buraco Negro etc) Variável, pois ele tem uma concepção aqui na Terra, mas ele varia de concepção ou de outras formas dependendo do lugar. Fenômenos faz o tempo variar. Se utilizarmos a fórmula de V_m (velocidade média) e isolarmos o Δt temos que ele é relativo ao espaço e a velocidade, além de variar dependendo do Δs e V . (Aluna YA - 2ºEM)

Aqui temos uma concepção diferente para a palavra *relativo*, pois nos contextos anteriores, a aluna YA relaciona o tempo ao espaço e à velocidade. Além disso, também o relaciona com o lugar, exemplificando com o Buraco Negro. É uma concepção inserida dentro de um corpo de conhecimento (espaço e velocidade). Também é uma concepção que apresenta um tratamento matemático para o conceito, ainda que básico. É claro que analisando apenas o texto estamos indicando indícios, porém é uma concepção que se aproxima bastante da idéia de relatividade no sentido einsteiniano do termo. Teremos oportunidade de aprofundar essa concepção, pois YA foi uma das alunas que entrevistamos.

A palavra *percepção* também foi a mais escolhida na sequência e, apesar de ser concebida como uma sensação, algo similar ao que apresentamos na palavra *relativo* também foi concebida como uma percepção, no sentido de perceber a passagem do tempo. A seguir apresentamos alguns contextos.

[...] pelo fato de eu achar que a noção de tempo remete como, cada um percebe os fenômenos que ocorrem ao seu redor, a noção de tempo depende da forma com que se conta espaços. [...] tentando impor uma noção universal de uma coisa subjetiva. (Aluno RV - 1ºEM)

[...] Pode-se dizer que o tempo faz alusão direta à percepção humana pois, através dos sentidos e do conjunto de experiências em vida, podemos detectar sua interferência nas situações ao extremo e no cotidiano, mesmo levando em conta que esse não possa ser conceitualizado da mesma maneira que os objetos materiais (Aluna ER - 1ºEM).

O aluno RV e a aluna ER relacionam a sua concepção de tempo centrada na percepção com a sensação, relacionada à experiência que fazemos de cada situação de vida. O aluno RV, ao explicar a escolha da palavra relógio, como a de menor grau de concordância, revela a sua concepção que entende a noção de tempo como algo subjetivo, sobretudo ao criticar o relógio como uma tentativa de impor uma noção universal em um conceito que, ao seu ver, é subjetivo. A aluna ER apresenta a sua noção de tempo, através da palavra percepção, indicando a construção desse conceito, imaterial, pelos sentidos e experiências de vida, algo que entendemos ser compartilhado por alunos do 2ºEM, vejamos:

[...] escolhi a palavra percepção pois esse elemento é fundamental para perceber a passagem do tempo, os aspectos, as paisagens que mudaram com o tempo. (Aluno VC - 2ºEM)

Tempo é uma palavra de com muitos significados. Com o passar do tempo várias pessoas vão adquirindo conhecimento, histórias ... e gerando uma percepção (uma visão de vida diferente). (Aluno GR- 2ºEM)

Minha concepção de tempo é através da percepção pois hoje se não tivermos percepção o tempo será homogêneo portanto será igual não possuindo significado. (Aluna JV - 2º EM)

Nesses casos os alunos se referem em primeiro lugar à percepção da passagem do tempo dada pelos sentidos, pela mudança observada, algo que nos parece retomar a ideia de um fluxo constante e com direção definida. Para a aluna JV, por sua vez, ainda que a justificativa seja curta, entendemos que o tempo está relacionado com a percepção, pois é através dessa percepção que entendemos a mudança, a ruptura, sobretudo no uso da palavra homogêneo, indicando que não vivemos em um eterno presente. Além disso, a percepção é compreendida pelo aluno GR como algo relacionado a aprender, construir uma visão sobre algo, ou seja, nos parece que a

experiência, a vida e a visão de mundo tem uma dependência do tempo e isso é entendido pelo aluno como percepção.

A última palavra que analisamos dentre as mais citadas é *abstrato*, que de uma forma geral os alunos justificaram com os mesmos argumentos que resumimos na escrita de duas alunas a seguir.

O tempo não é algo que podemos definir, algo que podemos tocar. Todos conhecem o tempo, mas ninguém sabe o que realmente é. Podemos perceber o tempo pelas suas mudanças que ocorrem conforme ele passa. Podemos medir o tempo utilizando inúmeros objetos e diferentes unidades de medida, mas ainda assim, não é óbvio para ninguém. Por isso acredito que o tempo seja abstrato. (Aluna ND - 2ªEM)

A justificativa da aluna ND nos lembrou muito a afirmação de Santo Agostinho que enfatizava a dificuldade de explicar o que era o tempo, apesar de saber o que era. Essa dificuldade, ainda que se percebam as mudanças, portanto a sua "passagem", não seria passível de uma definição. Ela admite ser possível medir o tempo, indicando que a medição e a definição não são a mesma coisa, ou seja, há uma diferença entre medir o tempo e defini-lo. Essa separação também está presente na justificativa de outra aluna.

O tempo é uma coisa abstrata, não é real, ele pode variar de acordo como o que você está vivendo, seu estado emocional, ou até mesmo o lugar que está. Não acredito que o relógio consiga contar o tempo de uma maneira correta, até porque não acredito que haja uma maneira correta de passar o tempo. (Aluna NP - 1ªEM)

A aluna NP também nos parece separar o tempo de sua medida, ainda que não expresse acreditar na medição de algo que entende como abstrato e variável, ou seja, também na sua justificativa relaciona o tempo com o estado emocional e com o que se vive, provavelmente com a atividade que executa, deixando transparecer concepção que já examinamos na palavra *relativo*. Por outro lado, a concepção das alunas ND e NP, entendendo o tempo como uma entidade abstrata e de difícil compreensão, nos dá indícios de uma concepção de tempo que beira o absoluto, ou seja, o tempo apenas é, ninguém o entende ou pode medi-lo corretamente, ele existe e temos algumas certezas nesse sentido.

Antes de finalizarmos esse bloco sobre o conceito de tempo, a partir das atividades dissertativas de sala, faremos algumas considerações sobre os resultados específicos de cada turma. É evidente que não podemos inferir a causa da escolha de determinadas palavras pela maioria de cada turma somente pela atividade e questionários. No entanto, podemos sugerir possíveis relações que podem ser mais bem avaliadas e investigadas, entre a cultura de cada grupo e suas escolhas.

Por exemplo, as turmas de Pedagogia, nos dois grupos (M1 e M2), quando observadas, apresentam a maior recorrência nas palavras *envelhecimento* e *passado*,

diferente da palavra *relógio* que apresenta uma constância nas escolhas entre os diferentes grupos. Também na Pedagogia encontramos o maior número de alunas com maior faixa etária, com uma média de 36,5 anos de idade. A nosso ver, pensar no *envelhecimento* é característico do ser humano na medida em que avança na idade. Muita dessas alunas, segundo o professor da turma, são donas de casa com filhos e marido. Por outro lado, foi somente nas turmas mais jovens, ou seja, nos alunos de ensino médio da Instituição I2, na atividade dissertativa, inicialmente, que encontramos indícios de concepções que utilizavam conceitos científicos nas justificativas. A princípio, nos parece que esse grupo tem à disposição, na própria Instituição, aulas sobre ciências desde o ensino infantil com mais frequência e professores empenhados nesse trabalho, tendo em vista as boas condições de aula. Por outro lado, as alunas da Pedagogia na sua maioria, foram formadas na escola pública ou em cursos supletivos, em que conhecemos as difíceis condições do ensino de ciências nesses contextos. Não se trata de estabelecer comparações entre os grupos, porém não podemos negligenciar as diferentes condições de vida cada um deles. No entanto, ressaltamos que relações entre as concepções e a cultura foram investigadas com mais profundidade nas entrevistas, em que temos a possibilidade de individualizar essa relação, evitando possíveis distorções.

Conceito de espaço

A análise prévia dos dados sobre as concepções de espaço serão realizadas da mesma forma que fizemos com o conceito de tempo, ou seja, apresentaremos as tabelas resumo das escolhas das palavras, separadas em dois grupos (M1 e M2). Em seguida analisaremos as justificativas das palavras mais escolhidas. A seguir a tabela de escolhas das turmas dos grupos M1.

PALAVRAS	ESCOLHAS									
	3ºEM	%	BIO	%	MAT	%	PED	%	TOT	%
POSIÇÃO	1	11	1	8	1	4	0	0	3	4
UNIVERSO	2	22	5	38	10	45	5	15	22	30
LUGAR	3	34	2	15	4	19	17	57	26	35
TRENA	1	11	0	0	1	4	0	0	2	3
RELATIVO	1	11	0	0	0	0	1	4	2	3
ABSTRATO	1	11	0	0	0	0	1	4	2	3
INDETERMINADO	0	0	1	8	1	4	0	0	2	3
VAZIO	0	0	2	15	2	8	1	4	5	7
DIMENSÃO	0	0	1	8	1	4	2	8	4	5
VARIÁVEL	0	0	1	8	0	0	0	0	1	1
RÉGUA	0	0	0	0	2	8	0	0	2	3
ESCALA	0	0	0	0	1	4	0	0	1	1
PLANO	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1
CONFORTO	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1
TOTAL	9	100	13	100	23	100	29	100	74	100

Tabela 17: Palavras de Maior concordância - Grupo M1

Como é possível observar na tabela anterior a palavra *lugar* foi a mais escolhida pelo grupo M1, tendo na turma da Pedagogia o maior número de escolhas, mas mantendo uma quantidade de escolhas grande nas outras turmas. A primeira leitura das justificativas nos deixou a impressão que os alunos identificam a palavra *lugar* como um sinônimo de espaço, tendo dificuldade de articular com mais profundidade as explicações. Uma explicação diferente daquelas de apenas apontar a palavra *lugar* como sinônimo também foi apresentada, vejamos:

[...] entende-se por espaço um lugar que pode ser determinado com várias características diferentes dependendo de onde está localizado. (Aluna GS - Matemática)

Qualquer pessoa ou objeto tem de estar em algum lugar. (Aluna LS - Pedagogia)

Pelas explicações anteriores os alunos apresentam uma concepção de espaço centrada na ideia de ocupação, ou seja, o espaço é o lugar que é ocupado por algo. À primeira vista isso parece contraditório com a referência, muitas vezes corriqueira, de que "ter" espaço é observar um vazio. No entanto, observando as justificativas, parece que o espaço "está" em um lugar, portanto vazio, que é delimitado por algo que passa a ocupá-lo. Por outro lado, também identificamos outra noção relacionada à palavra *lugar*:

[...] a palavra espaço me lembra lugar, ou seja, o lugar aonde eu vou o espaço que vou estar. (Aluna AM - Matemática)

O lugar onde moro tem que ser confortável onde me sinto acolhida e feliz com minha família. (Aluna MR- Matemática)

Espaço significa lugar pode ser o lugar que se mora um lugar qualquer em um espaço qualquer [...]. (Aluno VG - Pedagogia)

Lugar, tem a ver com espaço pois sempre estamos em algum lugar, seja ele como for ou onde for é o espaço tomado por nós ou por algo em um determinado momento. (Aluna MO - Pedagogia)

Lugar não precisa se tão grande para ser aconchegante. (Aluna AS - Pedagogia)

Nesses trechos entendemos que a palavra *lugar*, ainda que mantenha na essência a ideia de ocupação, parece estar relacionada ao espaço do ser humano, ou seja, as construções como casas, escolas, prédios, etc..., lugar onde se vive. Isso é reforçado pelas ideias de conforto, de lugar confortável e aconchegante.

A segunda palavra com maior número de escolhas no geral foi **universo**. De forma geral as justificativas seguiram a mesma linha. Inicialmente, em diferentes turmas, a palavra *espaço* foi entendida como sinônimo de *universo*. Mas, detectamos outras concepções, vejamos:

Escolhi a palavra universo pois ocupado por toda a matéria, onda e tudo está inserido no universo conhecido. (Aluno RE - 3ªEM)

É um espaço enorme, coberto de planetas cometas, asteróides, etc...; coberto também ao mesmo tempo de um vazio, uma escuridão ou, melhor uma ausência de vida luz [...]. (Aluna AB - Matemática)

Abrange tudo que visivelmente vemos e o que temos somente noção que existe, está dentro deste campo chamado universo e é o maior e único espaço que existe. (Aluno FA - Matemática)

Escolhi o universo como concordância 1, pois o universo é onde tudo fica localizado em um determinado local. (Aluno MB - Pedagogia)

Os alunos que citamos têm uma noção de que o universo é o grande e maior "continente" que existe. É uma associação muito comum e presente nos principais veículos de comunicação. Tudo que existe está nesse espaço, inclusive, para o caso do aluno AB, o vazio e a escuridão estão contidos nesse espaço. Na concepção proposta por esse aluno, o espaço nos parece ser "algo" independente e maior, ou seja, algo absoluto, pois até o vazio está contido nele. Por outro lado, destacamos outra justificativa que expressa a concepção de espaço.

[...] Acho que o espaço reside no fato de que ele é a base para a descrição matemática do universo, que além das propriedades matemática, há também a necessidade da curvatura. (Aluna AM - Biologia)

Essa concepção distingue o espaço do universo, entendendo-o como uma base para a compreensão do universo. A palavra curvatura utilizada pela aluna, nos dá possibilidades de questionarmos um conhecimento sobre a descrição do universo baseada na relatividade einsteiniana. Não é possível afirmar somente a partir dessa frase que a aluna conhece relatividade, mas nos parece um indício que temos de investigar. A

palavra curvatura nos remete à relatividade, contudo a descrição do universo ser baseada no espaço como uma propriedade matemática já estava em discussão e uso desde pelo menos Newton.

Outra concepção de espaço, que aparece na terceira posição, é a palavra *vazio*. Ainda que numa proporção menor de escolhas, porém já tendo sido mencionado nas justificativas anteriores, a associação do espaço com o *vazio* é comum. Vejamos dois contextos que foram descritos pelos alunos:

O vazio é um espaço na sua plenitude, ou seja, algo a ser ocupado, preenchido.
(Aluno LS - Biologia)

O próprio nome já diz "vazio", então é um lugar que não está ocupado, ou seja, neste local existe 100% de espaço. (Aluno LE - Matemática)

A concepção de espaço do aluno LE é dada pela noção de "lugar" que não esteja ocupado, ou seja, a cadeira que nos sentamos agora, a mesa que é o suporte do computador, o próprio computador, não configuram o total de espaço, pois na sua concepção o espaço não pode ser concebido com algo no seu "lugar". O aluno LS, por sua vez, parece admitir que um espaço possa ser ocupado por algo, porém entende que a plenitude, ou seja, a concepção plena, completa, de espaço é dada na condição de "lugar" a ser ocupado.

Passamos a analisar agora o grupo M2, apresentando uma tabela que resume as escolhas de palavras relacionadas ao conceito de espaço.

PALAVRAS	ESCOLHAS							
	1ºEM	%	2ºEM	%	PED	%	TOT	%
DIMENSÃO	7	23	8	32	1	5	16	21
LUGAR	7	23	3	12	6	28	16	21
UNIVERSO	5	17	5	20	7	33	17	23
ABSTRATO	2	7	2	8	0	0	4	5
POSIÇÃO	3	10	0	0	0	0	3	4
RELATIVO	3	10	0	0	0	0	3	4
INDETERMINADO	2	7	0	0	3	14	5	7
ESPAÇO	0	0	0	0	0	0	0	0
PARADOXO	0	0	0	0	0	0	0	0
VARIÁVEL	0	0	7	28	2	10	9	12
TEMPO	0	0	0	0	1	5	1	1
VAZIO	0	0	0	0	1	5	1	1
POSIÇÃO	1	3	0	0	0	0	1	1
TOTAL	30	100	25	100	21	100	76	100

Tabela 18: Palavras de Maior concordância - Grupo M2

Assim como ocorreu no grupo M1, as palavras *lugar e universo* foram as mais citadas, ao lado da palavra *dimensão*. Quando examinamos as justificativas para as duas primeiras, não observamos diferenças em relação ao grupo anterior. Para a concepção de espaço como *universo* os alunos do grupo M2 também justificam suas escolhas por meio da ideia de o *universo* ser o grande continente de tudo, ou seja, sendo o "maior" espaço que contém inclusive os espaços "menores".

A concepção de espaço como *lugar* também não sofreu grandes alterações na essência da justificativa. Os alunos, também nesse grupo, trazem na justificativa a concepção de espaço como o lugar que ocupamos, ou o *lugar* de algo. No entanto, nos parece que as turmas do grupo M2 acrescentam a ideia de que esse *lugar* tem uma localização, algo que até pode ser inferido ao olharmos as justificativas das turmas do grupo M1, mas que nas turmas do grupo M2 aparece claramente, indicando um lugar que é determinado. Como exemplo, vejamos a justificativa a seguir:

Escolhi a palavra lugar, pois o espaço realmente é um lugar. Pode ser o espaço localizado na galáxia ou os diferentes espaços, lugares que existem na Terra. E para existir esses lugares esses espaços dependem do tempo e de pessoas para existirem. (Aluno MA-2ºEM)

O aluno MA concebe o espaço como lugar, identificando-o com a localização de diferentes lugares no universo, como já citamos, porém ele associa esses lugares ao tempo e a dependência da existência das pessoas. Parece-nos que o espaço só existe se existirem pessoas, ideia que nos dá indícios de uma concepção "construída" pelo ser humano, não sendo absoluto. Porém é um aspecto que necessitamos investigar um pouco mais, algo que tentaremos fazer nas entrevistas.

No caso da palavra *dimensão*, que foi muito citada pelas turmas do 1ºEM e do 2ºEM, identificamos três "tipos" de concepções na associação com o conceito de espaço. Vejamos o primeiro tipo:

O espaço é uma dimensão que podemos medir, o lugar onde ficamos, onde ficam as coisas, ou até mesmo o vazio. O espaço não tem proporções definidas, entretanto este é absoluto. Dessa forma não pode ser abstrato. (Aluna ND -2ºEM)

O conceito de espaço, assim como o de tempo, tende a adquirir aspecto subjetivo. Ao espaço pode ser atribuído o sentido de dimensão, pois do mesmo modo que volta-se a ideia de extensão, assume certos aspectos de abstração. (Aluna ER - 1ºEM)

Tudo que abriga fisicamente o espaço tem uma dimensão. (Aluno GL - 1ºEM)

A primeira concepção de espaço associada à palavra *dimensão* é a de ser mensurável, como indicam os alunos e alunas, mas com mais clareza em ND e ER. O aluno GL, em sua justificativa, também parece compartilhar dessa concepção, ainda que a dimensão está associada ao "tudo" que abriga o espaço e não exatamente ao espaço, deixando sua justificativa um pouco duvidosa. A aluna ND, além de associar à

dimensão a medida, também concebe o espaço como continente de tudo, inclusive o vazio, além de associá-lo a lugar ocupado. Ressalta também que o espaço é concreto e absoluto, ainda que sem proporções definidas, algo estranho nesse contexto de associação com a propriedade de se medir. É importante destacar que a aluna ER, além de conceber dimensão como extensão, algo que nos parece remeter a mensuração, também entende dimensão com algo abstrato, que nos dá indícios de transcender os sentidos. Nessa direção segue outra concepção da palavra *dimensão* que identificamos em outras justificativas:

O espaço engloba tudo, por isso que penso que é uma dimensão algo impossível de medir, e algo fascinante para se pensar, para decifrar. (Aluna BB - 2ªEM)

A justificativa da concordância 1, se da pelo fato de que o espaço está muito mais além de algo que possa ser medido, está em um nível de dimensão além do que se vê. (Aluno MJ - 2ªEM)

Contrariando a concepção anterior que associava dimensão a medida, a aluna BB e o aluno MJ, entendem dimensão como algo impossível de se medir, algo que transcende os sentidos, dando-nos indícios de algo abstrato. Parece-nos que o aluno MJ entende o espaço como uma dimensão que envolve tudo que existe, mas não está "dentro" da existência propriamente dita, ou seja, é outra dimensão, outro "estado" existencial. Por outro lado, encontramos mais uma definição, diferente das anteriores, da concepção de espaço como dimensão.

[...] escolhi a palavra dimensão, pois existem inúmeros lugares em dimensões diferentes, e todos são relativos, dependendo da percepção de cada pessoa. (Aluno ML - 1ªEM)

Todo espaço apresenta uma dimensão. Essa dimensão variam de acordo com o ponto de vista. Será algo que causará uma perspectiva e uma sensação, apresentando uma dimensão, independente do qual seja. (Aluno GT - 1ªEM)

Nesse caso os alunos pensam a concepção de espaço através da dimensão, entendendo-a como uma noção que depende da percepção de cada pessoa. Nesse sentido, acabam por admitir que a palavra *dimensão* não nos fornece uma visão absoluta do espaço, mas também, só pelos contextos acima, é difícil entender essa relativização com algo associado à variação de medidas. Parece-nos uma concepção de caráter mais psicológico, ainda que seja difícil de entender apenas pela leitura dessas justificativas.

Outra palavra escolhida, em uma proporção menor, com presença na primeira escolha de palavras apenas no 2ªEM e com destaque na Pedagogia, foi a palavra *variável*. Na escolha dessa palavra encontramos três possíveis interpretações. A seguir apresentamos o contexto da primeira.

Acredito que o espaço é uma extensão que pode ser percorrida - uma distância-, ou que pode ocupar algo - como o volume de um objeto [...]. (Aluna JL - 2ªEM)

O espaço é muito variável. Ele pode ser grande, pequeno, médio, ou seja, de vários tamanhos. Pode ser confortável ou não. O espaço pode ser plano, curvo, torto ou reto. Por isso é variável. (Aluna AC - Pedagogia)

As alunas JL e AC trazem uma concepção de espaço dada à palavra *variável* no sentido de medição, ou seja, pode o espaço variar de "tipo" de medida podendo ser realizada, como afirma JL, de forma linear com uma distância, ou volumétrica pensando no aspecto tridimensional. Essa variação parece estar associada às diferentes formas e tamanhos e diferentes extensões.

Dando seqüência, outra concepção de espaço associada à palavra *variável* foi identificada nas justificativas a seguir:

O espaço varia de acordo com o referencial, ou seja, dependendo de onde você olha o espaço. (Aluna GG - 2ªEM)

A palavra "variável" é a que mais se relaciona com o espaço pois o espaço varia dependendo do seu referencial e do que é analisado. (Aluno HM - 2ªEM)

Nesse caso a ideia de variação está associada a um referencial, algo bastante utilizado na física, em especial no estudo da mecânica. Porém, além disso, essa referência também parece associada a uma percepção de caráter subjetivo, ou seja, dependente do indivíduo. Seguindo essa linha de raciocínio, mas também com outros enfoques, temos as justificativas a seguir:

*A palavra *é* variável pois existem muitos espaços, com formas diferentes, pessoas diferentes e com o tempo o espaço muda. (Aluno LL - 2ªEM)*

O espaço é algo que depende de muitas condições que variam constantemente [...] o espaço também varia com a percepção do tempo ou se está a pé ou a carro. De forma geral o espaço é muito dependente do esforço necessário para transpô-lo. (Aluno GF - 2ªEM)

O aluno LL entende a variação do espaço como algo que, ao longo do tempo, sofre mudança. Parece que existe uma concepção de *variável* relacionada a espaços ao longo da história, ou seja, ocorrem mudanças físicas na paisagem das cidades ao longo do tempo. O aluno GF, por sua vez, também associa o espaço à percepção de tempo, exemplificando com o meio de transporte que nos fornece uma "interpretação" do espaço de forma variável. A mesma distância pode ser entendida como grande ou pequena dependendo da velocidade do meio de transporte, além do esforço (no caso de locomoção a pé é maior do que de carro) para se deslocar ao longo desse espaço. É algo característico das cidades sendo um elemento de identificação da organização social. Para os pobres que não têm carro e se locomovem à pé ou de transporte coletivo, o tempo e o espaço são diferentes, portanto variáveis, daqueles que se deslocam de carro, helicóptero ou avião.

A última palavra que entendemos ter uma escolha, ainda que pequena, mas merecedora de menção, é a palavra *indeterminado*, pois nos parece ser uma noção que

permeia essa reflexão. Vejamos a justificativa de uma aluna que parece resumir um pouco algumas concepções que identificamos nessa atividade nos dois grupos.

A palavra "Indeterminado" foi escolhida, pois é exatamente assim que acredito que o conceito de espaço seja. Existem vários tipos de espaços, grandes, pequenos, cheios, vazios, dependendo da noção de espaço da qual estamos falando, mesmo assim ele não é determinado, ou seja, isto caberia também em relação a palavra variável, porque, de fato, podemos dizer que sim, o espaço é variável, pois sua variedade chega a ser infinita. (Aluna JS - Pedagogia)

A aluna JS tem na palavra indeterminado uma ideia associada à sua concepção de espaço, pois não é uma concepção única, ou seja, apresenta diferentes noções como: algo que pode estar ocupado ou não; algo que apresenta diferentes tamanhos, ou seja, mensurável; algo imensurável por ser infinito e ainda variável. Muitas dessas concepções aparecem nas justificativas das diferentes palavras escolhidas, que estão resumidas nessa justificativa.

Tempo e espaço

Neste bloco apresentamos brevemente as respostas dadas na atividade 3 pelos dois grupos (M1 e M2). **No grupo M1** investigamos possíveis complementos às concepções de tempo e espaço, especificamente na questão 2, que diretamente questionava sobre essas concepções. Em nossa análise nos blocos 1 e 2 já utilizamos essas respostas que pouco diferiram das justificativas das palavras escolhidas por cada aluno. Portanto, retrataremos aqui a questão 1 da atividade 3 que apresentou a letra de uma música e um poema, ambos sobre o tempo e o espaço, para em seguida perguntar a relação dos conceitos de tempo e espaço apresentados nos textos com as concepções de tempo e espaço na física.

A pergunta da questão relacionada com a letra da música e o poema, que chamaremos os dois de poemas a partir de agora, buscava a opinião dos alunos quanto à noção de tempo e espaço expressa nos poemas serem as mesmas que encontramos na ciência, em especial na física. Sendo assim, organizamos a tabela abaixo com base na concordância, ou seja, **total** quando os alunos concordam que os dois conceitos (tempo e espaço) expressos no poema sejam os mesmos encontrados na física; **parcial** quando os alunos concordam que apenas um dos conceitos (tempo ou espaço) expressos no poema seja o mesmo encontrado na física e a **não concordância** quando os alunos não concordam que os dois conceitos (tempo e espaço) expressos no poema sejam os mesmos encontrados na física.

POSICIONAMENTO		3ºEM	%	BIO	%	MAT	%	PED	%	TOT	%
CONCORDÂNCIA	TOTAL	2	22	3	23	10	43	9	31	24	32
	PARCIAL	-	-	2	15	5	22	3	10	10	14
DISCORDÂNCIA		4	45	8	62	8	35	15	52	35	47
NÃO RESPONDERAM		3	33	-	-	-	-	2	7	5	7
TOTAL		9	100	13	100	23	100	29	100	74	100

Tabela 19: Posicionamento sobre tempo e espaço- Grupo M1

Destacamos que muitos alunos em todas as turmas deram respostas muito evasivas, ou seja, com um simples "sim", "não" ou "não sei", além de justificativas "pobres" de conteúdo como: "o tempo necessita do espaço e vice-versa", "na física é um conceito geral e no poema específico". Como nessa atividade não interagimos, algo que nas entrevistas é possível de se fazer, essas respostas não nos permitem nenhuma análise. Porém, em menor quantidade, algo em torno de 20 alunos, que representam 27% do total, apresentam justificativas um pouco mais "ricas" de conteúdo. No 3ºEM encontramos justificativas que reproduzimos a seguir:

Não. Os dois poemas tem sentidos mais poéticos, mais metafóricos. Na física, os sentidos são mais literais. (Aluna BN - 3ºEM)

Não, pois o tempo citado nos poemas são ligados a vida do eu-lírico e espaço seria meio, lugar que o mesmo se encontra. (Aluna AB - 3ºEM)

O conceito de tempo sim, pois indica algum intervalo de tempo em que o eu-lírico está tendo aquele sentimento. O conceito de espaço é usado em uma parte do universo e vemos muito isso na física, mas também é usado como lugar. (Aluna MG - 3ºEM)

Apesar das respostas serem bem objetivas e curtas é possível perceber que os alunos citados separam os conceitos de tempo e espaço na física dos poemas entendendo-os como concepções distintas. Isso pode ser um reflexo das abordagens extremamente disciplinares, no sentido da área de conhecimento (Português, matemática, física, geografia, etc..) que acontecem dentro das escolas, pois as disciplinas são ministradas de forma isolada, mesmo as de áreas próximas como química, física e biologia, ainda mais em relação a outras como a literatura. Sobre a literatura nos chamou a atenção à expressão eu-lírico em duas justificativas, algo que nos remeteu às análises literárias de poemas e livros que, no contexto de uma séria final do ensino médio, em que com mais intensidade pensa-se na preparação para o vestibular, as aulas de literatura focalizam análises literárias nesse sentido.

Nessa mesma linha de reflexão, ao examinarmos a turma de Pedagogia, encontramos uma explicação semelhante à dada pelas alunas do ensino médio utilizando a expressão eu-lírico.

Sim, pois a ciência estuda esse tempo que é contado no relógio e também o espaço que é o universo, porém nos poemas estão sendo utilizados de uma maneira simbólica representando o eu lírico do autor. (Aluna ML - Pedagogia).

A aluna ML, apesar de não representar o pensamento de toda a turma⁸¹, apresenta, inicialmente, a sua concordância em relação ao conceito de tempo e espaço expressos no poema serem os mesmos apresentados pela física, baseando-se na forte concepção de tempo relacionado com o relógio e de espaço relacionado ao universo. Porém, a sua justificativa aponta para uma relação simbólica das noções de tempo e espaço no texto literário, utilizando a ideia de um "eu-lirico" de forma muito parecida com os alunos do 3ºEM. Uma possível explicação para essa coincidência são as abordagem e análises literárias presentes em uma turma de 3ºEM, sobretudo na disciplina de Língua Portuguesa, em especial nas análises dos livros indicados para os vestibulares, como citamos anteriormente; e a forte presença da literatura⁸² na formação dos alunos e alunas do curso de Pedagogia, algo um pouco mais raro nos cursos de Biologia e Matemática, sobretudo pelos currículos conservadores. Mas, nada nos impede de encontrar essas concepções em alunos do curso de Biologia ou Matemática, algo que nesse caso não ocorreu.

Por outro lado, ainda na Pedagogia, encontramos visões que se aproximam das concepções dos alunos dos cursos de matemática e biologia, sobretudo por nos parecerem noções que estão impregnadas na consciência e lembrança de muitos alunos que passaram pela escola média.

Os conceitos de tempo e espaço utilizados nos poemas acima não são os mesmos usados na física, pois nos poemas os autores fazem confusão entre os dois conceitos, quando na física são conceitos que se relacionam, porém são diferentes. São usados numa relação, por exemplo, para calcular a velocidade média de um móvel em relação a um ponto fixo. (Aluno PR - Pedagogia)

O aluno PR apresenta a sua visão de tempo e espaço na física, impregnada da primeira e, muito provavelmente na grande maioria dos casos, a única noção que a escola apresenta sobre tempo e espaço na física. Estamos nos referindo à ideia de velocidade média que nos parece a noção mais forte e intensa da relação entre tempo e espaço na física, como já dissemos, presente na remota lembrança de muitos alunos.

Na Biologia encontramos nas justificativas dos alunos que discordam da presença de concepções de tempo e espaço da física nos poemas, noções interpretando tempo e espaço como sentimento, pensando na forma que o poema propõe, algo na linha das

⁸¹ Lembramos que muitas respostas foram extremamente objetivas e não revelaram indícios de concepções. No entanto acreditamos ser importante avaliar respostas dadas que, minimamente, representam concepções presentes no grupo em questão.

⁸² Afirmamos isso porque trabalhamos por 10 anos nesse curso, nessa instituição.

respostas dadas no 3ºEM e Pedagogia. No entanto, no caso da Biologia essas concepções nos parecem mais gerais e abrangentes, sendo, na visão desses alunos, diferentes das noções dadas pela física, seguindo a justificativa dada pelo aluno PR da Pedagogia.

Não, ela esta se referindo ao tempo e espaço de maneira mais geral, mais abrangente. O espaço que se usa na física é mais geométrico, e o tempo mais em minutos, horas, segundos especificamente. (Aluna IB - Biologia)

Não. Porque nos dois poemas eles abordam tempo e espaço como uma forma de vida e lamento.

Na física utilizamos o espaço e o tempo para chegarmos em resultados e para sabermos com exatidão espaço de um objeto a outro, quantos segundos demora para um giz cair no chão, por exemplo, entre outros. (Aluna FS - Biologia)

Não, os aqui expressos referem-se ao espaço como universo e ao tempo como idéia de anos passados, etc. Na física referem-se a esses dois conceitos respectivamente como: delimitação de uma posição e marcação de hora, minutos ou segundos. (aluna KM - Biologia)

Essas respostas nos fornecem indícios das concepções de tempo e espaço que esses alunos possuem a partir da física básica, em especial a cinemática. Percebe-se que o espaço está associado a questões geométricas, como a posição, e o tempo ao relógio, algo típico do ensino de cinemática que ocupa, em geral, boa parte dos currículos de física, quando as aulas de física existem. É interessante notar que a aluna KM, pela resposta, parece não conceber o espaço como universo e o tempo como a passagem dos anos. No nosso entendimento podem ser indícios da inexistência da astronomia na formação em física dessa aluna.

Na turma de Matemática a situação pouco se altera, pois as respostas mais "ricas" são as dos alunos que discordam e as concepções seguem o entendimento do tempo e espaço como concebido na cinemática.

Não, o tempo que usamos na física, sugere algum período, certo intervalo de tempo uma distância entre fatos, já nos poemas o tempo é dito como uma lembrança, fato ou momento,. O espaço nos poemas acima é definido como um "lugar", um local, não nos termos da ciência que usa o espaço algo com medida, dimensão e etc... (Aluno LM - Matemática)

No primeiro poema o autor refere-se ao espaço dentro o ser eu, sentimento ilusório onde o tempo não tem medidas de tempo e espaço e sim uma visão de um submundo.

No segundo poema o autor refere-se ao tempo e espaço como essas duas medidas estão relacionadas um o outro, por sua vez (deve ser vez) o tempo e espaço que se refere são progressivos. (Aluno MB - Matemática)

O espaço e tempo utilizado especialmente na física é o cronológico, a relação de passado presente e futuro descrito de maneiras contáveis, utilizados por relógio etc. (Aluna BP - Matemática)

As citações anteriores reforçam a concepção de tempo e espaço como dimensão, noção que também encontramos nas turmas anteriores, em especial na biologia. Devemos considerar que essa turma de matemática, sendo uma turma de final do curso,

tem em sua grade curricular "muito mais física" do que a Biologia⁸³, com destaque para a presença de disciplinas de física que abordam aspectos conceituais da relatividade. Ainda que só pela leitura desses trechos seja difícil ser contundente na afirmação, a concepção de tempo e espaço apresentado segue a concepção dada pela física básica lecionada no ensino médio, que é retomada no curso de matemática. A relatividade, por sua vez, segundo o próprio professor dessa disciplina nesse curso, é abordada seguindo uma metodologia parecida com a utilizada na abordagem da cinemática galileana no ensino médio.

Portanto, seguindo a reflexão do parágrafo anterior, entendemos que existe um estreitamento das noções de tempo e espaço como dimensão apresentada nas justificativas desses alunos. A possível causa está nas abordagens próprias do curso de matemática, tendo um distanciamento de reflexões literárias e filosóficas, além das noções básicas de senso comum sobre o tempo e espaço como algo mensurável.

Dando sequência a nossa análise do bloco 3, passamos a analisar a atividade 2 no **grupo M2**. Lembramos que fizemos uma alteração em relação à atividade aplicada no grupo M1, principalmente devido ao número de respostas evasivas e sem justificativas encontradas nos resultados do grupo M1⁸⁴.

Com esse novo formato, em que se apresentam fragmentos de poemas com o tema tempo e espaço, de diferentes autores entre poetas, músicos e cientistas, os alunos são convidados a escrever um texto (dissertativo, poético ou narrativo) que expresse a sua concepção sobre o tempo e o espaço. Esse texto pode ter uma inspiração nos fragmentos de textos e poemas apresentados no início da atividade.

As turmas desse grupo (1ºEM, 2ºEM e Pedagogia) apresentaram concepções parecidas, sobretudo quanto à proximidade dos dois conceitos, tempo e espaço, e em relação à noção de tempo relacionado ao relógio e espaço a lugar. Porém, as alunas da Pedagogia, em relação aos alunos e alunas do 1ºEM e 2ºEM, apresentaram algumas diferenças. O grupo da Pedagogia, em seus textos, apresenta uma noção impregnada de informação nostálgica sobre a vida e a existência, além de concepções relacionadas ao tempo e espaço na vida diária e nos afazeres domésticos. A seguir apresentamos um texto que resume essa visão.

⁸³ Como lecionamos nesses cursos por 10 anos temos a compreensão do currículo praticado na época.

⁸⁴ Sobre os instrumentos de coleta de dados fizemos algumas considerações na seção 4.1. Pretendemos retomar alguns pontos nas considerações finais desse trabalho.

O tempo não para...

Para alguns, o tempo se determina pelo momento em que está sendo vivido. Para outros, o tempo se determina como projeto vida corrida, sacrifícios, buscas insesante pelo novo, mas o que é o tempo afinal? É sim, o lugar, o espaço que se ocupa. São os mesmos os sonhos e a construção deles. O tempo é algo que vemos passar por nós, o tempo todo, rsrs, enquanto gestantes, o tempo é a vida se constituindo. Enquanto a criança, o tempo é a magia da descoberta. Enquanto adolescente, o tempo é algo que não passa até que se chegue aos 18 anos. Enquanto adulto, o tempo é a corrida diária em busca de uma vida digna e enquanto idoso, o tempo se torna o espaço de observações de tudo que se fez, de tudo que se ve fazer, se torna o tempo de contar ao espaço tudo que já passou em seu tempo de vida. (Aluna TS - Pedagogia)

O tempo é algo que não para e só percebemos isso quando o cabelo começa a ficar branco, a pele começa a enrugar e a saúde já não é a mesma. Vivemos em um espaço onde o tempo é a corrida porque tem que trabalhar, estudar, cuidar da casa e dos filhos e sem perceber tudo vai se modificando ao longo do tempo e o espaço está ficando pequeno para tanta gente e tanta tecnologia. (Aluna JP - Pedagogia)

A aluna TS caracteriza o tempo nas diferentes fases da vida com uma identidade centrada na percepção e na emoção de cada momento. Em especial, gostaríamos de destacar a fase adulta que a aluna TS refere-se à "corrida" diária em busca de uma vida digna, pois essa noção de tempo permeia a maior parte dos textos. Algo que aparece claramente no texto da aluna JP, que, além disso, faz menção às mudanças físicas nos seres humanos, como um indicativo da passagem e existência do tempo. Em relação ao espaço, apesar da aluna TS se referir apenas no final do texto ao comentar o tempo do idoso, a concepção de espaço como o lugar em que as coisas acontecem sendo finito ou infinito. A aluna JP cita a casa como seu espaço, o lugar em que se percebe a passagem do tempo personificada na sua rotina diária. Essa percepção de tempo e espaço nos parece própria dessa faixa etária e situação de vida do grupo, ou seja, é um grupo mais envelhecido em relação aos alunos do ensino médio e a maior parte são mulheres com filhos, família e trabalho.

No ensino médio as concepções de tempo e espaço fundamentadas na experiência diária, bem como na observação física das mudanças na natureza, também estão presentes nesse grupo.

Vivemos em um espaço a base do tempo, temos uma rotina, que o tempo é tão presença e pensamos sempre no horário a cumprir. Vamos de um lugar para o outro. Um estudante de sua casa vai para escola, cumprindo um horário, da escola para casa, quando sai para o shopping ou uma pizzaria, são tantos lugares e espaços diversos. A cada dia mudanças ocorrem no nosso corpo e depois de alguns anos nota-se o sinal de envelhecimento, muitas pessoas ficam sujeitas a mudanças psicológicas, tendem a mudar de espaço, pois geralmente nosso espaço nossa casa trás muitas lembranças, fazendo a mudança de lar. (Aluna LC - 2ºEM)

A aluna LC apresenta uma argumentação parecida com as das alunas TS e JP, que exemplificam e permeiam os textos das alunas da Pedagogia, porém os exemplos são associados com a realidade da sua rotina, além da observação de mudanças físicas da mesma maneira que TC e JP. O espaço é concebido como o lugar em que se vive, sendo

ocupada durante a movimentação diária na rotina e ao longo das etapas da vida, guardando de forma concreta elementos identificadores dos diferentes tempos vividos.

Por outro lado, nas turmas de ensino médio, encontramos outras concepções fundamentadas em relações abstratas entre o tempo e o espaço, além de relações "psicológicas". A seguir apresentamos um texto escrito por uma aluna do 2ºEM.

*O tempo demora quando estamos entediados
Passa ligeiramente quando entusiasmados
O tempo não para.
Em tempos antigos está o passado humano
Para o futuro prevemos mudanças
E no tempo presente alimentamos expectativas
Será que o relógio aponta o tempo real?
E a nossa realidade é literalmente real?
Aparentam a mim simples padronização.
Tem espaços grandes como existem os pequenos
Há lugares, pessoas formas geométricas...
Tudo ocupando um tal "espaço" com suas dimensões
O espaço é só isso? Local de ocupação?
Ou será tudo por completo...
Gáxias, universos e constelações?
O espaço pode ser tudo ou nada
Vai totalmente do que é relativo à sua percepção.
(Aluna GM - 2ºEM)*

Esse texto, produzido pela aluna GM, apresenta quase uma grande síntese das principais concepções de tempo e espaço que encontramos na turma do 2ºEM e até no grupo como um todo. No início do texto, na primeira parte, a concepção de tempo está centrada na subjetividade que podemos perceber pelas palavras entediadas e entusiasmadas, indicando que o tempo depende do estado de espírito, do humor, de características psicológicas. Na sequência do texto a aluna apresenta uma concepção baseada na evolução histórica, passado, presente e futuro, apresentando uma característica linear, além de entendê-lo como um elemento responsável pela "mudança", ou seja, uma "entidade" que tem a capacidade de alterar o nosso estado psicológico. Já no final da primeira parte, a aluna questiona a marcação do relógio, algo que nos parece separar o entendimento do conceito de tempo da sua marcação, entendendo que relógio é apenas uma padronização no sentido de uma invenção humana para o entendimento de uma suposta realidade.

Na segunda parte do texto, a aluna GM apresenta a sua concepção de espaço, inicialmente entendida como *lugar* variando de tamanho, interpretado como uma dimensão, podendo estar ocupado ou vazio. Na sequência o espaço, ainda entendido como lugar, assume uma capacidade ainda maior contendo as *galáxias, universo e constelações*. No final ainda encontramos uma noção relativa à percepção, ainda que

pouco explorada no texto, sugerindo um entendimento do espaço que também depende do observador.

Seguindo a concepção de tempo e espaço como noções abstratas, apresentaremos outro texto de um aluno do 1ºEM, também escrito na forma de poema, que segue essa linha de raciocínio.

*Tempo
O tempo é tudo
Absoluto.
Rege e comanda tudo
Mas o tempo não é nada
Não se apaupa, não tem peso
Pensamento de um objeto
Feito de simples engrenagens e
Contas matemáticas
E o espaço é o fundamento do tempo
É o lugar para se estar durante o movimento do tempo
Tempo e espaço algo inteligível ao ser humano
Mas abstrato na mente humana
(Aluno GL - 1ºEM)*

Esse texto do aluno GL expressa um sentimento contraditório em relação à concepção de tempo, pois sendo um elemento absoluto que comanda a vida, característica de algo concreto, é inatingível pelos sentidos, algo abstrato, entendido no pensamento ou na abstração matemática. O espaço, por outro lado é um lugar, no sentido atribuído pelas alunas TS e JP da pedagogia, ou seja, é o grande "palco" dos acontecimentos, onde percebemos a passagem do tempo.

Ainda nas turmas de ensino médio identificamos outras explicações para os conceitos de tempo e espaço presentes nos textos elaborados. São explicações onde os alunos recorreram a conceitos científicos, algo que não identificamos na turma de Pedagogia.

O tempo e o espaço são dois conceitos difíceis de se definir, uma vez que existem, mas não caracterizam duas coisas palpáveis. Será por isso que ambos recebem interpretações diferentes. Por exemplo, correntes biológicas e geológicas defendem que se transcorreu um período de aproximadamente 0,5 milhões de anos desde o início da terra até o surgimento de organismos unicelulares, enquanto que a teoria criacionista cristã e judaica afirma que todo o universo foi criado por Deus em seis dias - no sétimo a divindade descansou. Aqui a ocorrência é a mesma, porém o tempo para que ela ocorresse é tido de formas diferentes. Será através do decorrer do tempo que o espaço se modificará e assim, também causará diferentes consequências àqueles que nele estão inseridos, como o próprio universo que se expande e que contém entre outras coisas planetas como a Terra, onde um homem idoso já não possui as mesmas habilidades físicas de uma criança. (Aluna JL - 2ºEM)

Tempo e espaço variam conforme a velocidade. O tempo envolve outros fenômenos e forças com a ação da gravidade. Isso é claro no buraco negro, pois se você não atingir a velocidade de escape que é superior a da luz você é atraído pela concentração gravitacional deste buraco negro. Se a gravidade interfere a massa também interfere visto que $\text{peso} = \text{massa} \times \text{gravidade}$ $G = P/m$. O tempo varia conforme o tipo de onda transmitida um exemplo, a velocidade da luz que tem seu determinado tipo de onda e até hoje nada supera sua velocidade. O espaço varia conforme os inúmeros pontos relativos a ele. (Aluna YA - 2ºEM)

Nos dois textos as alunas JL e YA, como já apontamos, recorrem a conceitos científicos para fundamentar as suas argumentações. A aluna JL, com o intuito de fundamentar a sua concepção de tempo como algo abstrato e relativo, no sentido de ser possível mais de uma interpretação, recorre a uma concepção de tempo geológico contrastando com as concepções de tempo na religião cristã, evidenciando aspectos que apontam para padrões dependentes de aspectos culturais (científicos ou religiosos) que fundamentam essa noção. Quanto ao espaço a aluna argumenta que o universo, assim como os planetas, está "inserido" no espaço, algo que nos parece separar as duas concepções, ou seja, o espaço não é sinônimo de universo. Além disso, nos parece que a aluna estabelece uma relação causal entre o tempo e o espaço, pois o espaço, que se modifica no tempo, segundo os argumentos da aluna JL, provoca mudança em tudo que nele está inserido.

A aluna YA utiliza conceitos físicos para explicar o tempo e o espaço, ou seja, logo no início ela estabelece relações entre o tempo e o espaço com a velocidade, além da dependência desses com a massa e a gravidade. Esse argumento aponta para a presença de conceitos relativísticos inseridos na cultura dessa aluna, pois os seus argumentos são indícios de que, mesmo através de outras formas e lugares diferentes da escola, essa aluna teve contato com conceitos de relatividade. Isso é reforçado na segunda parte do texto, quando a aluna utiliza mais argumentos como: buracos negros e limites da velocidade da luz.

Por fim, após apresentarmos e analisarmos as concepções de tempo e espaço dos grupos que pesquisamos, resta-nos fazer uma espécie de resumo que nos fornecerá uma visão geral para a análise a partir do referencial bachelardiano, além de ser um esquema que servirá de orientação para as entrevistas.

Figura 10: Panorâma do conceito de espaço

ABSOLUTO

Figura 11: Panorâma do conceito de tempo

Bloco 2: Práticas culturais.

Neste bloco apresentaremos os resultados do questionário (apêndice C), que chamamos de práticas culturais, aplicado no final das atividades sobre concepções de tempo e espaço. O questionário foi exatamente o mesmo aplicado em todas as turmas e a primeira parte, que é formada por duas questões, teve o resultado apresentado no início do capítulo sendo denominado questionário geral. Nessas questões investigamos a área de atuação profissional.

A parte que apresentamos a seguir procurou, em linhas gerais, investigar algumas práticas que entendemos serem importantes na construção cultural do sujeito. Investigamos 4 aspectos sendo: a prática de leitura, os programas de televisão, o uso da internet e os locais mais freqüentados no final de semana. A seguir apresentamos uma tabela que resume as respostas dadas pelos alunos.

PRÁTICAS	ALT.	GRUPO M1								GRUPO M2						TOTAIS	
		3ºEM	%	BIO	%	MAT	%	PED	%	1ºEM	%	2ºEM	%	PED	%	TOT	%
LEITURA	A	3	34	5	39	2	9	3	10	2	7	3	12	0	0	18	12
	B	2	22	2	15	3	13	3	10	6	20	3	12	5	24	24	16
	C	2	22	2	15	4	17	12	42	16	53	5	20	9	43	50	34
	D	2	22	1	8	8	35	8	28	2	7	2	8	6	28	29	19
	E	0	0	3	23	6	26	3	10	4	13	12	48	1	5	29	19
TOTAL		9	100	13	100	23	100	29	100	30	100	25	100	21	100	150	100
TELEVISÃO	A	3	34	3	23	12	52	10	35	7	23	6	24	6	28	47	31
	B	2	22	4	31	5	22	5	17	17	57	11	44	6	29	50	34
	C	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	5	2	1
	D	3	33	1	8	0	0	3	10	1	3	2	8	0	0	10	7
	E	1	11	5	38	6	26	10	35	5	17	6	24	8	38	41	27
TOTAL		9	100	13	100	23	100	29	100	30	100	25	100	21	100	150	100
INTERNET	A	7	78	7	55	13	57	18	62	27	90	23	92	11	52	106	71
	B	0	0	2	15	3	13	7	24	3	10	2	8	8	38	25	16
	C	0	0	2	15	4	17	2	7	0	0	0	0	0	0	8	5
	D	2	22	2	15	2	9	2	7	0	0	0	0	2	10	10	7
	E	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
TOTAL		9	100	13	100	23	100	29	100	30	100	25	100	21	100	150	100
LOCAIS	A	4	45	2	15	0	0	3	10	6	21	0	0	3	12	18	12
	B	0	0	0	0	1	5	0	0	1	4	3	12	11	46	16	11
	C	1	11	1	8	13	62	12	41	8	27	7	28	3	12	45	30
	D	2	22	3	23	3	14	4	14	8	27	9	36	3	12	32	21
	E	2	22	7	54	4	19	10	35	6	21	6	24	4	18	39	26
TOTAL		9	100	13	100	21	100	29	100	29	100	25	100	24	100	150	100

Tabela 20: Práticas Culturais

Ao observarmos os resultados percebemos, analisando de forma geral, que a prática de leitura é de certa forma deficiente, pois 19% dos alunos não têm o hábito de ler e outros 19% só fazem a leitura pedida pela escola, algo que segue o mínimo possível. Quanto a aqueles que dizem ler, a concentração das escolhas está nas alternativas B e C, identificando a leitura como sendo sobre literatura e romances. No entanto, em nossas entrevistas, que apresentamos na próxima seção, poucos alunos estavam lendo algum livro no momento em que foram entrevistados. Por outro lado, pensando na inserção da ciência na cultura, os livros sobre ciências ou divulgação científica são os menos procurados, tendo inclusive um público menor em relação aos que não têm o hábito de ler. Ressaltamos que, como acreditamos na relação entre literatura e ciência, é possível que, determinadas leituras abordem temas científicos e contribuam para que a ciência esteja presente na cultura. Porém, nesse caso, não sabemos que leituras esses alunos estão fazendo, além do que essa leitura ainda é feita por uma quantidade pequena de alunos. Nas entrevistas esse aspecto será melhor investigado.

Em relação à televisão, o resultado era esperado, ou seja, 65% dos alunos que participaram da pesquisa assistem aos programas de auditório, novelas, telejornais e noticiários. Também nesse aspecto os programas de ciências não são muito apreciados. É verdade que uma grande parte dos canais de televisão não exibe programas científicos e os que exibem o fazem em horários esvaziados de audiência ou apenas nos canais fechados.

A internet teve um uso quase que direcionado a sites específicos como os de rede social. Foram 71% dos pesquisados que dizem utilizar a internet com o objetivo de acessar e-mail, redes sociais e buscadores. Nesse aspecto, nas turmas em que os alunos são mais jovens, o uso da internet centraliza-se nesses sites com um total de 90% dos alunos. Nesse caso, o acesso a sites relacionados à ciência também são escassos e ter uma ferramenta tecnológica desse porte para utilizar com mais frequência apenas esses sites sociais nos parece uma subutilização. A questão não versava sobre a sala de aula, porém apenas a Instituição I2 utilizava com mais frequência essas ferramentas tecnológicas em sala de aula, apesar disso não ser nenhuma certeza da forma como essa ferramenta é utilizada.

O último aspecto que investigamos foi os locais que os alunos mais frequentam no final de semana, com destaque para a alternativa C, ou seja, os alunos mais frequentam a igreja, a casa de familiares e o shopping. Também nesse item a visita a museus, centros culturais e teatros, ficou em um plano inferior. Ainda que não tenhamos

questionado a religiosidade, é importante salientar que estamos atentos a presença da religião na cultura do indivíduo, pois esse aspecto pode ter relações com as concepções de tempo e espaço, que será investigada e avaliada nas entrevistas de forma mais detalhada.

Figura 12: Resumo das práticas culturais: resultados gerais

4.4 As entrevistas: apresentação e análise

Nesta seção apresentamos as entrevistas que fizemos com alguns alunos buscando investigar as concepções de tempo e espaço, além da influência da cultura sobre a construção dessas concepções. Essa investigação possibilitará identificar as relações entre epistemologia e cultura, fornecendo também subsídios para uma avaliação da importância dessa relação para o ensino de física.

A nossa opção pela atividade de sala seguida das entrevistas se justifica pela complexidade natural do tema. A nossa estratégia foi partir da análise das duas atividades de sala que apresentamos nas seções anteriores desse capítulo. Essas atividades deram origem a um resumo das concepções de tempo e espaço que serviram para identificação inicial dessas concepções, assim como se configuraram em um elemento orientador para os aspectos que buscamos investigar e aprofundar nas entrevistas.

A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente de informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos. Uma entrevista bem feita pode permitir o tratamento de assuntos de natureza estritamente pessoal e íntima, assim como temas de natureza complexa e de escolhas nitidamente individuais. Pode permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de alcance mais superficial, como o questionário. (Lüdke & André, 2013, pág. 39)

Por sua natureza interativa, a entrevista permite tratar de temas complexos que dificilmente poderiam ser investigados adequadamente através de questionário, explorando-os em profundidade. (Alves-Mazzotti & Gewandsnajer, 1998, pág. 168)

Para selecionar os alunos para entrevista utilizamos mais de um critério. Primeiramente, partimos da leitura das suas respostas nas atividades de sala. Fizemos uma separação das respostas mais "ricas" no conteúdo, das respostas simplórias e rápidas como: "sim", "não", "não sei" ou "tempo é importante". Esse tipo de resposta pode indicar falta de "comprometimento" com o trabalho e foram descartadas. Um segundo critério utilizado baseou-se nos comentários dos próprios alunos na última pergunta do questionário, pedindo sugestões e observações, em que alguns manifestavam o interesse de saber mais sobre a pesquisa e o assunto. É importante destacar que nem todos os alunos selecionados pela atividade de sala e que, inicialmente, manifestaram o desejo de saber um pouco mais sobre o assunto, aceitaram participar das entrevistas. Portanto, ficamos dependentes também da disponibilidade dos alunos em participar, sendo que, nem sempre, o aluno citado na análise das atividades

de sala, que apresentamos na seção anterior, foi entrevistado. Portanto, através desses critérios, selecionamos os alunos indicados na tabela a seguir para as entrevistas:

CURSO	ALUNO	IDADE	SEXO	GRUPO		INST.	
				M1	M2	I1	I2
MÉDIO	BU	17	F	X		X	
	BN	16	F	X		X	
	MG	17	F	X		X	
	JC	15	F		X		X
	JL	16	F		X		X
	YA	16	F		X		X
	JP	15	M		X		X
	JR	15	M		X		X
	ER	16	M		X		X
	MF	16	M		X		X
	RV	16	M		X		X
PED	FC	33	F	X		X	
	AO	24	F	X		X	
	PR	24	M	X		X	
	EC	28	F		X	X	
	AM	37	F		X	X	
	CS	30	F		X	X	
	LU	23	F		X	X	
BIO	KM	22	F	X		X	
	RC	21	F	X		X	
	IB	22	F	X		X	
MAT	AP	31	F	X		X	
	MA	50	F	X		X	
	BA	25	F	X		X	
	ED	23	M	X		X	

Tabela 21: Alunos Entrevistados

As entrevistas seguiram uma linha semi-estruturada tendo um fio condutor e uma estrutura de referência que variou um pouco a sua ordem, mas em todas as entrevistas os mesmos aspectos foram abordados. O tempo de duração foi em média de 45 minutos. Todas as entrevistas foram previamente marcadas e ocorreram na instituição de origem de cada aluno com anuência dos diretores. A única informação dada aos alunos foi que a entrevista seria sobre a atividade de sala que já tínhamos analisado. A tabela a seguir fornece um panorama das partes exploradas nas entrevistas:

TEMA	PARTE	DESCRIÇÃO
CULTURA	1	Perguntas sobre questionário geral ⁸⁵
		Situações-problema através de ilustrações
TEMPO E ESPAÇO	2	Escolha de imagens e justificativa sobre as concepções de tempo
		Escolha de imagens e justificativa sobre as concepções de espaço
		Situações-problema com Ilustrações
		Situações-problema proposições dissertativas
GERAL	3	Questões abertas para comentários finais

Tabela 22 – Esquema Entrevista

O cenário da entrevista pode ser resumido como uma sala isolada com mesa e máquina para gravação de voz e, em alguns casos de vídeo. Alguns estudantes não se incomodaram com a gravação de voz e vídeo, mas em todos os casos pedimos autorização aos entrevistados e, quando percebemos algum desconforto com o vídeo, fizemos apenas a gravação da voz. Cada uma das situações-problemas e imagens que utilizamos nas entrevistas estava em uma folha de sulfite e foram, na medida em que avançávamos com os questionamentos, apresentadas aos entrevistados sendo colocadas na mesa para visualização, leitura e apreciação. O final das entrevistas foi, na maioria dos casos, um "bate-papo" mais livre com o objetivo de deixar o entrevistado refletir sobre os conceitos de tempo e espaço. No entanto, em alguns casos, esse final também trouxe conversas sobre ensino de física, posicionamentos sobre a metodologia utilizada no processo educativo vigente, além de lembranças e curiosidades da época de estudante no ensino infantil e fundamental.

Quanto à análise das entrevistas, ressaltamos que seguimos a mesma estratégia praticada na análise das atividades dissertativas, ou seja, fizemos, inicialmente, uma análise "desprovida" do referencial bachelardiano e também do referencial cultural de Freire que, na próxima seção, serão o foco das nossas atenções. Tivemos e sentimos nas duas atividades, tanto na dissertativa quanto na entrevista, a mesma dificuldade de Martins (2007), quando da análise dos dados obtidos nas entrevistas que realizou.

O impasse foi superado, naquele momento, deixando um pouco de lado o nosso referencial teórico e a caracterização estrita que havíamos feito, e

⁸⁵ Apêndice C e E

voltando os nossos olhos para as entrevistas propriamente ditas. A ideia foi, a *partir da fala mesma dos alunos*, tentar identificar elementos que fossem abordados com frequência por eles, assim como outros indicadores de questões e temas significativos, no sentido da exploração posterior das representações sobre o tempo. (Martins, 2007, p. 147)

No nosso caso essa dificuldade foi detectada em todo o processo de análise dos dados independente da temática. No primeiro momento, seja para o conceito de tempo ou espaço, ou mesmo para os aspectos culturais, a análise desprovida inicialmente dos referenciais tornou-se um passo intermediário fundamental para a categorização das concepções pelos referenciais adotados.

Por fim, destacamos que seguimos a mesma metodologia utilizada por Martins (2007) para analisar as entrevistas, ou seja, fizemos uma análise "horizontal", comentando e analisando aspectos da formação cultural dos alunos, além das concepções de tempo e espaço e no final apresentamos duas entrevistas na íntegra fazendo uma análise "vertical".

Parte 1: A cultura

Essa etapa que foi o início da entrevista objetivou entender um pouco mais o universo cultural dos alunos, tendo como referência as respostas dadas no questionário geral. A entrevista abordou aspectos como a prática de leitura, programação de televisão, sites da internet, religiosidade, sua organização diária, relação com a família, além de conversas gerais sobre a vida de cada um. Procuramos deixar o entrevistado adaptado ao diálogo deixando-o falar, seguindo a linha de um depoimento pessoal.

Segundo Queiroz (1991), o depoimento pessoal é um tipo de relato oral em que o narrador é conduzido a falar sobre uma série de acontecimentos marcantes, ao longo da sua existência, permitindo o aprofundamento das informações colhidas a respeito de um tema bem delimitado. O depoimento pessoal se concentra sobre um lapso de tempo mais reduzido do que aquele focado nas histórias de vida, tornando-se possível, desse modo, que enfocássemos de maneira específica a formação religiosa e científica dos alunos investigados, comparando convergências e divergências em sua trajetória. (El-Hani & Sepúlveda, 2006, p. 191)

O primeiro aspecto que destacamos são as atividades profissionais dos alunos entrevistados, sendo que a tabela a seguir resume as atividades profissionais desses estudantes. Cabe ressaltar que dos alunos de nível médio, apenas uma aluna nos relatou ter uma atividade profissional paralela aos estudos.

CURSO	ALUNO	ATIVIDADE	OBS
MÉDIO	BU	Programação	Acesso remoto a computadores
PED	FC	Coordenadora pedagógica	Bióloga
	AO	Professora Nível Médio	Leciona Física e Matemática
	PR	Professor PEB 1	Carpinteiro
	EC	Estagiária	Formada em Administração
	AM	Estagiária	Educação Inclusiva
	CS	Estagiária	Educação Inclusiva
	LU	Agente escolar	Estudou em escola Particular
BIO	KM	Auxiliar Administrativa	5 anos de trabalho com público
	RC	Esteticista Animal	5 anos de trabalho em Pet Shop
	IB	Atendente	Biblioteca Municipal
MAT	AP	Gerente Administrativa	Nutricionista
	MA	Professora PEB 1	7 anos de trabalho administrativo
	BA	Professora Nível Médio	Estudou Química
	ED	Professor Nível Médio	Trabalha em uma Farmácia

Tabela 23: Profissão dos Entrevistados

Sobre os dados apresentados nessa tabela, é importante destacar, além da diversidade de atividades profissionais, as observações sobre cada um dos entrevistados. Nessa coluna destacamos outros aspectos, profissionais ou acadêmicos, que podem contribuir para caracterização cultural dos grupos. Destacamos o aluno PR da Pedagogia, que na época da pesquisa atuava como professor de ensino infantil, porém também era carpinteiro tendo atuado por mais de 2 anos nessa área. A aluna EC, que na época da entrevista fazia estágio em uma escola na área de educação infantil, tem formação em administração e atuou por mais de 5 anos na área de gestão de negócios. A aluna AO tem formação em matemática na mesma instituição e atuava como professora de física e matemática em uma escola particular da região. Ainda na Pedagogia, a aluna FC é formada em biologia na mesma instituição, além de coordenadora pedagógica e professora PEB1 em uma escola particular da região (a mesma escola que atuava na coordenação). Antes de trabalhar nessa escola, fez estágios em centros de diagnósticos da região, atuando na análise de exames clínicos. Na matemática a aluna AP, formada em nutrição, atuava na área administrativa de um hospital, além de ter trabalhado em diferentes instituições como a antiga FEBEM e Academia de Polícia Barro branco, sempre atuando na cozinha industrial como nutricionista. A aluna BA que já atuava como professora de matemática, antes de estudar matemática, chegou a lecionar química, curso que desistiu no último semestre.

Como exemplo da situação profissional dos alunos, sobretudo os que mudaram de área para entrar na educação, apresentamos parte do diálogo que tivemos com o aluno PR da Pedagogia.

(Considere E o entrevistador)

Aluno PR

E: Você é professor?

PR: Sim, PEB 1.

E: Escola Pública?

PR: Particular, aqui em Guarulhos no bairro dos Pimentas.

E: Como é o nome da escola?

PR: Caminho do saber

E: É não me recordo não. Você está lá há muito tempo?

PR: Tem uns oito meses

E: Além disso, você trabalhou com outra coisa?

PR: Sim... só estágio na área de educação mesmo... infantil e educação inclusiva aqui em Guarulhos mesmo.

E: An... homens como professores nessa faixa etária é algo raro. O que te motivou a escolher essa área?

PR: Eu acho que a educação é à base de tudo... a pedagogia está nessa base. Se a gente quer mudar o país, uma forma de mudar o país é a educação. (Pausa)... Não tem como a gente conscientizar as pessoas de outra forma se a gente não começar desde os pequenos como os jesuítas fizeram... eles quiseram amenizar a situação dos indígenas para colonizar... aí eles foram nos curumins. Eu penso dessa forma se a gente for nas crianças a gente consegue mudar o país.

Nesse trecho o aluno PR nos falou um pouco sobre seu trabalho e sua escolha pela educação infantil. É importante destacar que o bairro dos Pimentas em Guarulhos é uma região bastante carente, tendo dificuldades de transporte, problemas de atendimento médico e de segurança. Por outro lado, observando as respostas dadas pelo aluno, independente de qualquer julgamento "filosófico", observa-se seu envolvimento com sua atividade profissional, demonstrando consciência do seu papel de educador e da importância da educação para a vida política e social do país. Na sequência da entrevista o aluno PR revela outra profissão antes do magistério.

E: E antes de pensar em educação você tinha outra profissão?

PR: Sim eu fui carpinteiro por 2 anos.

E: carpinteiro? Então você fazia móveis?

PR: Não, fazia embalagens de madeira

E: Aonde você trabalhou?

PR: Na Arpec e na Uditec ali em Cumbica.

E: Perguntei isso por que eu trabalhei 10 anos em uma multinacional projetando embalagens de madeira para equipamentos de telecomunicações.

PR: Fazia paletes, caixas de madeira...

E: Você trabalhava com a serra?

PR: Serra, martetele...

E: Muito tempo você trabalhou com isso?

PR: 2 anos eu sou novo não tenho toda essa idade não... (risos). Comecei a trabalhar com 18 anos...

E: Quando você entrou na faculdade de pedagogia você ainda estava lá?

PR: Não. Logo que entrei na faculdade eu tive de sair... não dava tempo de chegar.

Esse trecho da entrevista nos indica um início difícil da vida profissional desse aluno, trabalhando como um "operário" em condições que geralmente são desfavoráveis aos trabalhadores⁸⁶. No entanto, buscou mudar a sua situação de vida e demonstra consciência da sua origem e da importância da educação. Por outro lado, antecipamos que essa passagem pela carpintaria será significativa na concepção de espaço desse aluno, algo que apresentamos mais à frente no capítulo.

Um contraponto do posicionamento do aluno PR em relação à profissão de professor é o posicionamento da aluna AP da matemática. Essa aluna, como já apontamos, trabalha na gerência da clínica cirúrgica do Hospital do Mandaqui em São Paulo, há 5 anos, sendo concursada. Além disso, é formada em nutrição e tem sonhos de voltar a atuar nessa área, em um segmento diferente da cozinha industrial. Pensa em trabalhar com obesidade, algo como os vigilantes do peso. Sendo assim, diante de tantas "possibilidades", questionamos o porquê fazer matemática.

Aluna AP

E: E a matemática entrou aí, aonde?

AP: Na realidade é assim, matemática é uma coisa que eu sempre quis fazer, mas quando a gente é adolescente, sei lá, sai da adolescência a gente é muito "besta" a gente pensa em status, a gente ... então imagina... ser professor... mas a gente aprende muito com a vida... e aí depois eu falei... por que não, né? Fiz nutrição que até então era a profissão que dava esse status que nessa fase pra mim era tão importante, e vi que se na época tivesse feito matemática talvez fosse muito mais feliz profissionalmente falando, né...

E: Então, você tem intenção de atuar mesmo?

AP: Sim

E: Intenção de atuar como professora?

AP: Sim...

E: Já atua?

AP: Não... eu estou no último ano da faculdade e tá exigindo muito da parte de estágio e tudo mais, e pra eu ficar no hospital e numa escola também já começa a complicar um pouquinho né, sair do hospital também que é um lugar que eu tenho uma certa estabilidade eu precisaria ter essa estabilidade também na escola...

E: Há quinze anos eu fiz essa passagem também, é difícil...

AP: É e principalmente nesse momento que eu ainda estou pagando a faculdade... tá acabando, né, mas nesse momento ainda não é ...

E: Quanto tempo falta para acabar?

⁸⁶ Conhecemos bem essas empresas, pois também trabalhamos na área industrial dessa região justamente projetando embalagens

AP: Uns dois meses só. Mas eu quero atuar sim como professora, mas não vou te dizer que quero depender só disso futuramente porque a gente vê nos estágios que a coisa não tá fácil para professor que pega aí vai três períodos. É uma coisa loca não, não quero, até porque esse não é o profissional legal... ele precisa tender em qualidade e não em quantidade aí ela acaba tendo que ministrar n aulas aí e é complicado

E: Mas você quer entrar na área?

AP: Eu quero, eu penso sim... não nesse momento... mas eu quero sim dar aulas de matemática... sabe assim entrar pelo menos em um período quero intercalar e quero voltar para nutrição porque eu não abri mão disso, eu estou me preparando na realidade para uma nova fase aí da nutrição, porque eu sei que exige essa nova área que eu quero trabalhar, não só conhecimento, mas uma postura do profissional que eu ainda não tenho... trabalhar com obesidade ainda é complicado pra mim, porque o mercado ainda é seletivo nesse sentido...

E: Ok, entendi...

A aluna AP apresenta um olhar, por um lado, interessante quanto à educação atual, tendo a partir do seu estágio a possibilidade e a sensibilidade de entender as dificuldades de uma jornada pelo menos tripla do professor, além dos problemas de estrutura e salariais. No entanto, diferentemente do aluno PR, que "entrou de cabeça" na área da educação, a aluna AP se mostra mais reticente e entende a profissão de professor com um complemento da vida profissional. Concordamos com a crítica à jornada do professor que diante das dificuldades conhecidas não consegue desenvolver um trabalho de qualidade, mas, por outro lado, um profissional que vê na educação apenas um complemento do seu salário também não é o profissional que a educação necessita. Nesse sentido, a atitude e visão de mundo do aluno PR são mais condizentes com aquilo que a educação necessita. O olhar da aluna AP sobre a educação é revelador de um pensamento mais geral da nossa cultura, ou seja, a figura do professor e a educação são apenas complementos da vida profissional.

O segundo aspecto que buscamos investigar nessa parte foi a **prática de leitura**. Apesar do nosso país “ler” muito pouco, identificamos uma “prática” de leitura até surpreendente. No anexo C apresentamos uma tabela com as “leituras” atuais que os entrevistados faziam na época. Salientamos que todos os alunos afirmaram ter dificuldades em fazer uma leitura escolhida por cada um deles, levando em conta o gosto pessoal, diante de momentos cruciais da vida escolar que cada grupo vivenciava na época. Para os alunos de ensino médio as leituras “cobradas”, pensando no vestibular, tomavam muito tempo e impediam outras leituras, ainda que alguns alunos afirmassem fazer leituras nas férias dos livros citados na tabela como é o caso dos alunos BU, BN, MG, JC, JL. Os alunos dos cursos superiores apontavam a fase final do

curso, com os trabalhos de conclusão de curso (TCC) e monografias, como os maiores entraves para a leitura simplesmente pelo "gosto" da leitura. Todos os alunos afirmaram estar envolvidos com leituras escolares e em muitos casos (10 alunos) essa era a única leitura feita por eles. Procuramos, nesse caso, destacar, quando os entrevistados citavam isso, o tipo de leitura da preferência, algo que indicamos na coluna OBS. Quando o aluno deixou claro que a sua leitura era apenas por obrigação escolar também indicamos na tabela no anexo C.

Destacamos a leitura indicada pelo aluno RV do 1º ano do ensino médio e com apenas 16 anos. A sua prática de leitura nos chamou a atenção por se diferenciar das leituras praticadas pelos alunos de sua faixa etária e também pela sua "originalidade" na escolha. Apresentamos a seguir um trecho desse diálogo:

Aluno RV

E: Olha só ... você colocou aqui(apontando para o questionário geral) que sua leitura é sobre literatura clássica, história, poesia ... então... você gosta de ler?

RV: Gosto ... inclusive agora estou participando do projeto e ... vou começar a ler .. ah.. gosto de coisas diferentes como literatura clássica ... ahh ... poesia de Paulo Leminski, textos filosóficos como Jean Paul Sartre. Na época da pesquisa eu tava lendo um filósofo Robert Anton Wilson que trata de uma maneira exotérica a física quântica, trata de psicologia quântica...

E: Hoje você está lendo algum livro especificamente?

RV: Ah... hoje vou começar o Frankenstein para o projeto, mas esse é por motivos escolares e estou lendo um outro chamado Imaginação do Jean Paul Sartre.

E: Como é o nome?

RV: A imaginação

E: Esse é por sua conta, certo?

RV: Sim... gosto do Sartre... esse livro ele escreveu no início de sua carreira acadêmica... fala um pouco da existência.

E: E nas aulas de ciências, física, química ou biologia, tem alguma indicação de leitura? Algo que você se identifica?

RV: Não, não (risos), nessas aulas não tem isso não. O Frankenstein foi indicado pela professora de biologia, mas nas aulas de projeto assim... nas aulas da manhã não tem isso não. É algo mais básico... é mais o livro didático mesmo.

Em primeiro lugar gostaríamos de reforçar a diferença no estilo da leitura em relação às escolhas "mais naturais" de alunos na mesma faixa etária. Além disso, é uma leitura filosófica também diferente até quando comparada com as leituras dos alunos da graduação. Na parte final do diálogo o entrevistador pergunta sobre as leituras atuais e o aluno RV estabelece uma grande diferença entre a leitura por motivos escolares e a leitura por sua escolha própria. O gosto pela leitura nos parece muito claro, pois, além da leitura escolar, o aluno continua suas leituras pela simples leitura. Outra questão relevante é a resposta sobre a leitura nas aulas de ciências, a reação do entrevistado,

com um pequeno sorriso, como se a pergunta não fizesse sentido. Afirmou algo que também temos conhecimento, que as aulas de ciências pouco se utilizam da leitura. No entanto, nessa instituição I2, a prática dos projetos parece contribuir para a leitura em ciências, ainda que a participação não seja obrigatória, o que diminui um pouco o seu alcance. Mas adiante na entrevista, logo após o trecho que citamos, o aluno afirma não gostar de assistir televisão, preferindo mais a leitura dos livros e das buscas por notícias em sites da internet. Como entendemos a leitura como mais um dos elementos que constroem a cultura, também identificamos a importância da leitura nas concepções de tempo e espaço do aluno RV. Em nossa análise sobre as concepções de tempo e espaço voltaremos a esse ponto.

Outra prática de leitura que nos chamou a atenção foi da aluna FC que, além de bióloga e estudante da pedagogia, também possui o magistério com o curso de nível médio. Tendo estudado no antigo CEFAM (Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério), nos apresentou uma prática de leitura voltada para a área de ciências, em especial a educação ambiental e a formação de professores de ciências.

Aluna FC

E: Você colocou aqui (se referindo ao questionário) e como eu aglutinei muita coisa eu preciso saber... tua leitura, bom, primeiro você gosta de ler, certo?

FC: (com risos) Sim e muito.

E: Mas os temas de divulgação científica que você gosta de ler são mais voltados para o que?

FC: Educação ambiental

E: Livros, artigos...

FC: (interrompendo) Sim tudo sobre ambiental... E o meu TCC é nessa área. Eu não queria separar a parte da biologia da parte da pedagogia, então eu estou fazendo um levantamento da prática pedagógica no ensino da ciência na educação infantil e nos anos iniciais. Mas, a área que eu gosto mesmo é a área ambiental... to até pensando em fazer uma pós agora em engenharia ambiental.

E: E você leu recentemente algum livro sobre o assunto?

FC: Muitos, ann... eu tava lendo o da didática das ciências naturais é um compêndio de vários autores que tem meia página vermelha... é que são vários autores.

E: De que editora é, você lembra?

FC: Ele tava a minha bolsa hoje... eu embasei a minha pesquisa nele... mas depois eu te passo. Eu tenho uma lista sobre a prática da ciência na educação infantil... ann... alfabetização ecológica... são vários.

E: Me passa depois.

A aluna FC já é mais vivida com 33 anos, casada e com filhos, atuando como coordenadora e professora em uma escola há 15 anos, tem um hábito de leitura específico voltado para educação ambiental. Na sequência desse trecho, quando

investigamos outras "práticas" culturais, como os programas de televisão, percebemos que o interesse da entrevistada vai além do TCC, ou seja, é algo impregnado em sua cultura. A sua lista de livros contém algumas obras conhecidas sobre o ensino de ciências, entre eles destacamos: *Formação de professores de Ciências – Tendências e inovações* da coleção questões de época da Editora Cortez, escrito por Ana Maria P. Carvalho e Gil Perez; *Ciência e Didática* da Editora Vozes do Celso Antunes; *Didática das Ciências Naturais* de Jean Pierre Astolfi, entre outros.

Seguindo a linha ambiental, a aluna RC também apresentou um gosto pela leitura bem original que descrevemos a seguir:

Aluna RC

E: *Você colocou que sua leitura é sobre temas de divulgação científica...*

RC: *(interrompendo) Sim, mais sobre tráfico de animais...*

E: *Bom, mas você gosta de ler?*

RC: *Sim leio bastante, principalmente... é que eu sou meio obsessiva por cães e gatos e eu pesquisava muito sobre doenças genética que venham com o decorrer do tempo, então assim o Pank (citando um cachorro) por exemplo ele era um cachorro totalmente diferente do que ele é hoje... desvantagem dele ele tem muito problema de respiração e de pele, devido aos cruzamentos entre pais e irmãos, então... isso vai gerando várias coisas e eu pesquisei muito sobre isso e essa coisa de tráfico de animais mesmo...*

E: *A sua leitura veio desse gosto que você tem pelos animais, ou você gosta de ler outras coisas.*

RC: *Não, é focalizada nisso.*

E: *E você sempre gostou de ler?*

RC: *Sempre gostei desde a infância. Lá eu lia outras coisas mesmo...tipo histórias... agora é só isso.*

No trecho da entrevista da aluna RC fica claro a sua prática e a influência desse gosto de leitura na sua escolha de curso. No próximo item, ao abordarmos a televisão, fica ainda mais evidente a influência dos programas de televisão no interesse pela leitura e conseqüentemente a inserção dessa área da ciência em sua cultura.

Outra entrevista que gostaríamos de apresentar é a aluna BU do ensino médio que também nos pareceu ter a leitura, pelo gosto da leitura, inserida em sua cultura.

E: *Você lê com frequência?*

BUR: *Leio, bastante. Agora nessa reta de vestibular não tanto, ann... coisas fora da escola, como um texto didático, mais reportagens, notícias, contato com mídia visual também que, ann..., livros de literatura clássica pedido no vestibular... que mais...ficção geral...*

E: *Você sempre leu? Você gosta de ler?*

BU: *hummm*

E: *A escola te estimulou?*

BU: *Ann (pausa). A escola me estimulou bastante. Comecei a ler por obrigação, lógico. Ai quando você encontra coisas que gosta e começa a ler...*

E: *Qual foi o último livro que você leu?*

BU: Ann, boa pergunta (pausa). Eu tô na metade de um, ann... de ficção, mais ficção assim não científica

E: De ficção? Qual o nome?

BU: É um livro que chama Wicked da Broadway, ann... que a Broadway fez um musical... é um livro sobre o mágico de oz, mas é a versão contada pela bruxa.... e eu acho interessante porque foge do padrão e é exatamente por isso que eu gosto [...]

E: Leitura, assim, divulgação científica, ciência, você já leu alguma coisa?

BU: Reportagens.... reportagens que fale sobre isso, bastante interessante, muito sobre tecnologia também, acesso praticamente todos os dias, em relação a comportamento humano é... a lógica em relação ao comportamento humano....

E: Agora, livro de ficção ou divulgação científica, você já leu?

BU: humm, tentei ler um sobre Einstein, ann... mas não foi pra frente... acho que o livro era para adulto e eu era criança

E: O livro era exatamente sobre o que? A vida dele...

BU: As teorias dele... um coleção azul....sobre vários filósofos.... ann filósofo não, nê ... estamos falando de ciência... filosofia é outra coisa

E: E nas aulas de ciências, física, química ou biologia, você já teve de ler algum livro, ou revista?

BU; Não, ann... não, não... nessas aulas só leio as apostilas. Aonde tem um pouquinho mais de texto é na biologia... no resto é mais cálculo mesmo.

Como é possível observar a aluna BU tem um hábito de leitura, que também não é muito comum para os jovens da sua idade. Percebemos que ela busca a leitura independente da escola, apesar de reconhecer a importância da escola nesse processo. O tipo de livro que ela lê tem também uma característica peculiar, pois ela busca versões diferenciadas daquelas trazidas pelos clássicos. Além disso, com relação à ciência, revelou um interesse sobre o tema e também sobre tecnologia, com destaque para temas de antropologia e estudos da mente. É importante ressaltar o seu interesse sobre Einstein, apesar de não ter concluído a leitura. Além disso, assim como o aluno RV, também revelou a ausência de leitura, além dos didáticos, nas aulas de ciências. Cabe ressaltar que a aluna BU e o aluno RV não são da mesma instituição

Um contraponto das alunas FC e RC e até mais do aluno RV e da aluna BU são os alunos ER e MF, ambos com 16 anos e já no segundo ano do ensino médio, que não tem o hábito de ler. A seguir vamos apresentar um trecho da entrevista de cada um deles.

Aluno ER

E: Você colocou aqui que você não tem o hábito de ler, né?

ER: É...

E: O que você lê é o mínimo exigido pela escola

ER: (interrompendo) É só o que a escola exige, só.

E: Mas você não lê nem revista do tio patinha ou da Mônica?

ER: O máximo que eu leio é no site da uol, quando eu abra e leio algumas coisas... é só isso.

E: Mas assim, você não lê um jornal ou uma revista inteira?

ER: Não, não ...

E: E... hoje a escola te cobra algum livro?

ER: Cobra nas alunas de literatura né, como o Ensaio sobre a cegueira... alguns poemas...

E: É do Saramago, certo?

ER: Isso, fala sobre a humanidade... sobre a população e tal.

E: E nas aulas de ciências?

ER: Não, não, nas de literatura, em ciências não tem nada não.

E: Mas você gosta de ler?

ER: Não, não... não gosto... é depende só for alguma coisa como por exemplo... esporte aí eu gosto, mas se for livro ou poema aí eu não gosto.

Aluno MF

E: Olhando aqui no questionário... sobre a leitura, você colocou aqui que sua leitura é sobre temas de livros e os manuais lidos na escola, você não lê nada além disso?

MF: Não é pouquíssima coisa eu leio em casa...

E: Mas porque, não da tempo? ou...

MF: Não, tipo, não me chama muito atenção, eu gosto... eu leio superinteressante, mas não é com frequência e é algumas matérias só, entendeu, eu gosto de ler coisa... eu gosto de ler matéria sobre tecnologia..., as vezes eu leio um pouco sobre política, mas bem pouco mesmo..., não..., não gosto de ler mais nada, não gosto de ler, não gosto de ler.

E: É... você não gosta de ler?

MF: Não gosto muito de ler

E: Certo.

O aluno ER tem um olhar diferente sobre a leitura, quando observamos o aluno RV e a aluna BU. No entanto, nos parece que o aluno ER reflete muito mais a prática de leitura que temos em nossas escolas. Chamou a atenção quanto a atribuição dada pelo aluno ER à aula de literatura. Segundo ele é nessa disciplina que está localizada a prática de leitura, no entanto acreditamos, seguindo a linha de Ezequiel Teodoro e Paulo Freire, que todos os professores deveriam assumir serem também professores de leitura. De forma análoga o aluno MF, apesar de confessar algumas leituras, que poderiam se constituir em uma possibilidade de "entrada" para desenvolver o gosto pela leitura, afirma, mais de uma vez, que não gosta de ler.

Antes de concluirmos esse item sobre a prática de leitura, destacamos outros dois trechos de entrevistas que apresentam práticas de leituras bem interessantes com as de BU e RV, mas que também possibilitaram a investigação de outros aspectos, vejamos:

Aluna BN

E: Bom, eu gostaria que você me falasse um pouco sobre a sua prática de leitura... você gosta de ler?

BN: Gosto, gosto bastante...

E: Você lê com frequência?

BN: *É...agora agora não tá dando prá ler...no ano passado eu tava lendo muito...era assim um livro atrás do outro...eu comia livro... agora esse ano a escola aumentou um livro a mais...é...por bimestre tem mais coisa e... eu não to conseguindo ler...e o tempo que eu tenho livre eu fico fazendo coisa em casa passando roupa coisa assim...*

E: *Mas o que te despertou o gosto pela leitura desde a infância?*

BN: *Desde pequena a escola... minha mãe é professora, então já tem um incentivo. Minha mãe sempre falava lê alguma coisa...é... sempre me dava livro quando eu era pequena aí ela lia pra mim...e a escola tinha a ciranda de livro e quem lesse mais livros no final do ano tinha um prêmio uma condecoração...então ajudou bastante a gostar de ler porque eu sempre li muito, eu sempre gostei de ler.*

E: *Qual foi o último livro que você leu?*

BN: *Foi o Retrato de Dorian Gray*

E: *É um livro de ficção?*

BN: *É... é bem legal...*

E: *E atualmente você lê algum livro?*

BN: *Ah, eu comecei um de física que me deram...*

E: *Qual é o nome?*

BN: *Ann... não lembro o nome...mas é uma física brasileira... eles falam um pouco da física mundial e puxam um pouco de astronomia no Brasil... eu gosto de astronomia aí me deram... aí eu comecei a ler era superinteressante mas eu tive de parar...*

E: *Você está lendo agora alguma coisa por causa da escola?*

BN: *Agora... A cidade e as Serras...*

E: *Eça de Queirós... tá gostando*

BN: *To no começo...na parte da cidade...*

E: *Essa parte o autor escreve de forma a... transmitir o tédio da cidade...na parte das serras é mais dinâmico...*

BN: *Espero... ele descreve Paris e parece um tédio mesmo.*

Aluna JL⁸⁷

E: *Você colocou aqui (apontando para o questionário) que sua leitura é sobre divulgação científica e romances... é sobre tudo isso mesmo?*

JL: *A parte de leitura leitura tem muito da escola... assim tem os livros de literatura os que vão cair no vestibular então tem que ficar lendo... só que o que eu gosto... gosto mesmo não... não tem muito a ver com os que eu tenho de ler na escola. Então por exemplo, eu gosto muito de livros de ficção científica só que é muito difícil eu achar livros de ficção científica que eu tenho que ler para escola para prova...então agora que eu estou de férias eu consigo ler o que eu gosto... aí eu tenho uma pilha de livros que eu não consigo ler durante as aulas... só que os de escola não tem muito a ver assim.*

E: *Mas me diga uma coisa... o gosto pela leitura que você adquiriu você acha que se deve a que a... ann... a escola ou a alguma prática da família teu pai tua mãe... as duas coisas?*

JL: *Não sei... acho que quando eu tinha sei lá... acho que desde o infantil 5 assim...*

E: *((interrompendo)) Você sempre estudou aqui?*

JL: *Sempre... sempre estudei aqui e era nesse prédio aqui mesmo é... e a gente tinha um negócio que vinha uma editora uma livraria... trazia um monte de livros e a gente escolhia o livro e comprava aquele livro...um ou dois, e a gente fazia a roda do livro na sala...então tinha um dia por semana ou no mês cada uma trazia um livro que*

⁸⁷ Atualmente essa aluna faz Biologia no Instituto de Biociência da USP.

comprou e deixava na sala, e a gente tinha um cartãozinho atrás do livro que a gente escrevia de quem era e quem pegou aquele livro emprestado... e... e gente tinha uma semana para ler aquele livro e a gente ia trocando... só que tinha muita gente que pegava o livro e não lia pegava porque tinha de pegar... e acho que eu li todos os livros que eu peguei...minha mãe lia comigo...minha irmã quando começou a ler eu lia com ela. Então eu cheguei assim a ler muitos e muitos livros assim... aí chegou uma época que eu não tinha mais que ler tantos livros assim não tinha mais essa roda... chega uma fase que é obrigatório e eles dizem qual é o livro que você tem de comprar e você compra... e no fundamental 1... é de primeira a quarta serie...é isso... você traz o livro e a gente ia lendo junto na sala...então ficava tudo mundo com seu livro na mesa...lendo aquele livro... e depois começou assim...para próxima aula você tem de ler 3 capítulos... e aí eu passei para uma leitura mais autônoma... mais aí chega uma hora que eu tenho tanta coisa... agora eu tenho mais livros... leio 5 ou 6 livros por ano para escola... então eu acabo tendo menos tempo para ler os que eu gosto...

E: Atualmente você está lendo algum?

JL: É eu to lendo alguns livros... é... por exemplo (pegando o livro na mala)... é O Senhor dos Anéis... eu já vi o filme sei lá quantas vezes... mas eu não consigo terminar o livro... eu estou no segundo... é...bom uma trilogia... tem um que vai sair o filme agora dia 14... e tem outros dois livros que o autor fala de duas outras eras antes do senhor dos anéis. Então tem um livro de biologia grandão e grossão que eu comecei que tem mais imagens mais eu não terminei de ler... eu tive de ler para escola O Ensaio sobre a cegueira mas eu não consegui terminar de ler... acho que é isso...

E: Ok ok..

Nos dois casos as alunas BN e JL são grandes leitoras que fogem ao padrão, conforme já comentamos nos casos de RV e BU, sobretudo por serem adolescentes. Porém suas práticas, talvez com exceção de RV, têm se tornado um padrão de leitura para aqueles que leem. Muitos adolescentes que leem, geralmente, tem um "gosto" específico por ficção do estilo "Senhor dos anéis". Por outro lado, destacamos no caso de BN e JL o papel da escola e da prática de educação infantil. As duas alunas, que são de instituições diferentes retrataram práticas na educação infantil que foram semelhantes, com as rodas de leitura e ciranda de livros. Como um "recurso" essa dinâmica inseriu a prática da leitura na construção cultural dessas jovens, uma prática que ainda existe em muitas escolas e que é extremamente importante. Porém, ao avançar as fases escolares essa prática vai se restringindo às disciplinas de literatura e cada vez mais focalizadas em temáticas específicas. Com as leituras obrigatórias do vestibular e o extenso currículo de outras disciplinas, entre elas a física, a leitura nos parece se tornar uma obrigação difícil e entediante para a grande maioria. Nesse sentido, refletimos sobre as práticas de leitura nas áreas de ciências. Vale ressaltar que as duas citam um momento de interesse por leituras voltadas à ciência, ou seja, a aluna BN cita a sua tentativa de ler um livro sobre física e a aluna JL sobre biologia. Portanto, cabe aqui o questionamento, por que as outras áreas também não inserem na sua prática a

leitura? É claro que o currículo deveria ser revisto, mas as possibilidades temáticas e o alcance da prática da leitura se estenderiam muito. Talvez fosse necessário recuperar, de forma aplicada aos níveis fundamental e médio, as práticas do ensino infantil. Sendo assim, como já havíamos pontuado anteriormente, no caso de RV e BU, a prática de leitura nas aulas de ciências se limitam ao básico necessário da apostila ou do livro didático. É necessário salientarmos que ter a leitura inserida na cultura é um passo fundamental para o desenvolvimento da personalidade, da autonomia, como salienta a aluna JL ao dizer que se tornou uma leitora autônoma, para aprendizagem e para a construção da sua cultura. Se a leitura não está presente e não é estimulada na ciência, a inserção da ciência na cultura do indivíduo fica ainda mais restrita.

Outro aspecto que investigamos é a prática de assistir *programas de televisão*. A prática é bem diversificada e organizamos as informações em uma tabela que apresentamos no anexo D. Dos 25 entrevistados, 14 afirmaram não assistirem televisão (56%), por falta de tempo. No entanto, os alunos RV, BN e JP apresentaram outro motivo. Segundo eles a programação é fraca e existe muita manipulação de informações, algo que os leva a buscar alternativas como a internet, em que, segundo eles, é possível selecionar um pouco mais a fonte da informação. Mesmos os que dizem não assistir televisão por falta de tempo, possivelmente, em suas casas têm contatos com pessoas que assistem com frequência. Para muitos, apesar de não terem tempo no momento, em outras épocas devem ter assistido, como por exemplo, a aluna YA.

Aluna YA

E: Você assiste TV?

YA: Não, não assisto nada.

E: Por falta de tempo ou porque não gosta?

YA: É por falta de tempo sim... qui nem para ler livro eu queria ter tempo de ler livro, além dos da fuvest que é um coisa mais objetiva é o que eles pedem não necessariamente você goste, mas não da tempo.

E: Mas na TV tem algum programa que em algum momento você gostou de assistir?

YA: Tem... tem programa, tem uns programas que eles falam sobre o universo na discovery, não sei se ainda passa.

E: Acho que sim.

YA: Eu assisti muito... tem uns que falavam sobre buraco negro, buraco de minhoca...

Apresentamos esse trecho, que aborda também a prática de leitura, reforçando as questões sobre tempo para ler e gosto de ler para lazer. Quanto à televisão e à influência na vida da aluna, que nos dias atuais da sua vida não assiste televisão, esteve presente em outro momento, em que a aluna teve muito contato com um programa específico que tratava de astronomia. Voltaremos nesse ponto quando da análise do conceito de tempo.

A televisão é um meio formador de opinião que está na maioria das casas da população brasileira há muito tempo. Portanto, olhando para os que afirmaram assistir é possível entender e problematizar algumas relações:

Aluno MF

E: quanto aos programas de televisão, noticiário esportivo, telejornal, você senta para assistir?

MF: As vezes eu sento, as vezes um jornal nacional, mas é de vez em quando. Tipo, eu converso muito com meu pai, tipo... meu pai sempre assiste e quem acaba me contando as coisas e aguça a minha curiosidade é ele... aí eu vou procurar na internet sobre o assunto. Mesmo porque eu acho que eles manipulam demais a informação.

Aluna FC

E: Pelo que eu vi, na televisão você só assiste isso (se referindo as questões ambientais)

FC: Ah..sim,

E: Animal Planet...

FC: History chanell, discovery chanell... eu e meu filho.

E: Qual a idade do seu filho?

FC: Ele fez 8 anos

E: Ele estuda nessa mesma escola

FC: (interrompendo) Não, não, ele estuda no Parthenon. É uma escola construtivista

E: É eu conheço... meu filho também está lá.

Obs: Nessa hora começou uma chuva torrencial e a gravação ficou um pouco prejudicada. Estávamos em um local com telha de zinco.

Aluna RC

E: Quanto a programas de televisão, assim, o que você mais gosta de assistir?

RC: Alguns... ann..., não sei se você já assistiu alguns documentários da Amazônia sobre os bichos mesmos que estão em extinção, algum que é muito conhecido é o segredo do pedigree foi aonde eu comecei me interessar por essa área

E: Ele tem na teve aberta?

RC: Não, não tem traduzido

E: Tem outro que você assiste com frequência?

RC: Estou meio sem tempo, mas gosto bastante do Planeta animal

No caso do aluno MF, apesar de pouco assistir televisão, ele ressalta a influência do pai que de uma forma ou de outra leva a informação ao filho. No entanto, o aluno MF, ainda que de forma breve, indica reconhecer a manipulação das informações pelos programas de televisão, algo que, como estamos refletindo, está inserido na cultura da sociedade, formando e construindo opiniões com direcionamentos específicos. Sem dúvida, a internet abriu como o próprio aluno indica, mais uma possibilidade de escolher a fonte a informação.

No caso da aluna FC, apesar do trecho ser curto e objetivo, a aluna tem uma "prática" cultural voltada para a televisão que se mostra uma continuidade da sua leitura, algo que é um indicativo da inserção dessa prática na sua cultura. A aluna RC da biologia, que trabalha com o trato de animais de estimação, também tem a sua leitura e

escolha de programas de televisão voltados para essa temática. Sobre as alunas, FC e YA, fica a dúvida, que não foi explorada em todos os casos na entrevista, se o interesse pelos assuntos, "nasceu" do contato com os programas de televisão, ou o interesse existia e as levou a buscar esse tipo de programação específica. No caso da aluna RC fica claro na entrevista que os programas de televisão despertaram o seu interesse. Também para exemplificar, podemos brevemente comentar a nossa própria experiência. O nosso interesse por ciência tem muitas origens, porém a mais clara delas está referenciada no programa *Cosmos* apresentado e elaborado pelo astrofísico Carl Sagan que esteve na televisão brasileira por volta dos anos 80.

Em nossos dias, a televisão ganhou dois concorrentes de peso, *a internet e o celular*. O celular além de poder acessar a internet, em casos específicos com aparelhos que trazem essa tecnologia, as mensagens e outros recursos seduzem bastante o usuário. Nesse caso, pensar em, inicialmente, apresentar esses dados de forma quantitativa, como as tabelas que temos apresentado para cada item, nos trouxe uma grande dificuldade. O aparelho de celular, como já dissemos, faz muito mais do que apenas ligações, portanto, pensar em separar o uso da internet desse aparelho não é algo possível de fazermos a partir das entrevistas. Muitos alunos se julgam dependentes da internet, tendo o celular como equipamento de acesso. Fizemos algumas questões como: Se você estiver em uma local isolado e tiver de escolher entre ter o celular ou a internet, qual você escolheria? De qual "tecnologia" você se julga dependente? Muitas respostas indicaram o celular com acesso à internet e, na concepção das questões tínhamos separado o celular pensando na comunicação por voz ou mensagem e a internet apenas com computadores, algo que em nossos dias já está ficando ultrapassado. No *anexo E* apresentamos uma tabela sobre os principais usos da internet e do celular, segundo os próprios alunos. No entanto, o acesso a internet pode ser de um celular, tablet ou computador (notebook ou "Fixo"). Na sequência, vamos apresentar alguns trechos de entrevistas quanto a essa temática que, a nosso ver, são significativos para entender a presença da tecnologia na cultura do indivíduo e dos grupos. Voltamos, inicialmente, o nosso olhar para duas alunas que manifestam a sua estreita relação com o celular e a internet

Aluna RC

E: Como é a sua relação com esse aparelho? (mostrando uma foto de celular)

RC: Eu tenho um sério problema com esse aparelho... passo muito tempo nele, até demais.

E: O seu celular...

RC: (interrompendo) eu tenho 4 números fora o residencial
 E: Mas você é daquelas então, se você esquece você volta para buscar?
 RC: Claro
 E: E se você ficar sem, você sente?
 RM: O meu celular caiu no chão no domingo e, olha só, eu to entrando em desespero. Hoje é terça e eu to só com um.
 E: São quantos celulares?
 RC: São dois celulares fora o da vivo. Mas é muito complicado a minha relação com o celular.
 E: E com relação a internet?
 RC: Internet é meio complicado assim... Eu tenho internet em casa eu tenho internet no celular... eu uso bastante assim, ao celular muito pesquisa de ultima hora coisa que eu não sei, então eu uso muito o celular para isso que é um bem avançado que dá pra mexer. E assim notebook é meio complicado...
 E: O que é pior é ficar sem internet ou sem celular?
 RC: Sem celular, porque pelo celular eu consigo acessar a internet, agora...pela internet eu não consigo falar.
 E: E falar é fundamental?
 RC: Falar é fundamental. Assim, a pessoa que mora sozinha ela sente um pouco assim sem poder conversar, então se tá sozinha você fala vou ligar para alguém e esse aparelho ajuda mesmo ajuda bastante

Aluna BA

E: Como você se relaciona com esse aparelho? (mostrando uma foto de celular)
 BA: Ah, hoje em dia a gente não vive sem.
 E: Você é muito dependente?
 BA: Muito dependente. Hoje mesmo eu desci na garagem de casa entrei no carro e... esqueci o celular. Voltei tive de voltar e pegar.
 E: Você já saiu e esqueceu?
 BA: Já, é como se uma parte do corpo não estivesse...muito estranho.
 E: O seu celular acessa a internet?
 BA: Sim acessa.
 E: E com relação a internet, como ela é pra você?
 BA: Eu sou uma grande usuária e eu fico pensando assim, como que quando eu era menor não tinha internet e tinha que ir pra biblioteca e tinha que ficar naqueles livros lá e tal, procurar tanta coisa achar...
 E: Hoje você não vai na biblioteca?
 BA: Hoje não, hoje eu compro pela internet... tá mais acessível hoje, eu acho...
 E: Mas você olha artigos na internet?
 BA: Ah, sim artigo sim...
 E: Mas no centro cultural vergueiro, por exemplo, você não vai fazer uma pesquisa
 BA: Só para ver um show...
 E: E na biblioteca?
 BA: Não, na biblioteca de lá não. Nas bibliotecas daqui eu vou mais por conta do TCC e das indicações dos professores. Se tivesse na internet eu iria pela internet.
 E: O que faria mais falta, ficar sem o celular ou sem internet?
 BA: Complicado, acho que sem internet.
 E: Se em um lugar isolado você tivesse de escolher entre os dois, internet e celular, o que você escolheria ter?
 BA: Internet com certeza.

Esses dois trechos revelam a intensidade da relação dessas alunas com a internet e o celular, algo que pode ser extrapolado para a grande maioria dos entrevistados. A aluna RC, além da presença natural dessas tecnologias na sua vida, tem uma particularidade de morar sozinha em uma grande cidade. O seu depoimento revela a importância do celular como um instrumento que pode "substituir" a ausência de pessoas. A internet também é importante, mesmo porque o celular dela tem acesso à internet, no entanto, como ela própria diz, já no final do trecho, a internet não fala e falar, ou seja, ter a "presença" de alguém, ainda que apenas de forma virtual, é fundamental para o seu equilíbrio emocional. Como a sua família está no interior do Brasil, a tecnologia "diminui" à distância, ou seja, "altera o espaço", e torna o "tempo algo simultâneo".

Por outro lado, a aluna BA também deixa clara a sua relação de dependência das tecnologias, mas a internet é algo ainda mais inserido em sua cultura. Ela apresenta um questionamento muito comum sobre a presença da internet, ou seja, como ela "sobreviveu" sem isso na infância. Parece-nos ainda que a internet substitua muitas outras "coisas". Ela utiliza como exemplo a pesquisa, colocando a internet como uma substituta da biblioteca. Sem dúvida, em muitos casos a internet favorece e, na vida contemporânea, tem um papel fundamental dentro desse emaranhado de relações que construímos em nossa sociedade. No entanto, olhando por outro ângulo, a visita à biblioteca tem componente intrínseco desde a "viagem" para o lugar, contato com as pessoas no caminho e na própria biblioteca, até o contato com os livros, algo que, a nosso ver, a vida moderna, utilizando-se também da internet, tem nos tirado. Parece-nos também que a internet tem cada vez mais substituído as relações humanas, conduzindo-nos para essa dependência e deixando-nos ao mesmo tempo conectados com muitos, mas isolados de todos. A necessidade do celular, como telefone, que não negamos ser importante, assim como a internet, que é algo realmente extraordinário, tem se tornado uma ferramenta importante dentro da lógica capitalista de consumo. A seguir, reforçando essas questões e trazendo outras reflexões, apresentamos um trecho de outra entrevista com uma aluna da pedagogia, que também é formada em matemática, e atua profissionalmente como professora de matemática e de física no ensino médio de uma escola particular da região.

Aluna AO

E: Você assiste televisão?

AO: Não, não dá tempo.

E: Mas quando dá, o que você mais assiste?

AO: Ah, eu gosto bastante dessas séries... ann... CSI, Dr House... agora...num... ver televisão está complicado não tem muita coisa atrativa. Eu procuro me afastar mesmo, quando eu ligo é para assistir um filme, ou uma série...

E: Você tem cabo? (se referendo a TV fechada)

AO: Eu assisto tudo pela internet. Também não tem nada de bom na TV

E: Eu tava lendo aqui que você utiliza a internet para preparar suas aulas?

AO: É, é a minha ferramenta fundamental porque é bem mais prática porque ultimamente está difícil procurar livros, né, aí eu chego em casa e por conta do horário a internet é a minha salvação

E: Que site você mais acessa?

AO: Olha, não tem um site específico...

E: Fisicanet?

AO: É então... assim... todos, aqueles portais de educação todos que tiver eu acesso

E: Ok, daqui a pouco a gente volta nisso. Mas como você se relaciona com esse aparelho? (mostrando uma foto de um celular)

AO: Olha, eu não sei como seria se não tivesse... (risos)... eu sou fascinada por tecnologia, tanto que tudo que eu faço eu procuro incluir tecnologia, então acho fundamental

E: O seu celular tem acesso à internet?

AO: Tem, tem acesso a internet. Eu preciso a toda hora, mesmo por causa da minha profissão, às vezes eu preciso de uma informação rápida na sala de aula, então já tenho o meu celular porque hoje em dia a sociedade pede isso coisas rápidas, respostas rápidas e o aluno hoje em dia crescendo nesse meio precisa de um profissional que... né... atenda essa demanda... e eu sou fascinada por tecnologia.

E: Como você lida com os celulares dos alunos?

AO: Então, tem as regras na escola não pode utilizar... só que eu sou muito teimosa e eu cheguei lá com essas idéias e disse que em algumas situações precisa, então nas minhas aulas, principalmente nas de física, eles levam notebook, aqueles tablets eles também levam, né, mas tudo supervisionado tem que tomar muito cuidado e é uma responsabilidade grande e realizou algum acesso inadequado a culpa é minha.

E: Isso pode tomar outro caminho?

AO: É então, assim, eu preciso tomar cuidado, prestar bastante atenção no trabalho que eles estão realizando, mas ainda bem nunca deu nenhum problema... eles compreendem bastante eu acho que eles até gostam, né, porque a partir do momento que eles... que a gente faz um acordo na sala de aula, estabelece um acordo de confiança, olha só vocês vão usar mas é com essa finalidade, com esse objetivo deixando claro a atenção na sala de aula eu acho que dá certo.

E: Mas como é a AO (falando o nome da aluna) aluna, a AO aluna consegue ficar 50 minutos sem usar o celular?

AO: Não então, aqui é por causa da proposta. Aqui na faculdade eu não... assim a proposta dos professores não leva muito, não tem muito a necessidade de utilizar na sala de aula. Mas qualquer trabalho que eu faço eu coloco alguma coisa.

E: Mas você mexe nas aulas?(pensando no celular)

AO: Aquela coisa de rede social? Ah, não eu não gosto disso. Não sou do bate-papo, do msn ...

E: Mas e se você esquece? Falta um pedaço?

AO: Não eu preciso muito dele para o meu trabalho, na sala de aula para o trabalho mesmo... eu quase não faço ligação e nem recebo ligação. Mais é a internet mesmo.

E: Se você fosse para um lugar mais isolado o que faria mais falta?

AO: Não tenha duvidas é a internet. Preciso de informações rápidas.

E: Mas a internet faz mais falta?

AO: A internet pra mim é fundamental, porque hoje em dia como eu disse a gente precisa de informações rápidas, impossível...

E: Em casa você utiliza muito a internet?

AO: Muito, a todo tempo eu acordo e já ligo e já vejo se aconteceu alguma coisa diferente já pra eu não chegar na sala... é totalmente preocupada com o trabalho... pra eu não chegar na sala de aula e ficar perdida com alguma informação... algum aluno perguntar alguma coisa e eu já conseguir relacionar o acontecimento com o tema do dia...

E: Você tem a preocupação de chegar na sala de aula e um aluno falar: o professor você viu aquele acelerador de partículas, e você não está sabendo do que se trata?

AO: É e aí eu nossa não to sabendo de nada. Aconteceu e eu nem sabia teve um eclipse e eu nem sabia que teve o eclipse e aí eu fiquei chocada... aí o aluno falou: Professora eu vi o eclipse, e eu nossa e agora como assim. Tá vendo, eu pensei, nossa eu não posso perder essas coisas é algo fundamental.

E: Você se cobra?

AO: Eu me cobro muito quanto a isso. E as pessoas falam, nossa para com isso, mas eu sinto essa necessidade...antigamente não era tanto assim é mais nos dois últimos anos...

E: E as avaliações como são?

AO: Na verdade eu sou... o tipo de avaliação que a gente faz eu discordo, eu sou contra...acho que esse negócio de prova...mas como precisa ter, né, é a regra aí eles fazem a avaliação e aí eu não permito o uso da tecnologia, nem de calculadora... mas só naquele momento, mas durante a aula eles tem toda a liberdade.

Esse longo trecho da entrevista da aluna AO é bem interessante e significativo. No início, ainda falando sobre os programas de televisão, a aluna nos revela a sua relação com a internet. Os programas de televisão que ela assiste, quando tem tempo, são filmes e para isso utiliza a internet. Essa relação vai sendo explicada ao longo da entrevista, pois na sua atuação profissional, como professora de matemática e física, em especial para a preparação das aulas de física, a internet tem um papel significativo. A rotina diária de trabalho e estudo tem na internet uma grande aliada na pesquisa e preparação de temas das suas aulas. Além disso, ela confessa ter fascínio por tecnologia, procurando inseri-la em todas as atividades que realiza. Na sua fala é possível perceber o quanto a tecnologia está inserida na sua cultura. Quando passamos a questioná-la quanto ao uso do celular, como telefone, a sua justificativa está relacionada com a internet. Esse aparelho parece ser para a aluna o seu grande "mentor", pois a internet é a sua principal fonte de consulta.

A entrevista, nesse ponto, vai tomando outros caminhos e chegando novamente à sua prática profissional. A aluna leva a tecnologia para a sala de aula, fazendo uma leitura de que os alunos "nasceram" nesse mundo digital e a escola não pode ficar alheia a esse processo. Ainda que reconheçamos ser importante a atitude dela nesse processo,

tentando "levar" a aula para dentro da cultura desses alunos, parece-nos uma atitude isolada, não compartilhada pela escola e não construída dentro de um plano educacional organizado. A avaliação, que a nosso ver deve ser entendida com parte integrante do processo de aprendizagem, continua no mesmo padrão. Ainda que nosso tema não seja exatamente esse, como conceber um processo de aprendizagem através de mídias e uma avaliação "a moda antiga"? A resposta a essa pergunta não é tão simples e não estamos com isso criticando a iniciativa da entrevistada, porém é um tema importante e relevante. Como as tecnologias devem fazer parte da cultura no processo de ensino-aprendizagem da escola? São perguntas que não responderemos, mesmo porque a nossa temática segue para outro caminho, mas entendemos que não podemos deixar a escola alheia a isso tudo, porém também não queremos que os nossos alunos deixem de ter a oportunidade de experimentar, por exemplo, o "gosto" pela leitura em uma biblioteca, algo que a aluna BA cita como inviável para nossa realidade.

Passaremos agora para exemplos que são um contraponto daquilo que discutimos até agora. Percebemos a força das tecnologias dentro da cultura, algo que ocorre com mais intensidade nos mais jovens, ainda que muitos idosos, após a aprendizagem e uso, passam a utilizar muito a internet. Conforme avançamos nas faixas etárias a dependência e o domínio dessas tecnologias vão diminuindo. Vejamos dois exemplos:

Aluna CS

E: Como você se relaciona com esse aparelho? (mostrando uma foto de celular)

CS: Relação?

E: É qual a sua relação com o celular?

CS: Relação...

E: Como você se relaciona com o celular e com a internet?

CS: Ah, eu não sou dependente... nem do celular e nem da internet.

E: Mas se você sair da sua casa, esquecer o celular e tiver tempo, você volta para buscar?

CS: Não volto, não volto não, isso já aconteceu e eu não voltei

E: E fica bem o dia...passa bem...

CS: Eu fico bem, quem não fica bem é o meu marido que quer falar comigo de 15 em 15 minutos... ele passa mal, eu não tenho dependência.

E: E de internet?

CS: Também não.

E: Se você estiver em casa você não fica querendo acessar toda hora

CS: Não, não. Acesso duas a três vezes por semana... ann... até tenho dificuldade de alimentar o orkut, facebook, e-mail...tenho muita dificuldade. Só nas necessidades mesmos.

E: Se fosse para um lugar isolado e tivesse de escolher um deles?

CS: Ficaria muito bem sem os dois... meu marido eu não sei (risos)

Aluna MA

E: Como você se relaciona com esse aparelho? (mostrando uma foto de celular)

MA: Esse aparelho aí é um problema para mim, e são vários, assim tenho o celular, mas eu não sei manusear direto (um pouco constrangida)

E: Se você esquece, você volta para pegar?

MA: Assim, que nem hoje... não hoje não, que nem ontem eu venho pra faculdade e eu ligo pro meu marido me encontrar que as vezes é tarde, mas ele não me faz falta... e assim eu tenho dificuldade de manusear...manusear assim, pra mandar mensagem... não sei a minha idade, eu...como é que fala assim...são umas coisa diferente né...

E: Pra você é uma coisa nova?

MA: Uma coisa nova e diferente.. aí eu brigo com ele...(falando do celular)

E: Mas faz falta?

MA: Pra mim não

E: E a internet?

MA: Então a internet... por estar na faculdade e ter trabalho e é difícil... eu fiz até um curso, só que esses dias atrás eu tive de mandar um e-mail e não sabia. Tive de ligar pra minha filha no trabalho, eu não gosto de incomodar minha filha, e ela me ajudando, eu atrapalhei ela no serviço pra me ajudar... porque eu tinha de enviar um e-mail e não sabia como fazer. Então o computador eu não tenho noção e isso é assustador... é a dificuldade que nem fala assim você tem que não estar com medo e pesquisar...

E: Você fica nervosa?

MA: Fico nervosa...mas agora já sei digitar e fico digitando e minha filha não tem paciência... fica brava né e assim, desde o começo da faculdade eu brigo com ele (se referindo ao computador)

E: Você tem acesso à internet em casa?

MA: Tenho acesso a internet, até eu vi na internet agora, antes da entrevista se tinha e-mail. Até esses dias atrás eu entrei pra fazer pesquisa e bloqueou o computador e eu tava em casa, sozinha, não conseguia fechar não conseguia nada... aí minha filha, mãe tira da tomada também você entra em qualquer lugar... e sabe foi difícil... é meio assustador ele. Eu tenho que aprender, eu peguei curso, tenho certificado, mas olha...eu não gosto de depender dos filhos, eles tem os compromisso dele.

As duas alunas se mostram claramente independentes do celular e da internet. No entanto, a aluna CA coloca-se até com maturidade mostrando não se incomodar com a falta de celular ou da internet. Deparamo-nos com outros alunos assim, que utilizam o celular apenas como relógio. São situações que nos parecem bem isoladas, porém existentes. Por outro lado, a aluna MA, que é a aluna mais velha que entrevistamos, além de afirmar não depender do celular ou da internet, apresenta outra dificuldade em manusear o aparelho. Como ela existem milhões de pessoas, geralmente mais idosas, que são esquecidas e deixadas de lado à margem da sociedade, por não saberem minimamente operar os computadores. A inserção da vertente digital na cultura de nossa sociedade gera muitos excluídos. Na relação da aluna MA com a filha, temos quase uma inversão de papéis, ou seja, agora é a filha, quando pode e quer, ensina a mãe.

Como último aspecto da parte cultural que investigamos, *a religião* é uma componente bem sólida na cultura das pessoas. Vejamos a tabela a seguir.

CURSO	ALUNO	RELIGIÃO			
		ATUAL	PRATICANTE	FAMÍLIA (mãe/Pai)	PRATICANTE
MÉDIO	BU	Evangélica	Sim	Evangélicos	Sim
	BN	Espírita	Não	Católica/Evangélico	Sim
	MG	Espírita	Sim	Católica/Espírita	Sim
	JC	Católica	Sim	Católicos	Sim
	JL	Católica	Não	Católica	Não
	YA	Agnóstica	Sim	Católicos	Não
	JP	Evangélico	Não	Espírita	Não
	JR	Católico	Sim	Católico	Sim
	ER	Ateu	Sim	Espírita/Católico	Sim
	MF	Ateu	Sim	Espírita	Sim
	RV	Ateu	Sim	Não tem	Não sabe
PED	FC	Espírita	Sim	Católicos	Não
	AO	Evangélica	Sim	Católicos	Não
	PR	Não tem	Crê em Deus ⁸⁸	Evangélicos	Sim
	EC	Evangélica	Sim	Evangélicos	Sim
	AM	Espírita	Sim	Católicos	Sim
	CS	Mormom	Sim	Mormom	Sim
	LU	Católica	Sim	Católicos	Sim
BIO	KM	Não tem	Crê em Deus	Católicos	Sim
	RC	Espírita	Não	Evangélicos	Sim
	IB	Evangélica	Sim	Católica/ Evangélico	Não
MAT	AP	Espírita	Sim	Católicos	Sim
	MA	Católica	Sim	Católicos	Sim
	BA	Evangélica	Sim	Evangélicos	Sim
	ED	Evangélico	Sim	Evangélicos	Sim

Tabela 24: Religião

Observando a tabela sobre religiões podemos mapear esse tema de várias maneiras. Pensando nas religiões, temos 5 católicos (20%); 7 evangélicos (28%); 6 espíritas (24%); 3 ateus (12%); 2 que não têm religião, mas creem em um criador (8%); 1 agnóstica (4%) e 1 mormom (4%). Por outro lado, pensando na crença em um criador, temos: 21 entrevistados que crêem em um criador (84%) e 4 que não crêem em um criador(16%). Quanto às famílias é curioso observar que em 15 delas (60%) o pai ou a mãe, ou os dois, são católicos, algo que não se refletiu na escolha religiosa dos filhos. São 24 famílias (96%) de religiões que creem em um criador, algo que se reflete na

⁸⁸ Apesar de não serem adeptos de nenhuma religião acreditam na existência de um Deus.

escolha dos filhos. Ainda é possível observar esses dados de outra forma, quanto a ser praticante da religião, no sentido de frequentar assiduamente, temos, no caso dos entrevistados um total de 19 pessoas (76%) praticantes; e no caso dos pais são 18 famílias (72%) que são assíduos frequentadores.

Com a intenção de investigar a presença religiosa na cultura dos entrevistados, os dados do questionário geral já apontam nesse sentido, porém, além da pergunta direta sobre o assunto durante as entrevistas, apresentamos duas situações para os alunos se posicionarem, utilizando as figuras a seguir:

Consequência de um Terremoto

Tsunami "em ação"

Figura 13: Desastres naturais

Figura 14: Origem do Universo

A seguir apresentamos trechos das entrevistas relativos à investigação sobre a presença da religião na cultura dos estudantes utilizando as figuras 13 e 14.

Aluna AP

E: Eu trouxe essas fotos ((mostrando as fotos)) só para ilustrar... aqui temos a consequência de um terremoto e um tsunami...

AP: ((Interrompendo)) Em ação...em tempo real vamos dizer assim...

E: Isso mesmo... duas coisas que estão aí na mídia... a minha pergunta é... a que você atribui esses acontecimentos? Quais são as causas disso?

AP: Eu entendo que é assim... é a humanidade que está entrando em um certo desequilíbrio né... ela... de uma certa forma tudo que a gente faz reflete em alguma coisa... né... então si a humanidade não trata a natureza de uma maneira correta...a natureza vai responder dessa mesma forma...né... então assim tanto...tanto a parte de qualquer desastre assim que aconteçam da parte...por que assim por muito... a parte natural da coisa...eu tenho essa impressão que é um desequilíbrio nosso né... das ações humanas a parte...enfim de poluição da própria camada de ozônio tudo isso em desequilíbrio... eu acho que vai causando assim...concomitantemente uma série de prejuízos pro planeta de uma maneira geral. O Raul Seixá, desculpa citar, mas assim... que sou muito fã...assim numa música ele cita assim ele fala assim que vê o planeta como um cachorro né...e...ele fala que quando ele já não aguenta mais as pulgas... ele se livra delas num sacolejo...e é mais ou menos isso a humanidade são essas pulgas...então de repente a humanidade buliu tanto com o planeta...né que ele faz

essa comparação... então eu entendo dessa forma a gente as vezes ocasiona isso...entendeu?

E: Sim... ok.

No significado, essa foi a resposta mais dada nessa situação, ou seja, atribui-se as causas de um terremoto ou tsunami a problemas ambientais causados pelas ações humanas. Vale ressaltar a metáfora citada pela aluna ao lembrar o Raul Seixas, procuramos a música citada e se chama "*As aventuras de Raul Seixas na cidade de Thor*" que nos parece ser uma grande crítica a diversas práticas de nossa sociedade. O trecho citado pela entrevistada é exatamente assim: "Buliram muito com o planeta/E o planeta como um cachorro eu vejo/Se ele já não aguenta mais as pulgas /Se livra delas num sacolejo" (Raul Seixas). A aluna associa a palavra "sacolejo" ao terremoto e às outras catástrofes, mas sempre atribuindo causas naturais sem nenhuma associação com a religião.

Em outras entrevistas que, embora essas respostas tenham ocorrido em menor número, à explicação dos terremotos esteve associada a problemas internos do planeta e mesmo quando questionados sobre uma possível causa divina discordaram.

Aluna RC

E: Eu tenho aqui, ah, duas fotos para ajudar a gente a pensar um pouco, aqui você tem um terremoto, ou melhor as consequências de um terremoto e aqui um tsunami em ação. Quanto a essas situações, como você se posiciona? Como você explica esses acontecimentos? Por que eles ocorrem?

RC: O que eu atribuo...com relação a...em relação aos terremotos e tsunamis são devido a movimentação das placas tectônicas mesmos, né, mais em relação ao tsunami é mais o aquecimento mesmo, então muda tudo...acho que tem tudo a ver uma coisa com a outra.

E: Mas tem influência do homem, é isso?

RC: Acredito que tem influência sim do homem

E: Mas você vê influência de outra natureza, assim, de ordem mística... por exemplo, estamos fazendo isso, logo Deus está fazendo aquilo, ou você acha que são coisas independentes

RC: Assim, falam que na bíblia diz que ia acontecer isso, né, mas assim não sei se tem a ver porque o que eu tenho em mente é o seguinte: o mesmo pecado que aconteceu anos atrás acontece hoje, a única diferença é que hoje tem mais mídia, porém acontece e hoje fica todo mundo sabendo...porém, acho que não tem a ver não com isso.

Aluna BU

E: Como você explica essas catástrofes naturais?

BU: Acho que é uma coisa natural, como o próprio nome já diz, mas que foi agravado pelo homem, eu não ponho toda a culpa no homem... porque mesmo se a humanidade não existisse iria acontecer. O movimento das placas tectônicas é indiferente de o homem estar se movendo para esquerda ou para direita na Terra, mas acho que isso agravou algumas tragédias.

E: Você atribui isso a algum outro fator?

B: Pela religião ela prega que isso tem a ver com o final dos tempos...daquela coisara da toda que com certeza você já conhece, mas acho que foi falta de informação, pois agora que estamos vendo os dados estamos constatando que isso está se aumentando, mas falar que é culpa de Deus ou obra de alguém... eu não acho isso certo. Acho que é uma coisa normal.

Aluna JL

E: ...mas...vamos lá aqui ((mostrando as fotos)) nos temos as consequências de um terremoto e um tsunami em ação... a minha pergunta é... temos dois fenômenos naturais... como você se posiciona diante desses fenômenos naturais? Você acha que são naturais mesmo ou tem alguma outra influência?

JL: Ah.. sei lá...acho que... bom acredito sim que são naturais e talvez as consequências dele seja potencializada por outros fatores que não sejam só naturais... então terremotos acontecem e suas consequências podem ser muito diferentes em relação a infraestrutura de um país ou de uma cidade... tanto que caiu isso numa prova de geografia que comparava o número de mortos no Afeganistão e o número de mortos na China ou no Japão... que é muito maior em um lugar e muito menor em outro... é são naturais mas a causa deles pode ser diferentes

E: Você enxerga algum atributo religioso?

JL: Não...eu vejo muito mais do lado das placas tectônicas que mexem...da diferença de pressão e temperatura...acho que não

E: E você faz alguma relação disso com as questões ambientais...hoje muito em voga... os problemas que o homem causa?

JL: É...acho que em relação a terremoto e a tsunami...provocar um terremoto ou um tsunami é muito difícil... é... to desmatando e por causa disso vai ter um terremoto... isso é uma coisa muito interna do planeta..

Como vimos, as alunas RC, BU e JL associam as causas desses fenômenos naturais ao movimento das placas tectônicas. A aluna RC, que é da biologia e já tinha estudado geologia, atribui uma causa diferente para o tsunami associando ao aquecimento. Embora a aluna JL também cite a temperatura e variação de pressão, isso não está associado às ações humanas, algo que também é compartilhado por BU quando afirma que são acontecimentos que independem da humanidade. Por outro lado, mesmo com questionamentos mais diretos, elas também não associam esses problemas às causas divinas e demonstram conhecer, no caso de BU e RC, minimamente algumas indicações religiosas. Mas, a nosso ver, há um pouco de "maturidade" nas suas convicções, apresentando inclusive explicações associadas à ciência.

Com o intuito de entender até que ponto a componente religiosa da cultura tinha influência sobre as concepções dos entrevistados, colocamo-los diante de outra situação e os resultados foram diferentes. Agora as situações buscavam investigar as concepções dos alunos sobre qual "modelo" de surgimento do universo eles eram adeptos. Uma grande parte das respostas se localizou em um modelo intermediário, vejamos:

Aluna IB

E: Como vocês se posicionam em relação a esse assunto ((mostrando as fotos))?

IB: Olha...mais ou menos eu tenho uma terceira hipótese...porque é... eu tipo...como científica e protestante é difícil escolher entre uma e outra... mas pra mim na verdade as duas se entreligam... eu acho que Deus... é... tão assim perfeito nas coisas que ele explica tudo cientificamente... é isso que eu acho...

E: Então você, por exemplo, quando pensa na criação você não pensa na criação segundo o gênesis?

IB: Não não penso.

E: Então você pensa no big-bang e atrás dessa historia toda tem um Ser inteligente?

IB: É tem um dedinho de alguma coisa maior

Aluna JC

E: Aqui tem quatro fatos que simbolizam formas de pensar o surgimento do universo... a onde você se localiza aqui?

JC: Então eu acho... eu acredito assim então na explosão e teve a explosão e tudo se constituiu desse jeito...mas eu acho também...que...da onde veio essa explosão? Então acho que tem a parte da ciência...mas por mais que a gente queira tirar isso sempre tem uma ligaçãozinha com a religião...

E: Você é de que religião?

JC: Eu sou católica

E: Mas é católica de frequentar?

JC: Sim meu pai sempre de pequena levava a gente na missa... então a gente vai quase todo o domingo ou sábado na missa

E: Mas você fez 1ª comunhão...

JC: Sim crisma também ...

As respostas das duas alunas IB e JC são parecidas e representativas da maioria das respostas. Elas associam o modelo científico mais divulgado, o big-bang com a presença de um Ser divino que inicia o processo, portanto são adeptas de um modelo intermediário, que admite a presença e força da componente religiosa no que diz respeito ao surgimento do universo. As duas têm religiões diferentes, são de famílias religiosas, além de serem praticantes. No entanto, dentro do grupo dos que têm religião e, portanto acreditam em Deus, temos respostas um pouco diferentes, ainda que em menor número.

Aluna KB

E: Aqui tem quatro figuras que ajudam você a pensar na origem do universo...onde você se posiciona em relação a isso?

KB: Nessa na criação

E: Mas como você pensa isso?

KB: Sim... eu acredito que Deus...criou o mundo...acredito nisso

E: Certo, mas daquela forma... digamos... que o Genesis propõe... lá fez em 7 dias...

KB: Mas mais superficial eu acredito... com a criação de Adão e Eva começou a surgir a humanidade e os homens é que foram construindo os locais... eu acho...será que estou falando bobeira?

E: Fica à vontade

KB: Sério mesmo... então vou falar o que eu acho... assim acredito que com a criação de Adão e Eva a humanidade começou a surgir e cada um foi criando o seu espaço... foi começando a ser criada as civilizações... as regiões que hoje são habitadas e isso foi melhorando com o tempo melhorando e tamos no que tá hoje assim... não penso em outra forma

E: Ok já entendi

Aluna RC

E: Essas quatro figuras nos ajudam a pensar na origem do universo...né... aonde você se posiciona?

RC: Ah... eu acho que me posiciono pela questão da criação...

E: E o teu posicionamento em relação à criação é o bíblico nos sentido literal?

RC: Sim sim é...

E: E a ciência nesse ponto como fica pra você?

RC: Eu acho mais fácil acreditar em algo que foi criado do que meteorito... etc...essas coisas..então pra mim é mais fácil acreditar na bíblia do que na história do big-bang que não tem muito nexo pra mim.

E: Você já leu sobre as duas coisas? Sobre a criação e sobre a ciência?

RC: A minha infância foi muito na bíblia né... mas sobre a ciência não muito...porém o pouco que eu li eu não acredito.

As duas visões nos surpreenderam não só por serem ingênuas sobre o assunto, mas também por serem de alunas da biologia. A aluna KB nem considera de nenhuma maneira a hipótese científica e a aluna RC, que questionamos mais diretamente traz, com mais intensidade na sua cultura a hipótese bíblica e também não considera a hipótese científica. Pelos contextos é possível perceber que as alunas estão diante de um contraste cultural. Sem explicitar isso com palavras, pensam que a ciência tem uma explicação de algo que não "dominam" exatamente, ou ainda não seja algo da sua competência. A aluna RC utiliza a expressão "é mais fácil acreditar..." e, apesar de dizer ter lido sobre o assunto (big-bang), a única menção concreta sobre isso aparece na palavra "meteorito", algo que não reflete o entendimento de quem fez pelo menos uma leitura mínima sobre o assunto. Essa aparente separação de "competências", ou seja, a origem do universo tem na religião a sua "fonte segura" para explicação, aparece ainda com mais clareza em outro trecho de entrevista.

Aluna CA

E: Olha essas quatro figuras...cada uma delas expressa um pouco um pensamento sobre a origem do universo...né...ann...em qual delas você localiza o teu pensamento?

CA: Ann...essa figura aqui ((apontando para a figura que representava o pensamento da criação)) representa o que eu penso...

E: Você pensa como?

CA: ((Interrompendo)) Como um ato de criação.

E: E essa outra figura...

CA: ((Interrompendo)) Isso é meramente científico para mim

E: Como você faz essa separação...quero dizer...interfere...porque na faculdade...são muitos pensamentos a questão científica aparece...como você lida com isso?

CA: Eu sou bem resolvida nessa questão...e isso eu devo a minha religião...

E: Você é frequente?

CA: Sim eu sou vou toda semana

Ao entender o modelo de origem do universo como algo "meramente científico", parece- nos que para a aluna CA, a competência de lidar com esse assunto não seja da ciência. É forte em sua formação cultural a componente religiosa. Aliás, a religião, que em nossas observações iniciais está presente na formação familiar da grande maioria dos entrevistados, apresenta no que diz respeito à origem do universo uma influência muito marcante sobre as convicções de muitos entrevistados.

Por outro lado, em quantidade muito menor, encontramos também alguns entrevistados que não compartilham da visão religiosa e, além disso, não acreditam em Deus, vejamos isso:

Aluno RV

E: Olhando para essas quatro figuras sobre a origem do universo...como você se posiciona? Qual representa o seu pensamento?

RV: Na da ciência.

E: Ciência? Porque explica melhor...é nessa? (apontando para as figuras da possibilidade 2)... eu só quero entender melhor...o que você entende por ser a da ciência? Você coloca Deus em algum lugar aqui?

RV: Não...

E: Você é ateu?

RV: Isso...sou ateu... acho que eu sempre fui desde criança... eu não sei...eu não acredito que seja uma ciência que a gente compreenda né...do...o porque aconteceu... apesar de a gente ter bastante entendimento de como aconteceu...a gente não tem total ciência da criação do universo...mas eu acho que a visão religiosa é só uma visão...não sei...como a gente não sabe a gente tem de se agarrar em alguma coisa...

E: Você não segue religião nenhuma... e não acredita em Deus... ok... entendi

Aluna YA

E: Quanto ao universo... como você pensa a origem?(mostrando as figuras)

YA: Ann...eu não acho que o universo tenha um criador...acho que...assim...as pessoas humanizam tentam humanizar alguém que criou algum coisa...acho isso errado...acho que pode...isso vai vinculado meio que a religião...então...como eu não tenho algo definido é meio difícil responder mas...

E: Você se intitula agnóstica?

YA: Por enquanto...

E: Você não é atéia?

YA: É antes eu me definia atéia...só que atéia não tem uma religião é contra... fala que você acredita em uma força superior ... eu acho que assim primeiro você tem de ter um conhecimento...então...quando eu começo a pensar se teve um criador eu...eu não acredito que tem algum criador acho que o big-bang é uma teoria plausível

E: Você entende bem ela?

YA: Acho que não muito bem...foi uma concentração muito grande...uma coisa assim...é um pouco básico o meu entendimento...

Nos dois casos, ainda que RV se intitule ateu e YA se intitule agnóstica, os dois não acreditam na criação do universo, por com um ser inteligente, algo muito difundido pelas religiões. Ambos acham a explicação científica mais satisfatória, mas o aluno RV nos parece ter um pouco mais de "domínio" sobre o assunto. Quando afirma a dificuldade em entender o "porquê", mas tem consciência de que a teoria explica bem o "como", mostra uma melhor compreensão do questionamento que fizemos e da amplitude da teoria que acredita (linhas 10 e 11 do trecho citado). É importante destacar que os dois alunos têm uma fraca ligação com a religião, algo que o aluno RV expressa no trecho, desde a origem familiar. Portanto, nesse caso, a componente religiosa não tem "raiz" na cultura desses estudantes.

Com isso, finalizamos as nossas investigações sobre as práticas culturais dos alunos entrevistados. Nesse processo que teve alunos entrevistados de "mundos" muito diferentes, portanto de culturas diferentes, pudemos observar alguns aspectos interessantes que compõem a cultura individual. Foi possível identificar, nas diferentes ocupações profissionais, a forma como que alguns se relacionam com as questões da vida e como cada atividade profissional pode contribuir na construção da cultura de cada um. A relação que os alunos com atuação profissional têm com o dia-a-dia é fundamentalmente diferente dos alunos mais jovens dedicados apenas à escola. A vida, as convicções e as preocupações são diferentes e próprias de cada fase. Outro aspecto que merece menção é a inserção da tecnologia na vida de cada um com suas diferenças. A presença da internet e do uso do celular nos mais jovens se mostra muito mais fortemente ligada à cultura, algo que também está na vida dos mais idosos, mas as preocupações são outras assim como a dependência também é aparentemente menor. Quanto à religião, talvez ocorra uma inversão dentro do grupo de entrevistados, quando comparamos com a tecnologia. Nos entrevistados com mais idade, os que já estão no nível superior, todos tiveram uma relação forte com a religião na infância e ainda mantinham relações intensas na fase adulta. Nesse grupo não encontramos quem que não acreditasse em Deus por uma ou outra religião. Porém, no grupo dos mais jovens isso esteve presente em mais de uma situação (relatamos apenas duas RV e YA). Olhando por esse viés, é possível inferir que a religião está com "raiz" mais forte na

cultura do grupo mais idoso, ou seja, nos alunos de nível superior, quando contrastamos com os alunos de nível médio.

Por fim, um aspecto da cultura que merece também uma menção é a presença da leitura na cultura. Ainda que muitos relatem ler, uma grande parte faz apenas leituras obrigatórias e outros dizem não conseguir ler por falta de tempo. Entendendo esse aspecto como um grande canal formador, a sua ausência na cultura tem "efeitos colaterais" em muitos aspectos relacionados à aprendizagem, desenvolvimento da imaginação e compreensão do mundo. Sobre a ciência, especificamente, quase não identificamos a sua "presença na cultura" através da leitura. Poucos foram os casos de algum relato de leituras científicas e se, pensarmos na física, a situação fica ainda mais escassa. De forma geral, a física tem por meio da leitura autônoma de cada um, da escola, internet ou televisão, caminhos para que seja inserida na cultura. Porém, quando investigamos esses caminhos, quase não conseguimos identificar práticas que pudessem contribuir para inserção da ciência na cultura. Sendo assim, passamos a investigar os conceitos de tempo e espaço.

Parte 2: O conceito de tempo: escolhas das figuras

Apresentamos uma visão geral das concepções de tempo dos estudantes entrevistados, manifestadas na segunda parte da entrevista, que consistia na escolha de figuras mais significativas das concepções de tempo de cada entrevistado. Além da escolha das figuras, os estudantes eram questionados sobre os motivos que os levaram a escolhê-las. As figuras estavam em folhas de sulfite e foram colocadas espalhadas em uma mesa para visualização dos entrevistados. Cada figura possuía uma identificação e, a seguir, as reproduzimos em escala menor.

Figura A

Figura B

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} t^2$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - 0}$$

$$vt = x - x_0$$

$$x(t) = x_0 + vt$$

Figura G

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G_N T_{\mu\nu}$$

Figura H

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta t > \hbar / \Delta E$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$H(t)|\psi(t)\rangle = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle$$

Figura I

Com essas figuras espalhadas em uma mesa, pedimos para que cada entrevistado escolhesse duas que representassem a sua concepção de tempo. A primeira escolha é da figura mais significativa, seguida de uma segunda escolha também significativa, mas de "menor" grau em relação à primeira.

Após ouvirmos as gravações das entrevistas construímos uma tabela detalhada, que está no anexo F, apresentando a primeira e a segunda escolha de cada entrevistado. A partir dessa tabela, construímos a tabela a seguir que mostra o número de escolhas de cada figura (primeira e segunda escolha) em relação ao total de entrevistados.

ESCOLHA	FIGURA	QTDE	%
1	A	9	36
	E	7	28
	D	3	12
	H	3	12
	B	1	4
	F	1	4
	G	1	4
2	E	8	32
	A	7	28
	D	4	16
	B	2	8
	C	1	4
	F	1	4
	G	1	4
	I	1	4

Tabela 25: Escolha de Figuras sobre o conceito de tempo

Observando a tabela, mais da metade das escolhas (primeira e segunda) foi das figuras A e E que estão relacionadas a duas concepções de tempo. A figura A pode ser associada a uma concepção de "passagem do tempo" e a figura E são os relógios, símbolo da marcação do tempo. Portanto, apresentamos e analisamos trechos de algumas entrevistas que retratam essas concepções de tempo "dominantes". Após esses trechos apresentamos também outras concepções que, apesar de em menor número, são significativas e apontam para a presença de concepções associadas a conceitos científicos, ou seja, escolhas como as figuras H e I. Ressaltamos que outras figuras, ainda que não escolhidas, são mencionadas nos argumentos dos entrevistados, como, por exemplo, a figura D.

Os primeiros exemplos serão as justificativas dadas pelos entrevistados que escolheram a figura A como mais significativa das suas concepções de tempo, vejamos:

Aluna AM

E: Ó... eu vou colocar algumas figuras... a gente vai tentar...quer dizer você vai dando uma olhadinha e eu vou pedir para que você faça algumas escolhas...ok?

AM: Tá bom.

E: Eu queria que você me dissesse qual dessas figuras mais se aproxima daquilo que você pensa ser o tempo. Você me diz... olha essa figura mostra bem o que é o tempo por causa disso... disso...e disso.

AM: Posso ver mais de perto?

E: Sim claro.

AM: (após uma pausa) Você pode repetir a pergunta por favor?

E: Qual dessas figuras você acha mais representativa daquilo que você pensa ser o conceito de tempo?

AM: Eu vou na A...porque mesmo sem conseguir medir... sem conseguir... a única coisa que eu sei é que o tempo passa... a prova concreta de tempo na minha opinião é essa... o efeito que ele causa

E: É igual a figura B...

AM: A figura B...não entendi...ah, é uma folha que vai secando com o tempo...é.. isso é meio confuso...É igual a essa (apontando para a figura E e D) é eu incluo essa também...

E: Tá...deixa eu te fazer uma pergunta...Você fala que essa aqui ((apontando para a figura A)) é a única prova de que o tempo passa...uma pergunta...si todos os relógios parassem de funcionar...você acha que o tempo ainda existe?

AM: Acho que sim... porque eu acho que existem outros meios de medir o tempo sem ser o relógio... a lua...pelo movimento daria sim

E: Então...se não existisse seres humanos... o tempo existiria

AM: Eu acho que não...

E: Então...vê se tá certo o que eu to falando... se é o que você pensa...o tempo só passou a existir a partir do momento que passou a existir o homem e a mulher?

AM: Isso... eu acho

E: Então... naquele momento que você se referiu a criação... a grande explosão... não tinha tempo?

AM: Não...ele partiu dali também

E: Opa..pera aí... mais ali tinha ou não tinha tempo?

AM: Tempo..aonde tinha tempo ali?

E: Ali não tinha ser humano ainda... e pelo seu raciocínio também não tinha tempo...

AM: Não...Não...Não tinha...

E: Então vamos fazer um experiência mental...mental é claro... se a gente pegasse todo mundo da Terra e levasse para outro planeta aqui não existiria mais o tempo?

AM: (Pausa) É... acho que o tempo... eu acho que o ser humano tentou de alguma forma medir esse tempo e... acho que está mais basicamente... pode ter feito...talvez poder ter existido antes do ser humano...mas o ser humano fez mais associações deu uma importância maior ao tempo...

E: Mais o tempo para passar depende mais do ser humano ou ele passa independente?

AM: Foi o ser humano que trouxe ele para sua vivência... atrelou tudo que é relacionado ao tempo

E: Deu uma existência?

AM: É isso...confuso...

Aluna CS

E: Essas são algumas figuras e eu quero que você vá dando uma olhadinha e eu vou pedir para que você faça algumas escolhas...ok? Qual dessas figuras é mais representativa...e porquê...do seu conceito de tempo?

CS: Sobre o tempo...ann... a figura A...

E: Por quê?

CS: Por que essa figura mostra bem o efeito do tempo no ser humano... isso.. você nasce...a madurece... e aí você envelhece... isso é um resumo do que é tempo pra mim... alias.. o que não faz o mínimo sentido para mim é o G

E: A figura G?

CS: Sim... essas fórmulas para mim não dizem nada sobre o tempo...

CS: A E tem a ver..

E: Os relógios... ok.. sobre o relógios...

CS: Eles marcam o tempo...

E: Ok...mas eu quero te fazer uma pergunta... se não existisse vida na terra... e se... todos os relógios estiverem quebrados existiria tempo?

CS: Não existisse vida nenhuma...bom.. como a minha resposta foi dada como tendo referência no ser humano.. acho que não existiria tempo... porque se não existisse vida nenhuma não existiria tempo...confuso né...

E: Tá... mas se não existissem apenas os seres humanos...existiria tempo?

CS: Não... ann...não o tempo só existe com os seres humanos...

E: E se só existissem os seres humanos e não os relógios?

CS: Ai existe tempo

E: Como você mede?

CS: Ah... pelo envelhecimento.. o senhor está me confundindo ((rindo))..

E: Mas se a gente pensar que o universo existiu por muito tempo sem os seres humanos... esse tempo não existiu?

CS: Agora tem fundo religioso..né

E: Diga o que você acha... qual a sua concepção?

CS: Tudo foi criado... inclusive o universo..

E: Num único momento?

CS: Num único momento não... ele criou tudo aos poucos

E: Mais aí começou a marcar o tempo ou não?

CS: Eu acredito que sim...

E: Mas já tinha seres humanos?

CS: Quando ele começou a criar... não...seres humanos é a cópia e a imagem dele

E: O que eu estou querendo entender é que na sua resposta é teve um tempo entre a criação do universo e a dos seres humanos... esse tempo existiu? Tinha tempo aí?

CS: Tinha porque ele tava criando e pra ele criar tinha de ter tempo... se ele descansou no último dia é porque teve tempo

E: Então tinha tempo aí... sem seres humanos

CS: Caramba... to caindo em contradição...é mais isso é na hipótese de não existir... se não existisse seres humanos... mas na criação existiu sim um tempo sem os seres humanos... mas hoje não dá para pensar o tempo sem os seres humanos... acho que é isso..

Aluno ER

E: Olha eu vou colocar algumas figuras aqui para você fazer algumas escolhas... e me dizer alguns porquês... essas figuras tem a ver com o tempo... eu queria que você escolhesse... você pode vir aqui perto para ver... eu queria que você me dissesse qual delas na tua opinião... qual é mais representativa do seu conceito de tempo?

ER: É a A... porque todo mundo tem esse ciclo nascer crescer e envelhecer até a morte... é a única certeza que a gente tem é o tempo de vida da gente... a única certeza é a morte... a cada dia que passa o tempo vai se esgotando pra gente.

E: Você escolheria outra?

ER: A B tem a ver com a A... eu escolheria a E...mas a D... eu nunca entendi essas imagens... não estudamos isso na aula de artes... mas eu nunca sei quem fez e porque fez...

E: É Salvador Dali

ER: Isso eu nunca entendi esses quadros... eu estudei em um outro colégio que tinha todos esses quadros... mas eu nunca entendi... eu não entendo essas coisas do relógio meio torto... também nunca me preocupei em entender isso... essas coisas eu não conheço ((apontando para as figuras H e I))

E: Bom... vamos conversar... aqui na sua atividade de sala você escolheu o relógio como a palavra que mais se relaciona com o tempo e a tua justificativa de escolha foi porque o tempo para você é subjetivo... como assim...explica melhor isso

ER: Porque pra mim tempo tem dois significados o tempo de horas minutos e segundos e o tempo de chuvoso ou sol...na pergunta da atividade eu pensei apenas no tempo de horas e tal... não sei explicar...

E: Deixa então eu te fazer uma pergunta... Imagine que todos os relógios parassem de funcionar, que a gente não tivesse nenhuma referência de relógios ou astronômica... pra você o tempo continua existindo ou não?

ER: Não...então não e sim...porque assim... o tempo... nossa é muito difícil isso...a gente se adéqua em relação ao relógio... o ah, não vai dar tempo... o vamos nos encontrar a 6 horas então se eu tiver de fazer alguma coisa as 4 horas que demore 3 horas não vai dar tempo... mais...si não tiver mais o relógio o tempo vai continuar existindo... sempre vai ter as estações do ano... sol e dia... sempre vai tá passando um dia e chegando outro e só vai parar se a terra parar de girar né?

E: Então o tempo existe independente da marcação dele?

ER: É ia virar um caos mais... ele existe... não iria parar

E: Certo...e se não existisse os seres humanos?

ER: O tempo existiria sim... esse tempo do relógio é uma invenção...

E: O tempo independe dos seres vivos?

ER: Sim o relógio é só uma marcação. O tempo existe... ann... independente do homem.

Consideramos esses trechos bastante significativos quanto ao conceito de tempo relacionado às observações das mudanças no ser humano e na natureza, algo que envolve o ciclo de vida e o envelhecimento, ou seja, relacionado à suposta "passagem" do tempo, um tempo também conhecido, de certa forma, como linear. Com a aluna AM tivemos um interessante diálogo, em que a concepção de tempo dessa entrevistada está centrada nas observações de mudança na natureza com uma maior ênfase na observação

do ser humano, sobretudo relacionada ao envelhecimento. Na tentativa de entender a relação que AM estabelecia entre o tempo e o ser humano, fizemos alguns questionamentos tentando levar ao "limite" essa reflexão. AM entende que o tempo está relacionado à existência humana, ou seja, só existe o tempo se existirem seres humanos. É uma concepção que, a princípio, não absolutiza o tempo. Parece que necessita de algo observável, como o ser humano, para conceber a sua existência. Já no final do trecho, quando indagamos sobre a origem do universo, ou sobre uma Terra sem seres humanos, na experiência mental, a aluna AM passa a admitir uma existência do tempo sem os seres humanos, porém é o ser humano que atribui sentido à existência do tempo, algo muito bem observado. Com isso, ela cria uma alternativa na sua concepção que abre uma possibilidade de aceitar um tempo que independe dos seres humanos. A concepção da aluna AM é compartilhada pela aluna CS, ambas concebendo o tempo como algo que pode ser observado e que depende da existência do ser humano. Diferente de AM, quando passamos a fazer questionamentos, ao nos referirmos à criação do universo, CS adota outra postura, ou seja, compreende as reflexões sobre a origem do universo como algo relacionado à religião. A partir desse ponto suas justificativas se encontram dentro das concepções de um universo criado. A aluna também encontra dentro da sua concepção um limite para compreender o tempo sem os seres humanos.

O aluno ER, ainda que compartilhe a mesma escolha de AM e CS, ou seja, a figura A que se refere à passagem do tempo, reforça a sua concepção indicando também a figura B que apresenta a mesma possibilidade de interpretação. Porém a sequência da sua argumentação é diferente, pois já apresenta com mais intensidade que as alunas AM e CA, a concepção de tempo relacionado à marcação e mensuração. No entanto, quando questionamos sobre a existência do tempo sem os relógios e seres humanos, o aluno ER entende que o tempo independente da existência dos dois, ou seja, apresenta uma concepção que caminha para um tempo absoluto, ou seja, diferenciando o conceito da sua marcação.

Ainda sobre a escolha da figura A, como a concepção da passagem do tempo, gostaríamos de destacar mais duas entrevistas que, além da figura A como a que mais se aproxima das suas concepções de tempo, também escolhem a figura E, em segundo plano, com justificativas interessantes. Quando perguntadas sobre as razões de sua escolha, responderam:

Aluna BA

BA: ... nossa são tantas...várias... acho que está ((apontando para a figura A))... a A... pra mim a D e a E representam a mesma coisa... tempo...relógio...

E: Fique a vontade...

BA: A E então...

E: Em primeiro a A...por que a A?

BA: Porque acho que o tempo é mais visível no ser humano né... a gente nasce, cresce, desenvolve e morre... fica velho... é isso o envelhecimento

E: Mas ele depende do ser humano?

BA: Não... ele é mais visível ... mas não depende.

E: E essa figura aqui ((apontando para a E))...

BA: É o tempo porque o nosso tempo é tão corrido... é engraçado assim... agora relacionando com a internet... na internet 5 minutos voam e as vezes quando está querendo que esses 5 minutos passem eles não passam ... então acho que o tempo é muito relativo... é relativo a sensação a aquilo que você faz..

E: Apesar do relógio ter marcando os mesmos 5 minutos nas duas situações?

BA: É isso mesmo... são 5 minutos diferentes...

E: E se não existisse relógio existiria tempo?

BA: Acho que sim... ia ficar meio bagunçado mais acho que sim... ann... a figura D esses relógios quebrados... o relógio causa ansiedade... stress... mas são necessários.

Aluna AP

AP: Essa aqui... a A e essa a D

E: Qual que é mais forte?

AP: A A... ele representa pra mim o amadurecimento né... eu vejo muito isso acho que o tempo é uma coisa que assim... no meu modo de entender... assim é uma coisa que... que assim apaga tudo as vezes... que cura tudo...entendeu... e que te faz crescer de alguma maneira né ...é amadurecimento ... que bom seria se pudéssemos manter a aparência da primeira com o pensamento da última ((apontando para a figura A))... seria uma maravilha, mas é o preço que se paga ... na vida a gente paga um preço para tudo...

E: E a figura D?

AP: Essa D me chama a atenção esses relógios quebrados ... alguma coisa assim... não sei se é isso que eu entendi ... mas desde que eu ouvi um palestra que eu adorei... lá no trabalho um negócio de treinamento... eu lembro que o palestrante comentou as pessoas se prendem tanto a relógio... gente o tempo é infinito para de toda a hora... a gente fica quando está com relógio toda hora olhando... então daquele dia em diante eu cheguei em casa tirei o relógio e pensei eu não vou mais usar isso... aquilo me controlava eu ficava olhando e desnecessariamente porque assim eu não bato ponto ... se eu chegar 7h ou 7h05 não muda muito ... por que correr tanto... as vezes é necessário num dia de prova ou em um atividade física o relógio é útil eu uso ele mas não uma coisa que você vive em função do relógio como eu vejo pessoas que vivem...

E: Mas se não existissem os relógios e os seres humanos existiria tempo?

AP: Com certeza... o tempo é independente disso apesar que afeta tudo...

As duas passagens são bastante significativas e reforçam a concepção de tempo como algo que passa, porém a aluna BA é direta ao relacionar com o sentido, sendo algo visível no ser humano. Observar o envelhecimento em processo é testemunhar a

existência do tempo. Quanto à sua segunda concepção que é o relógio, a sua explicação reforça a dependência do ser humano, pois concebe um tempo que depende da sensação, ainda que tenha a consciência de uma marcação única. Mas, apesar disso, a aluna separa o que é o tempo da sua ação, daquilo que é percebido, pois concebe a existência do tempo sem os seres humanos e também sem os relógios, algo que é indicativo de um tempo independente.

A aluna AP também escolhe a figura A, porém as suas explicações seguem um processo metafórico com o tempo sendo comparado com um "instrumento" que apaga ou com um "remédio" que pode curar. É interessante destacar que a metáfora é um processo de construção e entendimento de um conceito, e a abstração inerente do conceito de tempo proporciona as mais diferentes formas de construção conceitual que passam pelas metáforas. Além disso, assim como BA, associa o tempo a um processo de amadurecimento, sobretudo utilizando o recurso da observação sobre a aparência em primeiro lugar, e sobre a construção dos pensamentos e da experiência de vida. Quanto à sua segunda escolha, relata uma experiência de transição da sua dependência do relógio. Ainda que pessoal, suas explicações representam a angústia de muitas pessoas diante do controle social que o relógio exerce. Para muitos, como grande responsável pela revolução industrial, o relógio tem um papel fundamental na construção e organização das cidades no sentido que propõe Elias (1998) em seu livro *Sobre o Tempo*. A aluna AP demonstra um esforço para vencer a dependência do relógio, ainda que reconheça o seu valor e importância. Porém, ela também parece separar o conceito de tempo da sua marcação, entendendo a existência do tempo independente do relógio e dos seres humanos.

Seguindo essa reflexão sobre o papel do relógio na vida das pessoas, destacamos mais dois trechos de duas entrevistas que nos parecem contribuir para essa reflexão. A aluna JC, embora tenha escolhido a figura B seguida da figura A como as mais significativas para a sua concepção de tempo, apresenta uma justificativa da sua escolha centrada no papel do relógio. A aluna JL, por sua vez, escolhe a figura E que é um relógio e também faz uma argumentação interessante centrada na noção de percepção do tempo. Portanto, nesses dois casos a escolha aponta em uma direção e a justificativa em outra, vejamos:

Aluna JC

JC: *E acho que principalmente essa aqui a B...mas também pode ser a A...*

E: *Por quê?*

JC: Por que eu acho que o tempo medido pelo ser humano é realmente... não é exato não é concreto...é uma invenção do homem... ele é marcado mas é marcado por ciclos naturais e eu acho que tentar colocar ele no relógio foi um invento do homem para ele mesmo se prender... o relógio foi um invenção do homem para prender o homem...antes a gente vivia com os ciclos naturais... basicamente o ciclo... por exemplo o calendário Maia eles tem o calendário deles mais... a gente tem um ciclo... é difícil de explicar...por que eu acho que o tempo é muito relativo...

E: Mas o relógio não marca ciclo também?

JC: Então... ele marca... mas eu acho que são ciclos não naturais são artificiais...eu acho que o relógio ficou muito... ele é muito... ((silêncio))... por exemplo a revolução industrial o relógio acabou se tornando uma coisa que aprisiona a gente... a gente sempre em função vivendo em função do relógio...

E: O relógio tem esse significado para você?

JC: É uma coisa que a gente criou para ser escravo dele sabe...

E: Mas quando você está se referindo a um ciclo nas marcações do relógio..ann...que ciclo é esse?

JC: Não consigo imaginar... não sei o que seria isso e como seria a vida sem o relógio... eu acho que o tempo...sei lá... é uma coisa muito ampla... ele é o que ele é... e eu não consigo definir o que ele é.. ele não volta e um segundo atrás já é passado... a terra está em constante renovação e o tempo para ela é essencial.. os nossos ciclos de vida são muito pequenos quando comparados com a terra.

E: Você escolheria alguma outra figura?

JC: As do relógio não mais as do Dalí sim... acho que ele mostra muito o tempo que é e não é ao mesmo tempo... eu não sei explicar... ((silêncio))

E: Por acaso deixa eu te fazer mais uma pergunta...vamos imaginar uma situação... o relógio parece que te causa problemas, pelo que você está falando...né... imagine que todos os relógios do mundo tivessem quebrado... que não fosse possível controlar o tempo... você acha que mesmo assim existiria o tempo?

JC: Sim por que o tempo ele tá... é aquilo, se a gente for dividir o tempo em passado presente e futuro ele tá sempre avançando...

E: O que o relógio marca não é o tempo exatamente então?

JC: É... não...sim... pera aí... ((silêncio))

E: Você separaria esse tempo que você tá falando agora do tempo do relógio?

JC: Eles teriam uma relação muito junta e ao mesmo tempo muito diferente porque a gente tem um tempo que não vai mudar por causa do relógio ele vai estar sempre constante...

E: O relógio marca algo que não represente esse tempo necessariamente?

JC: não...não...

E: Na ausência de todos os relógios o tempo para você existe... e se não existisse o ser humano existiria tempo?

JC: Sim... sim... ele é por si só...porque mesmo sem ser humano quanto tempo a gente teve sem ser humano e mesmo assim era tempo...

Aluna JL

JL: É difícil ... acho que dá pra falar um pouco de cada uma ... mas ... acho que eu escolho a do relógio ... a figura E... sei lá até quando eu fui fazer isso aí ((referindo-se a atividade de sala)) a gente tinha feito a pouco tempo uma produção de texto que falava um pouco disso e a prova trimestral de produção textual também falava sobre o tempo e o homem contemporâneo... aí quando eu fui responder eu fiquei pensando que era uma coisa muito relativa... relativa no sentido que a gente pode estabelecer como se

fosse um conceito diferente para cada pessoa... uma opinião diferente... o tempo pode passar rápido ou pode passar devagar para uma mesma pessoa numa mesma situação... uma pessoa achou que passou rápido e para outra passou devagar...

E: Mais aí é o tempo que está passando rápido ou é a sensação?

JL: Então... isso é muito estranho eu falo... então eu to achando que está rápido e a outra pessoa acha que está devagar... mas o tempo é o mesmo... ou eu posso marcar o tempo de um jeito diferente minutos ou horas ou em segundos, ou fazer um calendário totalmente diferente, um calendário vai da época feudal que era em relação a agricultura e quanto tempo demorava um ciclo... uma planta que eu plantada quando eu podia colher ela, ou outro que tem a ver com os astros verificando quanto tempo demora para voltar no mesmo lugar... então é por isso que eu falei é uma coisa relativa e depende muito da visão ou da sensação da pessoa...

E: Você escolheria mais alguma figura?

JL: Não sei acho que a D... é um quadro... esqueci de quem é... é surrealismo... a gente estuda tempo em tantas matérias diferentes na escola... cada figura podia se encaixar em cada coisa que a gente aprende ... em física tem as fórmulas que a gente pode determinar o tempo... ele é uma coisa relativa mas a gente consegue calcular o tempo...

E: Então vamos fazer uma experiência mental... suponha que deixaram de existir os relógios... ann... deixaram de existir as referências astronômicas...ainda assim o tempo existiria?

JL: Acho que não... porque... sei lá... tenho a impressão que tem a ver muito com a percepção do ser humano... alguém em relação a aquilo que está acontecendo... bom eu vou tirar o relógio... o relógio é o instrumento que foi desenvolvido para marcar o tempo, marcar um período de tempo e eu acho que se eu não tiver o relógio eu não vou ter essa percepção é como se o tempo... ele depende da percepção de alguém sobre o que está acontecendo como se fosse alguma coisa material assim...

E: Mas as pessoas não continuariam a envelhecer?

JL: Envelhecer... sim é um processo biológico as células vão ficando mais velhas e aí você vai vendo que tem uma mudança no seu corpo e na sua mente... aí você vai percebendo que alguma coisa está acontecendo durante um tempo e aí você percebe que para passar de um estado para outro decorreu um período, e aí você percebe que um tempo passou...

E: E aí o tempo existe?

JL: É aí existe a percepção de que se está passando por um processo sabe... não é uma coisa concreta... eu não posso fechar a mão e dizer eu tenho o tempo na minha mão...

E: Se eu te pedir para indicar por sua conta uma imagem do seu conceito de tempo o que você indicaria?

JL: É... acho que o relógio mesmo porque ele mostra a passagem do tempo...

E: Você se acha dependente do relógio?

JL: Ann... sim sou muito ansiosa... acho que vem da minha mãe... eu tenho gastrite nervosa... eu sou assim quando as coisas fogem muito do controle... assim tem um padrão e muda... por exemplo a prova é sempre de tanto em tanto tempo agora tiraram duas horas aí eu já fico nervosa... a minha vida é bem organizadinha assim eu fico na escola muito tempo... mais a gente procura fazer as coisas juntos em casa tipo jantar com meus pais e irmãos...

A aluna JC escolhe em primeiro lugar as figuras B e A, porém estrutura sua argumentação sobre o conceito de tempo baseada na crítica ao relógio. Ainda que admita a sua importância na organização da vida, a sua crítica está centrada no papel

social desse instrumento, tido por ela como algo que escraviza. Esse aspecto nos remete também às reflexões sobre o papel do relógio na revolução industrial (Whitrow, 1993) e ao papel social de coerção exercida por esse instrumento (Elias, 1998). A aluna identifica a sua concepção de tempo com a ideia de ciclos, mas também deixa claro o seu entendimento do tempo com sentido único, algo como a seta do tempo, não podendo ser reduzida à marcação do relógio. Portanto, entende o conceito de tempo como algo separado da sua marcação, sendo um entendimento que fica evidenciado na aceitação da existência do tempo sem relógio ou ser humano. Outro aspecto a destacar, ainda sobre o relógio, é o reconhecimento da figura D, que é o quadro com relógios moles de Salvador Dali, interpretando-o como uma crítica ao papel do relógio na sociedade.

Na contramão da interpretação da concepção da aluna JC, a aluna JL faz a escolha da figura E, ou seja, do relógio como a que mais se aproxima da sua concepção de tempo, porém, segue uma justificativa baseada na concepção de tempo relacionada à percepção humana. Ela abre possibilidades de entender o tempo de forma relativa no sentido da sensação da passagem do tempo, ainda que compreenda que o relógio indica uma marcação única. Sua concepção de tempo separa o conceito do instrumento de marcação, pois no seu entendimento o tempo existe sem os relógios, mas não existiria sem os seres humanos. O conceito de tempo precisa ser percebido pelos sentidos ou pela consciência para existir.

As duas alunas mostram em pequenos trechos uma articulação mais "refinada" nas suas explicações baseadas, possivelmente, no conhecimento apresentado pela escola. Por exemplo, as referências aos calendários, que em geral são discutidos em História; o papel do relógio na história moderna e contemporânea; o reconhecimento da obra de arte e do seu enquadramento em determinado movimento artístico; o processo de envelhecimento pensado biologicamente; são alguns exemplos desse "tratamento" mais articulado de conhecimento.

Destacamos agora trechos das entrevistas de mais três estudantes que, embora sejam minoria, em suas concepções de tempo apresentam influência da ciência. Na análise quantitativa essas concepções apareceram apenas em alunos da instituição 2 e foram as únicas encontradas. Apresentamos a seguir a fala desses estudantes e em seguida a análise.

Aluno JP

E: Eu queria que você viesse aqui e olhasse as figuras e escolhesse a que mais está próxima do seu conceito de tempo e me justificasse.

JP: Ann.... acho que é essa aqui... a H...ann... é porque sei lá eu acabo tendo uma concepção de que o tempo é uma dimensão assim...

E: Mas você reconhece essa figura?

JP: Isso aqui não é o tecido espacial... que se chama espaçotempo e aí isso me remete ao tempo e eu sempre tenho uma concepção meio que minha assim de que o tempo é uma dimensão... ((pausa))

E: Por curiosidade... e o relógio?

JP: Eu sempre prefiro essa... assim ((apontando para a H)) eu não gosto que a gente divida o tempo porque o tempo é uma coisa continua que nem o presente, o passado e o futuro, acaba perdendo a noção das coisas... mas eu prefiro essa... entendeu... eu não gosto muito de dividir o tempo...

E: Então me deixa fazer uma pergunta...se a gente fizer um experiência que fosse possível todos os relógios pararem de funcionar... ann... não existe relógio funcionando... nós não temos mais referências... você acha que o tempo ainda existe?

JP: Com certeza... por exemplo a gente tem referência ia passar assim o dia depois a noite a gente ia envelhecer e tudo mais... mas eu acho que tempo é uma dimensão é a quarta dimensão mas a gente não tem noção disso a gente não consegue presenciar ela, mas ela existe já foi provado matematicamente, então o tempo é a mesma coisa e o tempo fica evidente na gente independente da gente marcar com relógio ou não...não marcar ia dificultar muito as coisas mais não ia deixar de existir.

E: Certo... e se deixasse de existir os seres humanos...o que você acha?

JP: Sim... não é ser humano... o ser humano tem uma concepção filosófica do tempo mas o tempo não é só essa concepção filosófica, o tempo também é essa dimensão... e ela ocorre independente do ser humano... o big-bang aconteceu e foi passando as coisas... assim... e a gente não existia e o tempo foi passando assim...

E: Você disse antes da pergunta que a dimensão foi provada matematicamente... o que você sabe disso?

JP: Não... não sei muita coisa mas se eu não me engano é na teoria de Einstein na relatividade... li isso num artigo na internet uma vez...

E: Você lembra o site ou o nome do artigo?

JP: Ann.... faz tempo... preciso ver... ((pausa))

E: Ok... ok..

Aluno RV⁸⁹

RV: Eu vi um documentário sobre as 10 dimensões do tempo e eu consegui acompanhar até a 6 depois disso ficou difícil...

E: Certo... eu vou te fazer um pergunta sobre o tempo...ann... vamos fazer igual ao espaço você vai escolher a figura que mais se aproxima da sua concepção e me explicar o porquê... pode escolher...

RV: E acho que é bem parecido com o espaço... eu escolheria a H que é sobre a relatividade... dilatação do tempo... e a I com a constante de Planck e o princípio da incerteza... ((pausa)) as outras são parecidas com as do espaço... por exemplo a figura F equivale a uma régua... você inventa uma coisa para medir algo que você não sabe a natureza...((pausa))

E: Se todos os relógios parassem de funcionar ainda existiria o tempo?

⁸⁹ Esse aluno foi entrevistado inicialmente sobre o conceito de espaço e em seguida sobre o conceito de tempo

RV: Sim... gente não teria mais controle... não teríamos mais ciência da passagem de tempo... o relógio é só um marcador...

E: Ok... vou te fazer uma outra pergunta... se não existissem os planetas e as estrelas... os corpos celestes... e até o ser humano existiria o espaço e o tempo?

RV: Sim... sim... pro ser humano a concepção de tempo e espaço... se não existir mais relógio se não existir mais o homem não vai existir o tempo que a gente definiu... um dia inteiro um segundo... a gente não teria mais essa concepção de tempo... a gente não estaria mais fazendo a medida, mais o tempo continua... e o espaço existe...

E: Voltando um pouquinho... essa coisa da quântica você reconhecendo as fórmulas... a constante de Planck... você falou também sobre relatividade e onde você viu isso... em algum momento aqui ou em algum outro colégio alguém já falou sobre isso com você?

RV: Como assim...

E: Sobre física quântica... alguém te influenciou a pensar sobre isso?

RV: Hoje em dia assim é muito fácil... a informação é muito fácil de achar você se perde...((pausa)) eu não consigo lembrar porque eu fui estudar isso.....

E: Mas você começou tem quanto tempo... você tem 16 anos...

RV: Eu não sei quantos anos eu tinha na época... acho que tinha uns 12 anos... eu não sei dizer o porque eu quis... teve um motivo...é um mar de informações... eu não lembro qual foi a referência que me levou a ler sobre física quântica... quando eu tratava do assunto no outro colégio o professor de física não entendia mesmo... tinha um professor de matemática que entendia mais de relatividade e menos de física quântica... ele me explicava algumas coisas... mas eu acabava pesquisando por conta própria... eu não conseguia entender direito o que era... mas só ler a explicação de um problema já me interessava... as probabilidades...

Aluna YA

E: Veja as figuras que eu coloquei na mesa... eu quero que você escolha e me justifique a figura que mais se aproxima da sua concepção de tempo

YA: Ann... tempo... tudo aqui tem a ver com tempo...tem várias concepções de tempo aqui relacionada com a cultura... é o que colocam pra gente como tempo...então...((pausa)) eu acho que está relacionada com a letra H que tem a ver com essa depressão da gravidade...((pausa))

E: Por quê você escolheu essa?

YA: Nossa aqui tem muita coisa que é imposta... o dia tem 24 horas... o relógio...((pausa))

E: De que forma você acha que o relógio tem a ver com o tempo?

YA: Não pra mim é um símbolo do capitalismo...

E: Você pensa assim por causa das aulas... de história ou filosofia...

YA: Tem influência da escola mas também tem influência do seu cotidiano né... você vê que todas as pessoas têm um tempo... o ser humano tem uma tendência a ditar o tempo...

E: O relógio te incomoda?

YA: Eu acho uma coisa boa na sociedade que a gente vive... não que seja uma coisa boa para o ser humano...

E: Você acha que ele oprime?

YA: Acho que sim... muito... ((pausa))...

E: Ok... mas voltando a figura H como você está relacionando ela com a sua concepção... é um tempo relativo porque tem várias possibilidades várias conceitos ou é outra coisa...em que sentido você escolheu a figura H

YA: É que é assim no documentário que eu vi do Stephen Hawking... ele fala do buraco negro e ele fala que chega a um ponto que se chama singularidade, que dentro dele não existe mais tempo acho que é por isso... na verdade a gravidade... eu esqueci o termo que ele usou... aí já não foi o Hawking foi outro físico... eu esqueci o termo que ele usou quanto mais fundo... ele tava falando da criação de buracos negros as estrelas muito densas explodem e o buraco é tão fundo que pode originar um buraco branco...((pausa))

E: Ele falou sobre o buraco de minhoca?

YA: É aí a gente chega em outro lugar do universo... conecta outra parte...eu negócio assim... quando eu assisti eu estava comendo e foi muito rápido... eu gosto disso dessa coisa até meio mística... sei lá... ((pausa))

E: O que isso tem a ver com a depressão da gravidade?

YA: Não sei direto... mas é sobre a relatividade de Einstein... tem a ver com dimensão... sei lá... ((pausa))

E: Ok... ok... deixa eu te fazer uma pergunta... ainda sobre o tempo... mas se não existisse os relógios existiria o tempo?

YA: ((Pausa)) Sim...pera aí...sim...seria um caos... porque o tempo não é o relógio

E: O que seria o tempo... e se nós não existíssemos..

YA: Não seria determinado mas existiria o tempo sim... o relógio só marca o tempo é outra coisa... difícil de dizer mas é outra coisa... é abstrato mas existe... caramba... eu sei mas não sei explicar....

Analisando as entrevistas percebemos certa presença de concepções científicas que esses alunos construíram através de interesses particulares que se desenvolveram em paralelo à atividade escolar. Os 3 alunos deixam claro que não aprenderam nada disso na escola. Voltaremos a esses aspectos mais adiante no texto.

O aluno JP desde o início da entrevista revelou ler e pesquisar sobre astronomia. Na sua resposta, a figura H mostra uma curvatura do espaço-tempo, algo que ele identificou, além das relações matemáticas que possibilitam o cálculo do tempo para corpos próximos da velocidade da luz. Para ele o tempo é uma dimensão e a explicação apresenta um conhecimento, em linhas gerais, da relatividade. Quando questionado sobre os relógios reforça a sua concepção de tempo como dimensão e critica a segmentação do tempo proporcionada pelo relógio. A sua concepção de tempo como dimensão segue um raciocínio que atribui ao tempo uma característica "espacial", sobretudo quando enfatiza que os seres humanos não "presenciam" essa dimensão, mas ela existe e foi provada matematicamente. Questionamos esse aspecto e o aluno atribui e indica o seu tipo de leitura como algo que o ajudou a construir essa noção. O aluno separa o conceito de tempo da marcação do tempo admitindo a existência do tempo independente dos relógios, e também o separa da presença do ser humano. Parece-nos que o aluno entende o tempo como algo absoluto, independente do instrumento e do ser humano, construído matematicamente como uma dimensão que realmente existe.

No caso do aluno RV, que escolhe as figuras H e I, vale ressaltar que sua entrevista foi realizada primeiro focalizando o conceito de espaço e em seguida o conceito de tempo⁹⁰. Na parte sobre o espaço o aluno explica melhor o seu "gosto" por física moderna, em especial relatividade e quântica. Como vamos explorar o conceito de espaço na próxima seção, deixamos para discutir esses aspectos mais adiante. Porém, o trecho sobre o tempo que apresentamos é bastante surpreendente e raro. Ainda que de forma breve, não esperávamos encontrar explicações sobre concepções de tempo que apresentassem noções de relatividade e quântica. O aluno RV reconheceu a figura com o espaço-tempo curvado pela massa e também identificou a fórmula da dilatação do tempo, além do princípio da incerteza e a constante de Planck. Ressaltamos a concepção de tempo do aluno não está centrada na relatividade e na quântica, mas que o seu conhecimento apresenta um "gancho" que pode se articular com discussões sobre física moderna evoluindo nessa direção. Destacamos também a separação que o aluno RV faz entre o conceito de tempo pensado como medida e o tempo relacionado à percepção. Ele imagina um conceito de tempo independente do relógio, e este apenas como um instrumento inventado para representar uma grandeza de natureza complexa, e também independente do ser humano. No entanto, é possível inferir que a "aceitação" da quântica pelo aluno o faz um jovem que, em potencial, pode ter presente em suas concepções noções de tempos descontínuos e probabilísticos quando pensados para o mundo microscópico.

No caso da aluna YA também temos uma situação especial, pois assim como JP e RV a abordagem das suas respostas segue uma "linha científica" relacionada com a relatividade e a cosmologia moderna. Mais uma vez, é importante ressaltar que a aluna não tem uma concepção de tempo relativística, mas é, sem dúvida, um "terreno fértil" para regar e plantar ainda mais conceitos da ciência moderna e contemporânea. A reflexão, ainda que com alguns esquecimentos, é sobre os buracos negros e a relação com o buraco branco, algo que, pela hipótese cosmológica atual, torna-se uma fenda temporal. Por outro lado, a aluna YA, assim como JP e RV concebe o tempo também como uma "entidade" absoluta que independe da sua marcação ou percepção. É algo conhecido, mas de difícil explicação, segundo YA. Essa concepção nos lembrou a Santo

⁹⁰ Como tínhamos pouco tempo de bateria disponível na filmadora, resolvemos aproveitar as figuras sobre o conceito de espaço, que já estavam espalhadas na mesa, devido à entrevista anterior realizada naquele dia.

Agostinho que sobre o tempo afirmava saber, mas se pedissem uma explicação já não sabia mais.

Finalizamos essa seção retomando algumas concepções de tempo encontradas nas entrevistas. Fazendo um paralelo com a história da ciência, consideramos que os entrevistados AM, CA, ER e BA apresentam concepções de tempo que lembram a concepção aristotélica que define a existência do tempo pela consciência da mudança, ou ainda, o tempo como um numeral que precisa de alguém que o numere. As concepções relacionadas aos instrumentos de medida, calendários e relógios, também estão presentes com diferentes intensidades na maioria dos entrevistados. Por outro lado, as alunas JC e JL abordam as questões "sociológicas" da presença e importância do relógio na constituição da sociedade atual. Em alguns momentos elas identificam, assim como a aluna YA, a "opressão" do relógio, mas também destacam a necessidade de adaptação social a essa realidade que tenta homogeneizar as rotinas de vida. Cabe destacar que as noções científicas mais modernas surgiram potencialmente nas entrevistas dos alunos JP, RV e YA. Não podemos afirmar que apenas esses alunos demonstrem conhecer, mesmo que de forma básica, algumas noções científicas modernas e contemporâneas, porém são os únicos que apresentam noções de tempo, em potencial, como dimensão ou descontínuo e probabilístico. Por outro lado, os entrevistados ER, JC, JL, JP, RV e YA trazem uma concepção de tempo no sentido newtoniano, ou seja, um tempo único que independe de qualquer coisa. Alguns entrevistados mostram, em diferentes medidas, uma concepção de tempo como uma intuição dada a priori algo no sentido kantiano do termo.

Sendo assim, foi possível exemplificar diferentes concepções de tempo que reafirmam a presença de interpretações objetivas e subjetivas nas experiências temporais de cada indivíduo.

Parte 3: O conceito de espaço: escolhas das figuras

Apresentamos uma visão geral das concepções de espaço dos estudantes entrevistados, manifestadas na terceira parte da entrevista, que consistia na escolha de figuras mais significativas das concepções de cada entrevistado. Além da escolha das figuras, os estudantes eram questionados sobre os motivos que os levaram a escolhê-las. As figuras estavam em folhas de sulfite e foram colocadas espalhadas em uma mesa

para visualização dos entrevistados. Cada figura possuía uma identificação e, a seguir, as reproduzimos em escala menor.

Figura A

Figura B

Figura C

Figura D

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a}{2} t^2$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - 0}$$

$$vt = x - x_0$$

$$x(t) = x_0 + vt$$

Figura E

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

Figura F

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta t \geq \hbar / \Delta E$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$H(t)|\psi(t)\rangle = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi(t)\rangle$$

Figura G

Seguindo o exemplo do que fizemos em relação ao conceito de tempo, com essas figuras espalhadas em uma mesa, pedimos para que cada entrevistado escolhesse duas figuras que representassem a sua concepção de espaço. A primeira escolha é da figura mais significativa, seguida de uma segunda escolha também significativa, mas de "menor" grau em relação à primeira escolha.

Após ouvirmos as gravações das entrevistas construímos uma tabela detalhada, que está no anexo G, apresentando a primeira e a segunda escolha de cada entrevistado. A partir dessa tabela, construímos a tabela a seguir que mostra o número de escolhas de cada figura (primeira e segunda escolha) em relação ao total de entrevistados.

ESCOLHA	FIGURA	QTDE	%
1	B	12	48
	C	7	28
	A	5	20
	F/G	1	4
2	A	9	36
	B	7	28
	C	4	16
	D	2	8
	F	2	8
	E	1	4

Tabela 26: Escolha de figuras sobre o conceito de espaço

As figuras A, B e C foram as mais escolhidas tanto como primeira ou segunda escolha dos entrevistados. A figura A está associada a uma concepção de espaço como vazio, assim como a figura B, que também está associada a uma concepção de espaço como universo ou infinito. A figura C relaciona-se a medidas do espaço, apresentando instrumentos corriqueiros de medida de comprimento. Portanto, a seguir apresentamos alguns trechos de entrevistas que exemplificam essas concepções. Iniciamos pela escolha das **figuras A e B**.

Aluno JR

E: O... agora é o conceito de espaço... então da mesma forma, aqui nos temos algumas figuras com suas letrinhas de identificação... eu quero que você escolha aquela que você acha que tem mais a ver com o que você pensa que seja o conceito de espaço.

JR: Seria... a... B... ela mostra dois pontos de vista sobre o conceito de espaço... espaço quanto... sendo aquele espaço sideral... e a imagem de baixo é o espaço que pode circular qualquer coisa... pessoas objetos...

E: Mas isso é o que?

JR: Humm... um local... um lugar...

E: Vazio?((pensando na extensão observável sem habitação e com apenas uma pessoa))

JR: Não necessariamente vazio... mas um lugar que em que as coisas possam estar...

E: Você escolheria mais uma figura?

JR: An... a A também... é a mesma ideia... um lugar que pode ser vazio ou não...

E: Então me diz uma coisa... se fosse possível... se deixasse de existir a Terra e todos os planetas, planetóides e estrelas... ainda assim existiria o espaço?

JR: Humm...((pausa))... acho que... se fosse só a Terra no meio do nada... se não existisse nem a Terra... a minha ideia de espaço sideral seria desfeita... porque nesse conceito de espaço sideral está incluído tudo isso...

E: Mas o espaço existiria?

JR: Espaço, espaço... lugar... acho que sim... mas é estranho pensar uma coisa sem a outra... acho o espaço algo concreto...

E: Mais do que o tempo?

JR: Ann... acho que sim... bem mais

Aluna EC

E: Acho que dá pra ver todas... qual delas representa o que você pensa ser o espaço?

EC: Ann... é o universo é a B... é onde se encontra tudo... onde está tudo...

E: Mais alguma?

EC: An... a A... é um espaço que a pessoa tem... pode ser ocupado...

E: É vazio?

EC: Sim... pode ser vazio também...

E: Então tá... me diz uma coisa... se deixasse de existir os planetas... os cometas... as estrelas... ainda assim existiria o espaço?

EC: Acho que sim... acredito que sim... é um espaço vazio...mas é espaço

E: O que você acha que é esse espaço?

EC: É algo que tem... os planetas... as estrelas... os cometas...

E: Você acha que o espaço tem forma?

EC: Forma... acho que ele é infinito...

E: Você acha que ele existe independente dos seres humanos?

EC: Sim... o espaço é independente de tudo...

Aluna JC

E: Aqui é a mesma coisa... qual figura está mais próxima da sua concepção de espaço?

JC: ((Pausa)) Nossa é difícil isso... é que o espaço é... acho que seria a A...

E: Por quê?

JC: Por quê é uma sala isso aqui né... e a gente tipo não consegue ver o começo e o fim... a gente vê só uma porta... acho que o espaço é muito amplo sabe... ele é tudo... todo lugar que você está é espaço... por menor que seja ou por maior que seja... então... ((pausa))

E: Tem alguma outra figura que você escolheria?

JC: Ann... não sei... o espaço é muito relativo... acho que a B porque tudo depende do espaço que você está falando... se você delimitar você vai ter um espaço, mas isso não quer dizer que o que está fora também não é espaço ((pausa))

E: Então deixa eu fazer uma pergunta... imagine o seguinte que a gente consiga a seguinte situação... não existem mais os planetas... não existe mais as estrelas... não existe mais a Terra... mas a gente consegue estar nesse lugar... é um experimento mental... o espaço existe ainda?

JC: acho que sim... apesar que...assim a gente está mais ligado com o tempo...mas o espaço seria um... se não tivesse mais nada seria espaço ainda... acho que seria porque o nada ainda ia ser algo...

E: Mas e se não existissem os seres humanos...ainda existiria o espaço?

JC: Ann... sim...acho que sim... porque o nada seria alguma coisa... acho que seria o espaço

Os três trechos apresentam concepções de espaço centradas nas figuras A e B, tendo como referência principal a noção de lugar e de algo que contém tudo. O aluno JR no início da sua explicação da escolha da figura B apresenta a ideia de espaço relacionada ao universo (espaço sideral) e ele a associa ao "grande" lugar em que tudo está ou pode circular. A aluna EC compartilha da ideia de lugar que pode ser vazio ou não, da mesma forma que JC, porém parece complementar essa noção de espaço com a ideia de infinito, sobretudo quando afirma que na figura A, não é possível ver o começo ou o fim. Além disso, parece-nos que a aluna JC também apresenta uma concepção de espaço como algo onipresente, que está em todo lugar, ao afirmar que mesmo delimitando um "espaço" esse existiria fora dos limites.

Outro aspecto que investigamos foi a independência entre o espaço e a matéria, ou seja, questionamos os entrevistados sobre a existência ou não do espaço se os planetas, estrelas e até os seres humanos deixassem de existir. Todos os entrevistados concordam na existência do espaço sem a necessidade de matéria. Vale ressaltar que o aluno JR afirmou que sua concepção de espaço sideral é dependente da existência dos corpos celestes, ainda que conceba a existência do espaço sem os corpos celestes. Sobre essa separação entre espaço e matéria, destacamos outro trecho de entrevista que enriquece essa reflexão.

Aluna YA

E: ... na mesma ideia... se deixassem de existir estrelas e planetas... corpos celestes... se fosse possível imaginar esse cenário... existiria o espaço?

YA: Sim... ((pausa))

E: O que vem a ser esse espaço?

YA: O espaço não inclui somente os corpos celestes... estrelas... o sol... tem muito mais coisa... é infinito... ((pausa))

E: Então se a gente tirar tudo fica o espaço lá?

YA: Isso é muito abstrato... como assim?

E: Pegamos tudo... ann... tudo que é matéria... isso sumiu... o que sobra?

YA: Ann... energia...

E: Então isso é espaço?

YA: Pêra ai... acho que sim... nossa essa pergunta é difícil... eu nunca pensei nisso... se tirasse toda a matéria... bom eu lembrei de uma conversa com o meu pai e ele estava falando que a física quântica meio que descobriu... definiu... não existe matéria tudo é energia... pensando desse modo se tirasse a matéria... o espaço é o que contém a energia... é sim existe espaço sim... o espaço não precisa de nada para existir... a gente tem dados aí que... do sol e dos outros planetas... a ideia do infinito e a matéria ou a energia que está nesse espaço...

A aluna YA apresenta sua concepção de espaço centrada na ideia de infinito e lugar, além de algo independente de tudo e que contém tudo. Mesmo ao refletir na sua argumentação que a matéria é identificada como energia, o espaço continua para ela como o "grande" continente de tudo, inclusive da energia. Sendo assim, essa aluna concebe o espaço como algo totalmente independente de tudo. Se entendermos por "independente de tudo" como sendo absoluto, essa concepção segue nessa direção.

Na sequência da nossa análise apresentamos dois trechos de entrevistas que escolheram a figura B em primeiro lugar, mas a figura C como segundo opção, trazendo uma reflexão interessante e enriquecedora:

Aluna JL

E: Eu vou colocar as figuras sobre o espaço... nós vamos fazer no mesmo esquema... qual figura é mais próxima da sua concepção de espaço?

JL: ((Pausa)) essa é mais difícil do que o outro... ((se referindo ao tempo)) porque na minha cabeça tem uma coisa de geometria... em relação ao espaço e eu tive que aprender as coisas assim... ò essa matéria é muito abstrata e você tem que imaginar as coisas assim... ta, mas o espaço é o conjunto de todos os pontos... mas e aí... existem infinitos pontos e existem infinitas retas e os planos e não sei o que... nossa isso é muito abstrato... ((pausa))

E: Você acha o espaço mais abstrato que o tempo?

JL: Não acho que não...então acho que espaço tem a ver mais com aquela foto... aquela última ((apontando para B))...

E: As duas fotos ou só uma delas...

JL: Acho que eu peguei essa aqui ((apontando para uma e depois para outra)) mais por pensar no espaço como algo que contém as outras coisas dentro dele... não sei... pensando no espaço como o sistema solar e outras galáxias uns falam que é infinito outros que não é... dizem que tem um fim e que ele tá crescendo e vai chegar uma hora... e aí você fala... tá ele é grande suficiente para conter tudo que tem dentro dele e ele não está dentro de outro espaço... nada pode sair para fora... mas para fora de que... é muito estranho pensar nisso...

E: Então tá, vamos para um experimento mental... se conseguíssemos sumir com todos os planetas e estrelas... com todos os corpos celestes... ainda assim existe o espaço?

JL: Acho que sim... é como se tivesse... eu não vejo o espaço como ele e as coisas que estão dentro dele... acho que ele é um lugar que possibilita termos as coisas dentro dele... ele não deixa de existir quando eu tiro as coisas de dentro dele... é assim acho que não...

E: Como você relaciona isso com o espaço da matemática... da geometria que você falou no começo?

JL: É isso... como é estranho... o espaço tem uma forma... eu não sei...

E: O espaço tem forma?

JL: É então... acho que as coisas dentro dele é que tem forma...

Obs: Nesse caso, diferente dos outros, mostramos a figura a seguir com uma pessoa dentro de uma caixa e a mesma caixa vazia, perguntando:

E: Em qual das duas caixas tem mais espaço?

JL: Na vazia é claro...

E: Você associa o espaço ao vazio?

JL: Sim... quando penso em espaço é um lugar que pode ser ocupado... é vazio

E: Você escolheria alguma outra figura?

JL: Tem as fórmulas... mas eu acho que a régua... é a régua ((figura C))... é como se o espaço não tivesse forma mais eu consigo medir... delimitar ou contar pedaços deles... assim eu consigo... vamos pegar um caderno... dá para medir o espaço dele... o espaço tem a ver também... ((pausa)) apesar de podermos medir ele tem a ver também com essa coisa da percepção quando a gente olha para o espaço ele pode parecer grande, mas quando a gente vai colocar alguma coisa ali não cabe... fica apertado... ele tem um tamanho mais eu posso delimitar a forma dele... não acho ele concreto assim...

Aluno MF

E: Eu vou colocar agora as figuras sobre o espaço para você escolher... vamos seguir a mesma ideia que fizemos em relação ao tempo...

MF: Eu acho que é essa aqui... a figura B porque espaço a gente não tem como marcar a gente não tem como delimitar não tem como nada é infinito pra mim... essas noções aqui ((apontando para a mesa com as figuras)) são meio ilustrativas é o que a gente tem como normal e cotidiano... pra mim o espaço não tem limite nenhum ele vai ser infinito então... eu não tenho... por exemplo... a noção do tamanho do Brasil... do tamanho de Guarulhos ou de onde eu moro... eu não conhece tudo... ((pausa))

E: Qual outra figura você escolheria?

MF: A figura C da régua... ela deixa tudo marcado como se o espaço tivesse um limite... ajuda, mas não delimita o espaço... mas é também o que me remete porque a gente pensa em medida quando pensa em espaço... se você for pensar... pensar na régua é como o relógio... entendeu...

E: A régua pra você é como um relógio?

MF: É exatamente é o que me remete ao espaço... a gente não entende muito essas marcações todas... ((pausa))

E: O que é mais concreto pra você o espaço ou o tempo?

MF: Isso é bem esquisito de responder... tempo você está mais acostumado todo dia... você tem o período da claridade da luz... tem as 24 horas... tem o período sem luz... a noite... então cê tá acostumado com isso... o espaço a gente tá acostumado mais com o nosso espaço... acho que o tempo é mais claro eu tenho mais contato com o tempo no domínio dele...entendeu... por exemplo eu não tenho contato com o espaço todo com o domínio dele porque eu não tenho a noção do espaço todo... do meu bairro ou da minha cidade... agora o meu tempo é o meu tempo dentro do meu mundo... isso é estranho... é complicado...

E: Mas então pensando no espaço... se fosse possível nos observarmos... bom é um experimento mental... se fosse possível observarmos, mas a Terra não existisse os

planetas não existissem as estrelas não existissem... nada de corpos celestes existirem... ainda assim o espaço existiria?

MF: Nossa é bem estranho pensar isso... acho que seria um vazio... eu teria um espaço enorme mas vazio...

E: Mas vazio é uma ideia que te remete ao espaço também?

MF: Então... depende... não acho que sim... nossa isso é bem complicado de responder.. na verdade nada é vazio tudo está preenchido por coisa que a gente não vê... isso parece vazio pra mim dentro do visível... mas o universo o espaço está preenchido por molécula... átomo por tudo isso entendeu... então eu acho que é um coisa esquisita

E: Mas a existência do espaço depende disso?

MF: Não a existência não... mas não dá para pensar no vazio todo...

Os dois alunos escolheram a figura B como a primeira, com justificativas que se relacionam, mas são diferentes. A aluna JL centra sua argumentação na noção de espaço como continente de tudo, refletindo sobre os seus limites e sobre sua natureza, ao questionar os seus limites e o lugar em que o espaço estaria. Essa reflexão nos lembrou das discussões e das teorias sobre a origem do universo e seus modelos. Para alguns o espaço nasce com o universo, para outros a explosão de matéria independe do espaço, ou seja, o ponto inicial está contido no espaço. O aluno MF centraliza sua reflexão na concepção de espaço como algo que não pode ser delimitado, ou seja, mesmo algumas noções de limites conhecidos, como o bairro, a cidade ou o país em que mora, são dimensões que a cabeça humana não comporta, segundo a sua argumentação.

Em relação à escolha da figura C, o aluno MF associa a régua ao relógio, entendendo-a como um análogo do instrumento de medição do tempo para o espaço. Apesar de concebê-lo como infinito, o aluno compreende as delimitações possíveis e concretas do espaço que pode ser realizada com o auxílio da régua. A aluna JL também escolhe a figura C, mas com o argumento de que a régua nos dá uma medida de espaço, apesar de não conceber uma forma para o espaço. Na sua visão o espaço não tem forma, parece que medimos a forma do objeto no espaço, ou seja, naquele ponto onde o objeto se encontra o espaço se molda a ele. No entanto, além disso, parece que a matemática, mais especificamente a geometria, tem uma influência "grande" sobre sua concepção de espaço. No começo desse trecho da entrevista a reflexão sobre a definição de espaço, tem "raízes" nessa área do saber. Por outro lado, em relação à independência do espaço, ambos concordam que o espaço é absoluto e existe independente de qualquer coisa. A aluna JL, concebe com tranquilidade a ideia de vazio associando-o inclusive à sua concepção de espaço. No caso dela, como isso parecia mais "forte" que nas outras entrevistas, propusemos outra situação, mostrando uma figura de uma caixa ocupada e a

outra vazia. A escolha da caixa vazia nos possibilita afirmarmos que a sua concepção de espaço também se encontra na ideia de vazio. Na continuidade da reflexão a aluna JL comenta sobre a percepção de espaço a partir da noção de vazio. Nesse caso é possível associar o espaço aos artifícios visuais pensados para "aumentá-lo". Ou seja, pinta-se um cômodo de uma casa de branco ou se coloca espelhos no fundo de uma loja para que o ambiente pareça maior do que verdadeiramente é, ou seja, os sentidos nos mostram uma realidade que não é necessariamente verdadeira. O aluno MF, por sua vez, reflete sobre a independência do espaço, também concordando com a separação entre o espaço e a matéria, porém propõe algumas reflexões pensando no vazio, ou seja, para ele o vazio não existe por completo. Sempre existe algo, mesmo que invisível, ocupando o espaço. Os nossos sentidos são limitados, segundo essa reflexão, ainda que ele não tenha afirmado isso exatamente, a sua afirmação sobre o que é visível possibilita essa interpretação. Nesse aspecto, gostaríamos de fazer um comentário trazendo um trecho de outra entrevista, em que a aluna faz menção à observação visual da matéria contínua como algo limitado, vejamos:

Aluna BU

E: Gostaria que você escolhesse as duas de maior significado. Aquelas que mais se aproximam da sua ideia de espaço... ok?

Bu: Certo... acho que a primeira tem a ver com a medida ((pegando a figura C)), com a escala.. aquela história da parede foi revolucionária na minha vida...

E: Que história é essa?

BU: Quando o professor de física disse que nós não estávamos encostando na parede... e me fez acreditar que tinha uma lógica por detrás daquilo, espaço virou uma coisa muito relativa. Depende da forma como você enxerga e do nível por meio intelectual que você tem. Se você estiver explicando pro seu filho ele vai dizer que está encostando na parede, mas eu com a vivência que eu já tive e com as aulas que eu já tive... eu falaria outra coisa diferente, então acho que tem a ver com a C ((pausa))...

E: Quando se fala em espaço você pensa em espaço sideral?

BU: Também, mas primeiro tem a ver com a escala..acho que das outras eu não escolheria nenhuma.

Nesse caso, a aluna BU, que escolhe a figura C como representativa da sua concepção de espaço, não pensa na medida do espaço como a aluna JL ou o aluno MF. A sua justificativa se baseia na "estrutura da matéria". Seguindo um caminho contrário ao do aluno MF, que entende o vazio de forma descontínua, ou seja, sempre tem alguma "matéria" no vazio, a aluna BU entende a matéria como algo descontínuo. Na sua visão na matéria sempre existe um vazio. Essas reflexões nos conduziram, ainda que de forma aproximada, a algumas associações. Por exemplo, pensar na descontinuidade da matéria nos lembrou das reflexões dos "grandes" espaços matemáticos criados no mundo

microscópico. Estamos no referindo aos espaços vazios entre o núcleo atômico e os elétrons no modelo atômico de Rutherford. Já o aluno MF, que entende o vazio como descontínuo, no sentido de sempre existir matéria, a nossa associação foi com as discussões sobre a matéria escura, algo invisível, mas que dentro de um modelo de universo é necessário considerar. Em certa medida, essa concepção também nos lembra da proposta de Descartes que associa o espaço à matéria (Koyré, 2001).

Passaremos agora à apresentação e análise dos trechos de entrevistas de alunos que escolheram a figura C como a primeira opção na sua representação da concepção de espaço.

Aluna AP

E: Sobre o conceito de espaço... vou colocar as figuras e peço que você escolha a que mais se aproxima da sua concepção...

AP: ((pausa)) A figura C e a D...

E: Por quê?

AP: Eu escolhi essas trenas e réguas pela questão da medida... do medir... porque eu entendo o espaço como a distância entre dois pontos... que a gente vai... isso é um conceito bem simples né... e é utilizado... se utiliza para medir... porque o espaço geralmente é medido é uma coisa que é difícil falar dele como uma coisa sem medida ou limite... até porque eu entendo que o espaço tem um fim... tudo bem se a gente pensar em termos de universo esse fim é relativo, mas..., para o espaço aqui na terra na nossa vidinha eu considero que é mensurável entendeu...

E: A outra figura é o GPS a figura D...

AN: É... acho que hoje é importante... utiliza-se muito para direcionar o espaço... porque hoje em dia tá muito pequeno pro número de habitantes que a gente tem em uma cidade ou em um país... sei lá... estado.... o espaço é muito pequeno e você é obrigado a implantar n sistemas de ajuda para o cara chegar aonde ele sabia chegar antes... mas a coisa vai ficando tão pequena e eles são obrigados a fazer mais ruazinha mais atalho... meu pai dizia que antes ele ia para o centro de São Paulo e sabia se virar... agora não... aquele monte de prédio e rua... hoje em dia para o motorista é essencial... num espaço cada vez mais limitado...

E: Deixa eu te fazer um pergunta... e se não existisse mais matéria no universo... é um experimento mental... se não existissem os planetas... estrelas... nada... existiria o espaço?

AP: Acho que sim... apesar do vazio... se você pensar o espaço... ann... nesse caso é independente de tudo... é único...

E: O vazio pra você é espaço?

AN: É também... mas pra mim é estranho... espaço tem de ter limite... ser medido...

E: Mas e dentro da delimitação não pode ser vazio?

AN: Sim... pode ou não... tem de ter limites...

Aluno PR

E: Quanto ao espaço... escolha a figura que está mais próxima da sua concepção...

PR: ((escolhendo a figura)) a figura C

E: Por quê a C?

PR: Creio eu que todo espaço pode ser medido... todo espaço pode ser medido...

E: Isso você não usava lá no seu trabalho de marcenaria ?

PR: Sim... mas lá eu usava a trena... usei muito a trena... depois eu fui trabalhar no escritório com o projetista aí eu usava o autocad...

E: Você usou o autocad... eu também trabalhei com autocad projetando peças mecânica e embalagens... mas já há muito tempo...

PR: Eu desenhei várias caixas lá... mexia com ângulos e todo tipo de medida... várias coisas assim...

E: Você fez curso de desenho?

PR: Fiz autocad no Senai e fiz mecânica geral também...

E: Foi quanto tempo de curso?

PR: Durou uns seis meses o de autocad e um ano e de mecânica...

E: Ok...você pode escolher mais uma figura?

PR: Ann... acho que a B... o espaço a gente pode pensar como um espaço vazio não precisa ser fechado...

E: Mas para você... você associa espaço como vazio?

PR: Acho que... também... quando olhamos um lugar que tem espaço ele é vazio

E: Ok.. deixa eu te fazer um pergunta... é um experimento mental... se não existissem os planetas... estrelas e outros corpos celestes... ainda existiria espaço?

PR: se não existisse planetas... se não existisse corpos celestes... ainda existiria o espaço sim... tudo isso está dentro do espaço...

E: O espaço contém esses corpos celestes?

PR: Sim... sem dúvida..

E: É independente então

PR: O espaço?

E: Sim...

PR: É independente sim...de qualquer coisa...

Os dois entrevistados escolheram a figura C como a mais significativa, mas com motivações diferentes. AP justifica a sua concepção de espaço pela medida, baseando-se nas definições matemáticas. Porém, é importante observar que a concepção de AP está fundamentada na mensuração, ou seja, o espaço para ela é delimitado e "sempre", pensando nos espaços das nossas vidas, pode ser medido, portanto é finito. É claro que ela não descarta a concepção de espaço como universo e, apesar de não aprofundar muito, parece colocar essa aceção de espaço como que de outra natureza. Outra questão que foi explorada nesse trecho foi a identificação de espaço com o vazio, porém pelas argumentação de AP essa relação é menos intensa do que a relação com a medida, com a delimitação, expressões que ela sempre retoma para explicar o espaço. Também é possível identificar a separação entre o espaço e a matéria, entendendo o espaço como algo que contém tudo e é independente de tudo. Ainda sobre a concepção de AP a escolha do GPS também revela uma característica do espaço relacionada à localização, que por sua vez também tem relações com a medida. Além disso, a aluna explora aspectos da cidade discursando sobre as mudanças do espaço, identificando-o com as

alterações da paisagem urbana em seu caso. Sua reflexão nos lembrou das análises dos espaços nas cidades e suas relações sociais feitas por Milton Santos⁹¹.

O entrevistado PR, que também escolheu a figura C, tem as suas motivações baseadas e alicerçadas na sua prática de marcenaria, ou seja, pela utilização do instrumento. Além disso, o uso do programa autocad, que conhecemos muito bem, pois já trabalhamos com esse produto e sabemos que propicia um ambiente virtual de trabalho no espaço em duas ou três dimensões, tem como referência para o projeto a medida. Sendo assim é um aspecto que tem influência sobre a concepção de PR e que retomaremos na próxima seção. Na sequência do diálogo é possível identificar uma relação, também de menos intensidade, com o vazio. "Ter" espaço é ter vazios. Por outro lado, o aluno PR entende o espaço também como um grande continente de tudo, algo que envolve os corpos celestes e tem independência, ou seja, o aluno também separa o espaço da matéria.

Gostaríamos de acrescentar uma informação sobre o aluno PR que tivemos após a entrevista, em um novo encontro, para tirarmos e aprofundarmos alguns aspectos da primeira entrevista. Nesse novo momento ele já tinha concluído o curso de Pedagogia e estava cursando matemática. Deixamos aqui esse registro, pois os alunos da matemática que entrevistamos, na totalidade, escolheram a figura C como mais representativa do espaço e o aluno PR foi o único que, tendo escolhido C, não cursava matemática na época da primeira entrevista.

Trazemos a seguir mais um trecho sobre a escolha da figura C, em que a entrevistada MA apresenta os motivos e alguns detalhes da sua escolha que estão relacionados com seu trabalho profissional e o uso da matemática.

Aluna MA

E: Escolha a figura que é mais próxima do seu conceito de espaço...

MA: Aí meu Deus... deixa eu pensar... acho que a C... a régua e o escalímetro... temos a trena... fazer a medida... tem muito a ver... ((pausa))

E: Por quê?

MA: É quando eu tenho de ensinar as crianças sobre o espaço... uso a régua... a trena..., mas uso também passos e outras partes do corpo... ensino localizar direita e esquerdo... escalímetro... quem usa muito o escalímetro é meu marido... nos temos uma marcenaria e isso é muito usado para fazer os desenhos também...

E: Faz muito tempo que vocês tem marcenaria?

MA: Sim... as vezes eu ajudo ele... hoje ele tinha quatro desenhos para fazer... ele faz móveis por encomenda... calcula tudo de cabeça e só tem até a quarta série... ((pausa))

E: Então essa figura é forte para você?

⁹¹ SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. EDUSP, 2002

MA: É tem a ver com que eu ensino também... as noções de espaço... medir passos tamanho do pezinho... trabalhar a lateralidade... tudo né... trabalho na quadra com eles para eles aprenderem a se localizar... até ensino a usar o caderno e saber aproveitar o espaço do caderno... no começo é difícil mas hoje elas já tem noção para usar os espaços dela...

Nesse caso é possível observar dois aspectos interessantes na noção de espaço apresentada por MA que excluindo a originalidade de cada um, lembrou-nos bastante a experiência do entrevistado PR que apresentamos anteriormente. A escolha da figura C que, inicialmente, parece ter origem no seu trabalho de professora na educação infantil. Desenvolvendo a ideia de medida e localização no espaço, utilizando os instrumentos convencionados como a régua e a trena, partes do corpo e conceitos matemáticos básicos, MA auxilia as crianças na descoberta do espaço que ocupam e contribui para o desenvolvimento e entendimento das construções das convenções utilizadas. É algo que lembra a própria origem da medida na antiguidade, que citamos no capítulo 3, relacionada com as partes do corpo como referência. Por outro lado, ao longo da entrevista, surge também outra possibilidade de origem dessa noção, relacionada à prática da marcenaria. Ainda que nos dias atuais MA não atue profissionalmente com isso, segundo o seu relato nesse trecho e em outros trechos, no início da entrevista, sobre a sua vida e cultura, a marcenaria está presente há mais tempo do que o trabalho docente.

Ainda sobre o conceito de espaço, destacamos dois trechos de entrevistas, em que as concepções apresentadas foram diferentes das anteriores, aliás, foram as únicas que trouxeram escolhas que se aproximaram do pensamento físico, vejamos:

Aluno JP

E: Eu quero que você venha aqui e escolha a figura que mais tem a ver com a sua concepção de tempo... perdão de espaço...

JP: Humm... de espaço... primeiramente... vem... essa aqui a figura B... desde quando a gente é criança e ouve falar do espaço a gente associa com isso... mas o que eu penso tem a ver com essa também ((apontando para a F))... eu escolhi a B mas podia ser essa...

E: Por quê?

JP: Tem a ver com infinito e o espaço está em expansão... mas aqui na sala é um espaço... lá fora é um espaço também...

E: Mas e a F?

JP: Eu vejo essa e essa ((apontando para a B e a F)) como a mesma coisa... quando eu olha a B eu não vejo isso... então eu escolhi porque ela é mais real... a F é um desenho uma ideia... mas eu também penso assim... o espaço e o tempo formam um conjunto... na teoria da relatividade...

E: Então deixa eu te propor uma questão... se fosse possível deixar de existir todos os planetas e as estrelas... partículas e etc... inclusive a Terra né... existiria espaço?

JP: Sim... porque assim... se a gente for pensar... mas excluiria tipo os átomos assim...

E: Sim... não tem mais nada...

JP: É estranho a gente pensar que não tem nada nada... mas eu acho que sim... tipo... os planetas e as estrelas são uma consequência do espaço... tipo... as galáxias quando elas se chocam é porque o espaço está se expandindo... é o redshift... é difícil pensar nisso... mas acho que o espaço existiria sim...

E: E se não existisse o ser humano existiria o espaço?

JP: Sim... sim... é a mesma coisa que o tempo... são independentes de tudo...

Aluno RV

E: Vamos aproveitar que já tá colocado... aqui a gente vai falar do espaço... eu queria que você viesse aqui... aqui tem uma série de figuras... e eu queria que você me dissesse qual delas tem mais a ver com que você pensa ser o conceito de espaço...

RV: Eu penso... por esse símbolos matemáticos como a constante de Planck... aqui o princípio da incerteza... isso me lembrou a teoria das cordas... é uma física mais recente do que a da escola... eu escolheria a G... essa aqui tem a ver com a teoria da relatividade... contração do espaço... eu escolheria também a F... são as mais fortes pra mim... ((pausa)) ... a figura C por exemplo parece mais uma definição que nós fizemos... o objeto no caso a gente definiu... o metro não é uma coisa que existe na natureza...

E: Mas a constante de Planck... princípio da incerteza é real ?

RV: Humm... acho que mais... representa uma realidade ((pausa))

E: Mas aonde você estudou isso?

RV: Faz alguns anos... eu me interessei por física quântica... eu li um livro que tem um caráter até meio infantil sobre a... não infantil mais pra leigos... que é o Alice no país dos quanta... eu lembro que eu li esse livro e eu pesquisa algumas coisas por conta própria e eu me interessava pelo mundo quântico... lá parece que tudo pode acontecer e eu queria entender como isso funcionava porque é uma coisa bem diferente... eu assistia muito documentário... hoje eu ainda me interessei mais um pouco menos... na época era quase uma vontade profissional eu queria entender para trabalhar com isso... hoje eu procuro mais como curiosidade... é... por exemplo... vendo um documentário ((aqui estava difícil de entender a gravação pode ser vendo um documentário ou lendo um livro)) sobre as 10 dimensões eu consegui acompanhar até a sexta... depois ficou difícil... ((pausa))

((aqui entrou a parte sobre o tempo já transcrita na primeira parte dessa seção))

E: Ok... vou te fazer uma outra pergunta... se não existissem os planetas e as estrelas... os corpos celestes... e até o ser humano existiria o espaço?

RV: Sim... sim... pro ser humano a concepção de tempo e espaço... se não existir mais relógio se não existir mais o homem não vai existir o tempo que a gente definiu... um dia inteiro um segundo... a gente não teria mais essa concepção de tempo... a gente não estaria mais fazendo a medida, mas o tempo continua... e o espaço existe...

Inicialmente relembramos que JP e RV também apresentaram concepções de tempo que traziam indícios da influência do pensamento da física. Mantendo essa influência, as concepções de espaço desses dois entrevistados também apresentam conceitos da física. No entanto, a escolha, assim como a abordagem e justificativa de cada um deles é diferente. Para JP a escolha foi a figura B, que foi escolhida por muitos outros

entrevistados, porém, ainda que a primeira motivação esteja relacionada com o infinito, ele apresenta algumas particularidades na sua explicação. Ele se refere ao espaço infinito em expansão, algo que já sinaliza um conhecimento dos modelos de universo. É importante ressaltar que JP diz na sua prática de leitura ser um apaixonado pela astronomia. Outro aspecto que merece destaque é que ao escolher a figura B ele também menciona a figura F, que mostra uma "ilustração" do espaço-curvo, além das fórmulas da contração do espaço. Nesse caso JP entende o espaço e o tempo como dimensões, mas afirma que escolheu a B por ser mais real, apesar de também reconhecer a teoria da relatividade. Mas, é importante destacar que, apesar dessa afirmação, não é possível dizer em qual "medida" ele conhece a teoria da relatividade. Na sequência ele reconhece a existência do espaço sem a matéria, porém também reconhece uma relação entre o espaço e a matéria, pois novamente fala da expansão do universo, citando inclusive a expressão redshift, ao entender que as galáxias colidem porque o espaço está expandindo. Com isso, parece-nos que existe a compreensão de um espaço independente da matéria, mas tem essa matéria intrinsecamente fixada nesse espaço.

Já o entrevistado RV também apresenta no contexto de suas concepções de espaço a presença da física, com destaque para algo da quântica e da relatividade. Ao escolher a figura G, RV identifica a constante de Planck e o princípio da incerteza, além de se referir à teoria das cordas. Em relação à figura F, comenta sobre a relatividade e identifica a expressão da contração do espaço. É interessante destacar que na continuidade dos seus comentários, ainda que de forma breve, RV cita dois temas interessantes. O primeiro é sobre a quântica e a relatividade serem da "física recente" que não é a da escola. O segundo tema é sobre a realidade e a natureza, ou seja, ao comentar a figura C, RV argumenta que as réguas e os instrumentos de medida apresentados na figura são criações humanas que não encontramos na natureza. Como exemplo ele cita o metro como algo que não encontramos na natureza. Aproveitamos então a oportunidade e questionamos sobre a realidade da constante de Planck e o princípio da incerteza. Parece que RV fica um pouco em dúvida, porém argumenta que são representações da realidade, portanto, entendemos que o entrevistado pode acreditar na realidade dessas teorias. No nosso entendimento, esse posicionamento parece um pouco contrário ao que talvez fosse mais natural, ou seja, entender a física quântica mais distante do real. É claro que a definição de metro é uma convenção, alias essa

convenção atual tem relação com uma distância percorrida pela luz⁹². Quanto à relação entre o espaço, o tempo e a matéria, já analisada na seção anterior quando abordamos o conceito de tempo, reforçamos a concepção de RV para o espaço e seu entendimento é de uma separação entre este e a matéria, atribuindo um status de independência tanto para o espaço, quanto para o tempo.

Para finalizarmos a análise geral do conceito de espaço, gostaríamos de ressaltar algumas aproximações entre as concepções de espaço que encontramos nos entrevistados e concepções ao longo da história. As concepções com maior abrangência foram as noções de espaço como continente ou espaço como vazio. É claro que a associação de espaço com o universo foi muito grande, mas entendemos que essa associação, de certa forma, relaciona-se com o infinito e também com o vazio. As noções de continente e lugar têm uma referência histórica nas concepções de espaço aristotélicas, e as concepções de espaço como vazio têm referência nos pitagóricos. As concepções de espaço relacionadas a algo mensurável, com uma representação nos instrumentos de medida, por um lado nos leva a aproximações com o espaço geométrico, com referência nas concepções de Platão e Euclides. Por outro lado, os instrumentos de medida de espaço têm uma construção histórica nas diferentes convenções adotadas por muitas civilizações para medição de espaços. Desde os primórdios com a utilização de partes dos corpos, até os instrumentos mais populares de medidas como a régua e a trena, têm uma referência na consolidação do sistema internacional de medidas e, mais especificamente, para o espaço, na definição padrão do metro.

Por outro lado, a maioria dos entrevistados concebe o espaço como algo independente da matéria, uma noção contrária à proposta de Platão, encontrando ressonância na proposição histórica de Newton para o espaço absoluto. Ou seja, o espaço parece ser algo independente da matéria. No entanto, parece-nos que essa independência e natureza do espaço, estão mais próximas de um grande vazio, em que podemos colocar matéria, sendo constituído como algo de um limite muito grande. Ainda que nenhum entrevistado tenha dito algo nesse sentido, parece que a concepção como algo absoluto é de uma grande esfera oca de uma casca em que ainda não identificamos o limite.

⁹² Verificar o capítulo 4.

Destacamos também duas argumentações sobre a constituição do vazio ou da matéria (BU e MF). Esses alunos pelos seus argumentos concebem o vazio e a matéria como algo descontínuo, ou seja, no vazio existe a presença de matéria, assim como na matéria existe a presença de vazios. Porém em ambos os casos são elementos de "tamanhos" microscópicos. Essa ideia nos leva a aproximar esses "elementos" que discretizam o vazio ou a matéria, na visão desses alunos, com as concepções de espaço dadas pelos árabes, quando da definição dos átomos da Kalām⁹³, que seriam constituintes microscópicos do espaço.

Para uma minoria, a identificação do espaço é dada pela construção conceitual da relatividade e da física quântica. É claro que se trata de noções muito gerais e os entrevistados, que se posicionaram nesse sentido, não explicaram as suas concepções em detalhe, mas demonstraram um grande potencial de evoluírem ainda mais nessa direção. É importante reforçar que, principalmente o entrevistado RV que cita aspectos da física quântica, ainda que minimamente reconhecesse o princípio da incerteza, por exemplo, não explicou claramente essa relação com sua concepção de espaço. Ao olharmos a transcrição da entrevista, esse ponto não foi explorado pelo entrevistador, ficando, portanto, em aberto nessa análise algum comentário mais enfático sobre essa questão.

Ainda sobre os entrevistados que, a princípio, apresentaram concepções de espaço e de tempo que mais se aproximavam de concepções da física moderna, destacamos que na parte final das entrevistas apresentamos uma situação-problema baseada no paradoxo dos gêmeos de Einstein. Essa adaptação foi apresentada aos entrevistados em uma folha de sulfite, destacada a seguir, com o objetivo de aprofundar um pouco mais a possível presença de concepções de tempo e espaço da física moderna, mais especificamente da relatividade.

Situação problema

Suponha dois irmãos gêmeos que trabalhem em uma agência espacial. Um deles é engenheiro (E) e o outro é astronauta (A). O irmão A segue em uma missão a um planeta distante em uma nave espacial, com velocidade próxima a da luz. O irmão E fica monitorando a missão da Terra. Sendo assim, responda: É possível determinar o tempo e o espaço da missão? O tempo de duração da missão é o mesmo para os dois irmãos? Comente

⁹³ Ver capítulo 4

Aplicamos nos casos em que os alunos fizeram a escolha de figuras que, em conjunto com a justificativa, apontassem na direção dessas concepções da física moderna. Através da negação ou confirmação da noção de tempo e espaço absolutos, a partir das respostas dadas nessa atividade, buscamos verificar se o entrevistado reconhecia a situação, o possível "grau" de profundidade do seu conhecimento, além da presença de outras concepções de tempo e espaço que não foram identificadas anteriormente. Pensando em todas as entrevistas, nenhum aluno reconheceu ou identificou alguma similaridade entre a situação proposta e o paradoxo dos gêmeos de Einstein. Dos 25 alunos entrevistados, 12 deles, o que corresponde a 48%, indicaram que na situação o tempo para o astronauta era diferente do tempo para o engenheiro. Porém nenhum aluno, inclusive os alunos RV e JP que durante a atividade de escolha das figuras citaram a relatividade e a física quântica, explicou como era essa alteração do tempo. Além disso, consideram que o espaço não sofre nenhuma alteração e, conseqüentemente, essa diferença de tempo é muito mais uma sensação do que realmente uma alteração temporal. Vejamos um exemplo que representa os alunos que afirmaram a existência de uma diferença de tempo em função da proximidade da velocidade da luz.

Após a leitura da situação-problema

Aluno ER

E: Dá para determinar o tempo de duração da viagem?

ER: Acho que dá, mas não é o mesmo tempo né... porque um está na velocidade da luz e o outro está em outra velocidade... sei lá... o tempo passa diferente a contagem do tempo é diferente... ((pausa))

E: Aonde você aprendeu isso?

ER: É... no colégio... não sei se tá certo... foi na aula de física...

E: Você entende isso que você está falando?

ER: É...ann... médio... se eu não me engano você percorre uma maior distância em menos tempo... menos tempo do nosso...

E: Você reconhece essa situação?

ER: Não eu nunca ouvi falar...

E: E o espaço é o mesmo?

ER: Sim o espaço não muda...

E: E o tempo?

ER: Não o tempo é o mesmo só que para um ou para outro o tempo muda

E: Como assim... o tempo é diferente ou não?

ER: O tempo é o mesmo mais a sensação muda de um para o outro por causa da velocidade da luz... a distância é sempre igual e... se a gente parar para pensar um carro a 20km/h e outro a 60km/h percorrendo a mesma distância... 500km... cada um vai sentir um tempo diferente por causa da diferença de velocidade...

E: Mas você acha que o tempo pode ser fisicamente diferente... se deixarmos um relógio na terra e outra na nave eles vão marcar tempos diferentes?

ER: Não não... o tempo é igual...

Pode se perceber que o aluno ER, a exemplo de outros como JP, YA e RV, não concebe um tempo diferente fisicamente, ou seja, ele recorre à sensação, voltando a inserir o ser humano e as suas percepções, além de conceito de tempo absoluto. Portanto, destacamos essa atividade proposta no final das entrevistas, por entendermos que se o entrevistado conhecesse algo sobre a relatividade, ainda que não dominasse os seus mecanismos matemáticos e nem conceitos mais aprofundados, ele seria capaz de identificar o paradoxo dos gêmeos. Essa é uma das situações mais conhecidas, dentro da divulgação científica, sobre a dilatação do tempo.

4.5 Discussões dos resultados: epistemologia e cultura

Nesta seção retomamos os dados analisamos na seção anterior, buscando uma discussão à luz da epistemologia de Bachelard, mais especificamente em relação ao perfil epistemológico e ao obstáculo epistemológico. As discussões desses resultados vão recair sobre a atividade de sala e as entrevistas, seguindo as diferentes escolas filosóficas propostas por Bachelard na definição do perfil epistemológico. Quando há necessidade reproduzimos novamente o trecho analisado.

Após a discussão dos resultados a luz da epistemologia de Bachelard, refletimos sobre as questões relacionadas à epistemologia e à cultura. Com ênfase nas situações que envolvem a relação da ciência com a cultura do indivíduo, é possível pensar as suas influências sobre as concepções de tempo e espaço, a partir do perfil epistemológico. No final da seção, em que analisamos também situações mais específicas, aprofundamos o nosso olhar sobre duas entrevistas que consideramos mais significativas.

Para pensar em perfis epistemológicos para o tempo e o espaço, destacamos que os alunos realmente manifestam em suas "falas" ou no material escrito diferentes concepções que podem se identificar com as escolas filosóficas bachelardianas. Porém, essas diferentes manifestações, de uma forma geral, não são profundas e, em muitos casos, parecem apresentar apenas alguns elementos das diferentes escolas filosóficas. Estamos nos referindo, por exemplo, a manifestações absolutas de tempo e espaço que, a princípio, se identificam com o racionalismo clássico, mas não apresentam todos os elementos que constituem essa zona hierárquica. Isso não desqualifica a nossa análise,

pois as escolas filosóficas presentes no perfil epistemológico proposto por Bachelard possuem uma espécie de estrutura fina para cada região, ou seja, algo com multifacetadas em cada zona hierárquica. (Martins, 2007; 2012)

Temos também que ressaltar que estamos convencidos da real impossibilidade de traçar efetivamente o perfil epistemológico. Além de ser impossível esgotarmos todos os contextos para identificação das concepções (Martins, 2007), o perfil epistemológico é algo individual sendo uma atividade de construção pessoal e válida em um estágio particular e específico de uma cultura (Bachelard, 1978a). Bachelard em *A filosofia do Não*, em nenhuma parte, especifica como é feita a atribuição dos "pesos" ou das alturas de cada coluna. Parece-nos realmente uma reflexão muito pessoal, ainda que, por outro lado, Bachelard não descarte que o perfil de alguém pode ser traçado por outra pessoa. "Esta análise filosófica espectral necessitaria, para se desenvolver, de psicólogos que fossem filósofos e também de filósofos que aceitassem ocupar-se de um conhecimento objetivo e particular." (Bachelard, 1978a, p.28). Mesmo assim, entendemos que a opção mais coerente é não traçar, nos moldes de Bachelard, o perfil epistemológico. No entanto, faremos a discussão dos resultados a partir das escolas filosóficas que Bachelard utiliza para compor o perfil.

Os perfis epistemológicos

Conceito de tempo

A primeira escola filosófica utilizada por Bachelard, o *Realismo Ingênuo*, é caracterizado pela observação primeira dada pelos sentidos. No caso do conceito de tempo, além de observações do "estado" externo de objetos ou pessoas, nessa escola filosófica também está enquadrado um conceito heterogêneo de tempo que necessita da percepção do ser humano. É algo como um "animismo", ou seja, a realidade do tempo necessita de um espírito que a perceba.

Analisando os resultados da atividade de sala⁹⁴, percebemos que alguns alunos apresentam elementos de realismo ingênuo na justificativa de suas respostas⁹⁵. Na atividade de escolha de palavras que mais estavam associadas com o tempo, considerando os dois grupos participantes (M1 e M2), as palavras *envelhecimento*, *passado*, *relativo*, *percepção* e *abstrato*, estão entre as mais escolhidas. No caso da palavra *envelhecimento*, o enquadramento nessa escola filosófica é imediato, pois é uma observação primeira e externa do estado de conservação daquilo que se observa, no caso

⁹⁴ Vide seção 4.3.

⁹⁵ Lembramos que as respostas dessa atividade foram escritas.

os seres vivos, em especial o ser humano. Muitos alunos, com destaque para os do curso de Pedagogia, têm no envelhecer a concepção primeira de tempo, compreendendo a certeza da "passagem" do tempo na observação estética dos seres humanos. Essa observação realizada pelo sentido da visão é dada analisando a aparência da pele, ou seja, aquilo que é visível.

Na justificativa da escolha da palavra *passado* a presença do ser humano é fundamental, porém o entendimento do tempo é dado pela consciência da existência de momentos anteriores ao vivido, com destaque para o uso da memória, ainda com uma característica heterogênea, mas caminhando para uma divisão dos momentos que se constituirão mais homogêneos. Ainda necessitando do ser humano e das suas sensações, portanto algo relacionado também ao realismo ingênuo, as palavras *relativo e percepção* reforçam uma conceituação de tempo que depende das sensações, mantendo uma característica heterogênea. Nesse caso a percepção é diferente para cada ser humano, ou seja, a experiência de cada momento vivido depende do "estado de espírito" de cada um, logo a sensação da passagem do tempo é diferente dependendo do "espírito" que a experimente e anime.

Destacamos ainda a atividade 3, que para o grupo M1 teve perguntas diretas sobre tempo e espaço, tendo dois "poemas" como referências. No caso M2 também com fragmentos de textos sobre tempo e espaço, mas deixando um espaço para criação livre de um texto sobre o tema, encontramos outras afirmações que reforçam a concepção de tempo nessa escola filosófica. Textos e respostas que levaram em consideração a emoção que o conceito de tempo proporciona ao ser humano na sua reflexão de vida, além de reforços quanto à visão heterogênea do tempo como o sentimento de tédio como um "motor" para aumentar a duração de atividades, assim como o prazer como um "consumidor" dessa duração reduzindo a sensação da passagem do tempo.

Nas entrevistas⁹⁶ também encontramos elementos do realismo ingênuo, com escolhas de figuras relacionadas também ao envelhecimento e justificativas dadas pela noção de sensação que difere de indivíduo para indivíduo. No caso das entrevistadas AM⁹⁷ e CS⁹⁸ identificam-se um enquadramento de suas concepções no realismo ingênuo, pois, além de associar o conceito de tempo ao envelhecimento, quando questionadas sobre a existência do tempo, atribuem-na aos seres humanos. Estamos nos

⁹⁶ Ver seção 4.4.

⁹⁷ Entrevista na página 276.

⁹⁸ Entrevista na página 277.

referindo à afirmação de que o tempo só existe porque existem seres humanos, ou seja, é mais um elemento que reforça a existência de concepções dessa escola filosófica nesse pensamento. No entanto, gostaríamos de fazer um breve comentário sobre o aluno ER⁹⁹, que também apresentou concepções realistas ingênuas sobre o tempo, porém com algumas diferenças de AM e CS. No caso ER também apresenta noções de marcação do tempo (nascer, crescer e morrer), além de parecer distinguir o conceito de tempo da sua marcação. Nas suas argumentações o relógio é citado, e a compreensão de tempo também é dada como algo que independe do relógio e do ser humano. Essa concepção de tempo demonstra os resquícios do realismo ingênuo, mas também já apresenta um espírito aberto ao empirismo. As alunas BA e AP¹⁰⁰ também seguem essa linha de raciocínio, ou seja, apresentam concepções de tempo realistas ingênuas, porém, assim como ER, estão abertas e identificadas com o empirismo. Ainda sobre essa "presença" de concepções em duas escolas filosóficas, a aluna JC¹⁰¹ também é um exemplo bem interessante de alguém que mantém características do realismo ingênuo, mas tem um entendimento da existência de um tempo objetivo e da função do aparelho de medida, apresentando traços empiristas.

Portanto, já que começamos a citar *o empirismo*, nessa escola filosófica, o conceito de tempo é reduzido à sua mensuração, ou seja, está associado a um aparelho de medida. É também característico dessa escola, ainda que inicialmente, outras formas de medir o tempo que sejam caracterizadas pela objetividade. Em outras palavras, não existe uma tempo para cada ser, o tempo é único e independente do ser humano. Porém ainda não faz parte de um corpo de conhecimento articulado.

Na atividade de sala, em nossa análise prévia na seção anterior, a palavra relógio está entre as mais associadas com o conceito de tempo. Nesse caso as justificativas mostram uma grande dependência desse instrumento de medida do tempo e a "força" que ele exerce e representa na vida de muitos participantes. Em algumas justificativas, apesar de reconhecer a sua importância e associá-lo como símbolo mais intenso do conceito de tempo, os participantes criticam o papel de coerção exercido pelo instrumento que, quase automaticamente, é transferido para o conceito de tempo.

Na atividade 3 também encontramos alguns complementos para essa escola filosófica, ou elementos que apontam nessa direção. São textos ou partes de textos que

⁹⁹ Entrevista na página 278.

¹⁰⁰ Entrevista das alunas BA e AP nas páginas 279 e 280.

¹⁰¹ Entrevista nas páginas 281/282.

os alunos participantes elaboraram citando e identificando, na sua rotina diária, um tempo certo para cada atividade (trabalhar, estudar, sair, comer, brincar, etc.), além da importância do relógio em suas vidas ou da dificuldade que esse instrumento impõe à vida das pessoas. Nas entrevistas temos algumas situações interessantes sobre as concepções de tempo que estão associadas ao instrumento de medida. Já citamos anteriormente, quando das considerações sobre o realismo ingênuo, que os entrevistados BA, AP, ER e JC apresentam traços empiristas nas suas falas, sobretudo quando concebem a existência de tempo objetivo que independe do ser humano. Por outro lado, a aluna JL¹⁰² escolhe a figura do relógio para representar o seu conceito de tempo, e a sua argumentação, inicialmente, apresenta uma concepção de tempo objetivo e comum a todos, independente da sensação. Aliás, quando questionada sobre a permanência do tempo se os relógios deixarem de existir, JL entende que o próprio tempo deixa de existir. Dito de outra forma, ela compreende o conceito de tempo como a sua marcação e materialização no aparelho de medida. No entanto, é preciso ressaltar que na sequência de suas argumentações e, diante de alguns questionamentos do entrevistador, JL apresenta também o seu lado realista, ou seja, inclui a percepção do ser humano como um fator importante para a concepção de tempo.

É importante destacar, ainda no empirismo, as noções de tempo como algo linear e homogêneo. Embora esse aspecto não tenha sido abordado diretamente nas entrevistas e na atividade de sala, essas noções aparecem nos textos escritos e nas falas dos alunos. Sobre a linearidade expressões como "o tempo segue seu fluxo" ou "aquilo que passou não volta mais", são indícios da presença de uma concepção de tempo linear. Quanto à homogeneidade as expressões mais utilizadas pelos entrevistados foram "apesar da sensação ser diferente o tempo não muda é sempre igual" ou "o tempo é uma coisa contínua". Essas expressões revelam essa característica homogênea, ainda que não articulada em um corpo de conhecimentos.

Em se tratando de conhecimento articulado, passamos agora a abordar o *racionalismo clássico*. Aqui o conceito de tempo é concebido como algo absoluto, separado da sua medida e inserido em um corpo de conhecimentos articulados como, por exemplo, as Leis da Mecânica Clássica e a Conservação de Energia. Encontrar claramente uma concepção de tempo inserida dentro de um corpo organizado de conhecimento, não é algo que esperávamos identificar com clareza e facilidade, algo

¹⁰² Entrevista nas páginas 282/283

que Martins (2007) já advertia. Porém, inicialmente na *atividade de sala*¹⁰³, em especial na atividade 3, identificamos alguns indícios de concepções de tempo minimamente concebidas dentro da cinemática básica. Os alunos da biologia e da matemática que discordam que os conceitos de tempo e espaço expressos no poema sejam iguais aos da física, utilizam-se do recurso cinemático da relação entre tempo, espaço e velocidade para justificar a discordância. Além desses casos, os textos das alunas JL¹⁰⁴ e YA¹⁰⁵ mostram um entendimento do conceito de tempo dentro de algumas estruturas de conhecimento da física e da biologia. Utilizam noções de tempo geológico e biológico, expansão do universo, além da relação entre tempo, espaço e velocidade. A aluna YA explica a sua noção de tempo referenciando-se até na constituição de um buraco negro, mostrando certo domínio de relações básicas entre tempo, espaço, massa e gravidade.

Nas *entrevistas*¹⁰⁶ podemos aprofundar um pouco mais as questões apresentadas pelas alunas JL¹⁰⁷ e YA¹⁰⁸. As duas fortalecem na entrevista seu entendimento do tempo na física. A aluna JL na escolha das figuras, em muitos momentos se referia com tranquilidade ao tempo presente nas fórmulas, assim como YA, porém em outros dois momentos essa concepção de tempo próxima da física clássica ficou mais evidente. O primeiro momento refere-se à situação-problema sobre o paradoxo dos gêmeos, pois, a exemplo de ER, que também pode ser enquadrado nesse mesmo "grau" de JL e YA nessa escola filosófica, compreendem e respondem à situação com recursos conceituais da física clássica. Por outro lado, o segundo momento, que pode ser estendido a mais entrevistados, está relacionado à concepção de um tempo que independe dos seres humanos. Nesse caso, em grande parte das entrevistas muitos alunos entendem o tempo como algo independente, ou seja, como algo absoluto, o que revela uma concepção em potencial de evoluir para o seu enquadramento em um corpo de conhecimentos organizados. É importante ressaltar e confessar a nossa impossibilidade de "cravar" com segurança total que essa concepção de tempo apresentada por JL, YA e até ER estão conscientemente inseridas dentro de um corpo de conhecimentos articulados. Mas, pensando no perfil epistemológico essa região não seria inexistente para nenhum deles.

Para as outras duas escolas filosóficas bachelardianas, o racionalismo completo e o racionalismo discursivo, que podem ser chamadas de *surracionalismo*, pouco

¹⁰³ O início da apresentação e análise dos resultados da atividade de sala se encontra na página 207.

¹⁰⁴ A resposta da aluna JL na atividade de sala está na página 232.

¹⁰⁵ A resposta da atividade de sala da aluna YA está nas páginas 215 e 232.

¹⁰⁶ Início da apresentação e análise das entrevistas está na página 239.

¹⁰⁷ A parte da entrevista de JL sobre o conceito de tempo está nas páginas 282/283.

¹⁰⁸ A parte da entrevista de YA sobre o conceito de tempo está nas páginas 286/287.

esperávamos encontrar nas atividades de sala ou nas entrevistas. Nesse caso, as concepções de tempo, ou melhor, de tempo e espaço, são as da relatividade especial para referenciais inerciais e relatividade geral que incorpora os referenciais acelerados e a gravitação. Além disso, também temos os conceitos básicos da física quântica com a indeterminação do tempo e do espaço no princípio da incerteza. Na aproximação com o surracionalismo, destacamos algumas falas e textos em que os alunos mostram minimamente algum entendimento ou, pelo menos, um contato básico com a linguagem e conceitos de relatividade e mecânica quântica. Nas justificativas atividades de sala, encontramos algumas afirmações que relacionam o tempo com o movimento. É evidente que isso não configura uma concepção de natureza surracionalista, porém é um indício da aceitação de um tempo não absoluto. Na atividade 3, o texto da aluna YA ilustra um mínimo contato com temas da física moderna, em especial a relatividade, sobretudo quando afirma as variações do tempo e do espaço na velocidade da luz.

Nas entrevistas também encontramos situações em que os alunos explicam suas concepções utilizando termos da física moderna. O aluno JP¹⁰⁹ nas suas escolhas de figuras sobre o conceito de tempo, afirma o seu entendimento do tempo como uma dimensão, algo, segundo ele, próprio da relatividade. Na sua argumentação ele utiliza a expressão tecido espacial e afirma que o tempo e o espaço formam uma dimensão. Nessa mesma linha o aluno RV¹¹⁰ se identifica com as figuras que exploram o tempo na relatividade, identifica a fórmula de contração do tempo e do princípio da incerteza. Na sua articulação faz menção ao seu interesse por física moderna e sua argumentação segue nessa linha. A aluna YA também apresenta algo básico de física moderna, com destaque para a relatividade, em especial na sua explicação da relação entre os buracos negros e o buraco branco. Porém, é necessário fazermos um contraponto dessa conceituação trazida por esses alunos. Quando propusemos a atividade sobre o paradoxo dos gêmeos, ainda que esses alunos, entre outros, indicassem alterações no tempo em função da velocidade da luz, eles não foram capazes de afirmar se ocorria uma dilatação ou uma contração no tempo, além de não reconhecer a situação. Estamos trazendo esse fato para problematizar esse "conhecimento" de física moderna que eles apresentam, pois se estivesse realmente sólido na concepção desses alunos, as respostas para a situação-problema do paradoxo seriam diferentes e eles reconheceriam a situação. Portanto, diante desse quadro, embora esses alunos tenham apresentado um

¹⁰⁹ A parte da entrevista sobre o tempo de JP está na página 284/285.

¹¹⁰ A parte da entrevista sobre o tempo de RV está na página 285.

entendimento de física moderna maior do que esperávamos encontrar, esse assunto ainda parece superficial nas suas concepções. Não estamos desmerecendo o conhecimento desses alunos, muito pelo contrário, entendemos que estão em um patamar mais sofisticado do que os outros, e estão muito mais aptos para evoluírem na direção de uma concepção surracionalista do tempo, conforme também adverte Martins(2007).

Gostaríamos de reforçar brevemente que encontramos concepções de tempo fortemente relacionadas ao realismo-ingênuo e ao empirismo, algo que, a nosso ver, configura condutas perceptivo-visuais e condutas do relógio, respectivamente. São condutas culturais que estão impregnadas nas concepções de vários dos entrevistados em menor ou maior grau. Com relação ao racionalismo clássico, existe quase uma conduta do absoluto que está presente em menor grau, além de uma quase conduta das aulas de cinemática que foram as únicas expressões que puderam ser aproximadas de teorias físicas. Quanto ao surracionalismo não é possível falar em condutas, porém podemos afirmar que existem "pontos" esparsos em uma nuvem de conhecimentos prontos para serem fixados em algumas concepções de tempo,.

Conceito de Espaço

Com relação ao conceito de espaço e sua associação com as escolas bachelardianas, seguimos o mesmo caminho e organização que adotamos para o conceito de tempo.

No *realismo-ingênuo*, as concepções de *localização*, *lugar* e *vazio* são entendidos como dependentes da presença humana e das observações através dos sentidos. Na *atividade 2 de sala*¹¹¹ as palavras mais escolhidas foram *universo*, *lugar*, *vazio* e *dimensão*, sendo essa última apenas no grupo M2. Nas justificativas percebemos que essas concepções se enquadram nessa escola filosófica. A palavra *universo* é concebida como o grande continente de tudo, tendo presente a noção de que o espaço é o continente. A noção de continente implica na observação dos limites, ainda que no caso do universo isso não seja possível. Mas, atrelado ao sentido de continente a palavra *universo* também foi entendida como o lugar em que tudo se localiza. Alias, sobre a palavra *lugar*, também encontramos outras noções nas justificativas. O lugar com o sentido de ocupação do *vazio* e *localização* espacial, que configura outra noção de espaço dada pela observação que, apesar de não ser relacionada a nenhuma medida parece muito próxima de evoluir nessa direção que "desemboca" no empirismo.

¹¹¹ Inicia-se a apresentação e análise dos dados na página 218.

Destacamos, embora em menor proporção, as relações de espaço no sentido de lugar em que as pessoas vivem, pensando no quarto, na casa, no bairro ou na cidade. Também encontramos afirmações sobre o espaço como dimensão, ou seja, uma observação dada pelo sentido da visão e construída em uma região macroscópica tridimensional que pode ser medida. Por outro lado, a noção de dimensão está associada a algo "paralelo", ou seja, impondo um limite é possível encontrar "outro lugar", "outro mundo", portanto outra dimensão. Essa noção de dimensão reforça expressões como "algo que não pode ser medido" ou "algo além do que se vê". No entanto, ressaltamos que as noções relacionadas com a consciência de que é possível se medir, e noções que admitem a existência de algo além dos sentidos e impossível de se medir, são indicativos de concepções que podem evoluir para outras escolas filosóficas como o empirismo e o racionalismo.

Na terceira atividade de sala ¹¹²as noções de espaço relacionadas à *localização e lugar* são reforçadas. Nos textos apresentados encontramos associação de espaço aos lugares ocupados na rotina diária, ou seja, existe um tempo para cada atividade durante o dia, mas também existe um lugar sendo ocupado durante a duração das diversas atividades. Outra característica reforçada e associada ao espaço é a da sua variação, tendo espaços "grandes" ou espaços "pequenos" que estão relacionados à percepção que temos, portanto dependentes do ser humano.

Nas *entrevistas* ¹¹³sobre o conceito de espaço também encontramos concepções que estão enquadradas no realismo-ingênuo. De forma geral as figuras mais escolhidas foram a A e a B, respectivamente uma grande "sala" vazia com uma pessoa saindo por uma porta; o astronauta no espaço e uma pessoa em uma grande região congelada. Nesses dois casos as concepções que foram apresentadas relacionam o conceito de espaço à ideia de lugar, vazio ou ocupado, além da noção de continente, ou seja, lugar que contém tudo ¹¹⁴. Os argumentos dos entrevistados JR, EC e JC ¹¹⁵ apresentam essas concepções de espaço que, em diferentes "graus", estão enquadradas no realismo-ingênuo, pois dependem de alguém que observe e perceba. A aluna JL ¹¹⁶ também apresenta uma concepção de espaço relacionada ao universo e à noção de continente de tudo. Além disso, também associa o espaço à noção de vazio. Destacamos que a

¹¹² Inicia a apresentação e análise dos dados na página 225

¹¹³ A análise e apresentação dos dados iniciam-se na página 289.

¹¹⁴ Sobre as noções de espaço como vazio, lugar, matéria, dimensão, ver Koyré (2001, p. 149-156).

¹¹⁵ As partes da entrevista sobre o conceito de espaço dos estudantes JR, EC e JC estão nas páginas 292, 293 e 294.

¹¹⁶ As partes sobre o espaço estão nas páginas 295 e 296.

situação de uma caixa com uma pessoa dentro e a mesma caixa vazia, contribuiu para reforçar a noção de espaço como vazio. Para JL o espaço é o vazio, mas, diferente dos outros entrevistados (JR, EC e JC), ela já apresenta traços de concepções de espaço relacionadas ao empirismo, que examinamos nas discussões seguintes.

A próxima escola filosófica que examinamos é o *empirismo*, em que o conceito é pensado de forma objetiva e mensurável. No caso do espaço, as noções associadas com esta escola filosófica são as de localização com medida e referência, ou seja, distâncias mensuráveis, além de medidas lineares, superficiais e volumétricas, que são obtidas com aparelhos de medição como régua, trena, escalímetro, GPS, hodômetros dos veículos, entre outros. Ressaltamos que nesse caso o conceito de espaço ainda não faz parte de um corpo de conhecimentos articulados. No caso das atividades de sala as noções de espaço que se enquadram nessa escola filosófica são mais escassas. Como o conceito deve ser concebido com a utilização do aparelho de medida, algumas justificativas que não contém essa concepção, porém podem evoluir nessa direção, estão associadas às palavras *dimensão e variável*. No caso da primeira o espaço é entendido como algo que pode ser medido, mesmo que isso seja realizado no "corpo" que ocupa o espaço. A segunda palavra associa o espaço à distância que pode ser medida, algo que implica uma localização mensurável. Alunos que ainda possuem um "maior grau" de realismo-ingênuo, mas também apresentam essas concepções associadas à mensuração, podem mais facilmente evoluir para o empirismo, conforme já citamos anteriormente quando das discussões sobre o realismo ingênuo.

Retomando a entrevista da aluna JL, que na sua argumentação começa definir espaço a partir das noções de continente e vazio, associadas ao realismo-ingênuo, também, como já havíamos antecipado, apresenta noções de espaço associadas ao empirismo. Já mais para o final da sua entrevista, JL afirma como segunda escolha a figura C que apresenta instrumentos de medição de espaço (régua, trena e escalímetro). Apesar de não conceber um espaço sem uma "forma"(formato do espaço) definida, ou seja, para JL a forma do espaço é "moldada" pelos objetos contidos nele, entende que é possível medi-lo através das dimensões dos objetos que ele contém. Porém, apesar desse traço empirista, no final dessa argumentação, JL volta a atribuir um papel importante a percepção, portanto, o seu "grau" de empirismo é menor do que o de realismo-ingênuo. Nessa mesma linha de concepções é possível enquadrar o aluno

MF¹¹⁷, que concebe o espaço como algo infinito, porém tem na régua, a exemplo do relógio, uma expressão significativa da sua noção de espaço.

Ainda com relação ao empirismo, destacamos a entrevista da aluna AP¹¹⁸ que escolhe a figura C como a mais significativa da sua concepção de espaço, pois associa o espaço a uma distância mensurável, afirmando mais de uma vez que o espaço é algo que podemos medir. Seguindo esse raciocínio também escolhe a figura D que apresenta um GPS, outro instrumento de localização relacionado ao espaço. O aluno PR¹¹⁹ também apresenta essa concepção relacionada com o instrumento de medida, em especial a régua. Reforçando essa pela sua experiência no uso do autocad¹²⁰, apesar de não ser um instrumento de medição do espaço, traz na sua concepção de uso, uma noção de espaço associado a medida. Nessa mesma direção MA¹²¹ também compartilha dessa noção de espaço associada ao instrumento. No entanto é interessante mencionar que MA tem duas motivações para essa concepção de espaço. A primeira vem da matemática, utilizada diariamente nas suas aulas. A segunda motivação está relacionada ao trabalho de marcenaria, algo que é compartilhado também por PR. Essa análise relacionada a influência da cultura sobre as concepções apresentadas no perfil epistemológico serão abordadas no final desse capítulo.

O *racionalismo clássico*, que passamos a discutir agora, tem por característica a inserção do conceito em um corpo de conhecimentos organizados, segundo Bachelard, próprio das propostas da física clássica. Em relação ao espaço, destacamos as leis da mecânica (propostas galileanas e newtonianas), além da simetria espacial do espaço na conservação da quantidade de movimento. Também merecem destaque, a exemplo do tempo, as noções de espaço absoluto.

Nas atividades escritas, as noções de cinemática que relacionam tempo, espaço e velocidade, foram as mais próximas do racionalismo clássico. Outras afirmações como "o espaço é tudo" ou "o espaço é infinito" se aproximam de uma noção de espaço absoluto, apesar de serem frases muito gerais o que torna difícil uma afirmação segura.

Nas entrevistas a maioria dos alunos identifica o espaço com algo independente da matéria e também independente do ser humano. A independência do espaço em relação

¹¹⁷ A parte sobre o espaço está na página 296/297.

¹¹⁸ A parte sobre o espaço está na página 299.

¹¹⁹ A parte sobre o espaço está na página 299/300.

¹²⁰ Autocad é um programa de computador utilizado em projetos mecânicos e de outras áreas, que tem na sua concepção de uso a utilização das medidas, ou seja, quando projetamos no Autocad já estamos mensurando o produto. Para maiores detalhes ver <http://www.autodesk.com.br/>

¹²¹ A parte sobre o espaço está na página 299/301.

ao ser humano é mais "tranquilo" para os entrevistados do que a independência do tempo. Ainda que o papel dos instrumentos de medida de espaço do ponto vista filosófico de Bachelard, tenham o mesmo enquadramento do relógio, não tem o mesmo significado para a vida social das pessoas. Como afirma Redondi (2010) ninguém tem uma régua no bolso para medir os lugares por onde anda, ou para medir uma cadeira para saber se o espaço é suficiente para sentar. Para uma minoria, os entrevistados BU¹²² e MF¹²³, a independência entre matéria e espaço, foi algo um pouco mais difícil. A ideia do vazio, que não "incomodava" quando aplicada ao espaço cotidiano, passa a incomodar quando aplicada ao universo. Isso motivou duas concepções contrárias, ou seja, uma da "matéria" e outra do "vazio" ambos como algo descontínuo. Em outras palavras, para BU a matéria é "cheia" de espaços vazios; e para MF o espaço vazio é "cheio" de matéria.

O racionalismo completo e discursivo, como já dissemos também chamado de *surracionalismo*, é a última escola filosófica utilizada por Bachelard. Nesse caso, os conceitos são os da relatividade e da mecânica quântica. A exemplo do tempo, pouco se pode comentar sobre um possível enquadramento de concepções de espaço dos entrevistados nessa escola filosófica. No caso das atividades os textos já citados no perfil epistemológico do conceito de tempo, que também tratam do espaço, também são indicadores de concepções que podem evoluir na direção do surracionalismo. A aluna YA, em seu texto na atividade 3, apresenta um conhecimento de relações básicas e de linguagem específica, que a coloca em um patamar mais sofisticado em relação a uma concepção de espaço, pois em sua escrita parece conceber a alteração de espaço prevista na relatividade especial. Por outro lado, na mesma temática, sua entrevista também mostrou algum contato com conceitos relativísticos, ainda que aparentemente de forma confusa. Os alunos JP e RV, também manifestaram noções mais sofisticadas da concepção de espaço. Porém, as observações sobre a limitação dessas concepções quando pensadas no surracionalismo, que fizemos no perfil epistemológico do conceito de tempo, sobretudo a partir dos resultados da atividade sobre o paradoxo dos gêmeos, também são válidas para o conceito de espaço.

As reflexões dos alunos BU e MF, que embora não possam ser enquadradas nessa escola filosófica, apresentam um olhar sobre a matéria similar ao das noções antigas como as dos Árabes, citada na seção anterior. No entanto, também podem evoluir no

¹²² Parte sobre o espaço está na página 298.

¹²³ Parte sobre o espaço está na página 296/297.

sentido de reflexões filosóficas contemporâneas de uma "partícula" mínima do espaço, ou seja, comprimento mínimo (Jammer, 2010) que se enquadraria no campo das noções surracionalistas.

Por fim, fazemos alguns apontamentos sobre o perfil epistemológico do conceito de espaço, a exemplo do que fizemos com o do conceito de tempo. A concepção com maior intensidade é dada no realismo-ingênuo, com noções de universo, lugar e vazio. O empirismo, apesar de presente nas concepções, é algo menos intenso quando comparado ao análogo no conceito de tempo. Não parece existir uma conduta da trena, régua ou GPS, em larga escala, como no caso do relógio. No entanto, as concepções de empirismo relativas ao espaço serão examinadas no trecho final dessa seção, como exemplo mais destacado da relação entre epistemologia e cultura. Em relação ao racionalismo clássico, a noção de espaço absoluto é menos intensa que a do realismo-ingênuo, porém mais intensa quando comparada com o seu análogo ao conceito de tempo. A aceitação de um espaço independente e absoluto é mais "tranquila" de se conceber, do que no caso do conceito de tempo. Quanto ao surracionalismo, por todos os contextos que abordamos, entendemos ser inexistente, porém, em alguns casos, a exemplo do conceito de tempo, já surgem como uma pequena sombra, sobretudo nas concepções identificadas como candidatas a evoluírem nessa direção.

Obstáculos epistemológicos

O conceito de obstáculo epistemológico definido por Bachelard, que minimamente está relacionado às lentidões e dificuldades inerentes ao ato de conhecer que devem ser ultrapassadas para uma evolução conceitual, também pode ser aplicado a algumas concepções que identificamos. No entanto, em alguns casos, a relação entre o obstáculo epistemológico definido por Bachelard e aqueles que identificamos, é dada apenas em aproximação e, muitas, vezes, podem ser enquadradas em mais de um tipo de obstáculo.

No caso do ***conceito de tempo***, as concepções relacionadas ao envelhecimento podem estar próximas do obstáculo da experiência primeira, pois é uma concepção oriunda da observação. Porém, também é possível compreender esse fascínio de alguns pelo processo de envelhecimento como a constituição de uma imagem do tempo, que pode se tornar um obstáculo para a concepção de um tempo mais objetivo, além de ser um reforço no sentido de "substancializar" o tempo. Também encontramos outras associações do tempo como uma "substância", quando das afirmações de que o "tempo

flui" ou o "tempo passa", algo como se o tempo fosse um fluido. Por outro lado, essas afirmações também podem ser entendidas dentro do obstáculo verbal, em que o conceito é explicado ou associado a metáforas. De uma forma geral, a grande crítica de Bachelard às metáforas, sobretudo nas explicações que não avançam além delas, é que sejam concebidas dando ao conceito um sentido que não lhe é próprio. Por exemplo "o tempo é o grande remédio" ou o "tempo é o senhor de tudo". Ser "remédio" ou "senhor" revela muito mais uma experiência subjetiva que, de certa forma, personaliza o tempo, tornam-se também um obstáculo para evoluções conceituais mais objetivas.

Nesse sentido de personificação, ainda que de forma um pouco diferente, o tempo, para muitos, só é concebido pela presença do ser humano. Parece que o tempo existe com uma finalidade e utilidade específica, algo que se aproxima, por um lado, do obstáculo ao conhecimento unitário e pragmático. Por outro, também aparenta ser um tipo de "animismo", embora não seja uma atribuição direta de características humanas, mas é uma noção que identifica a necessidade da presença de um ser humano (Martins, 2007).

Também é possível identificar dificuldades dos entrevistados em compreender o funcionamento dos relógios, ainda que esse aparelho seja para muitos a materialização do tempo. Essa dificuldade se aproxima de um obstáculo quantitativo, pois os entrevistados elevam o relógio ao patamar de aparelho único que define o tempo, embora muitos ignorem o seu funcionamento. Em alguns casos os alunos revelaram dificuldades com relógios não digitais. É uma dificuldade de refletir sobre o método de medir, porém o relógio, pensando no cotidiano, tem sua importância elevada pelo uso e não pela reflexão da medida. No entanto, esse aspecto foi pouco explorado na nossa investigação.

Pensando agora no **conceito de espaço**, o obstáculo da experiência primeira é um dos mais intensos nas concepções dos alunos. Defini-se espaço atrelando-o à imagem de um lugar que é percebido e entendido como aquele que contém objetos. Isso nos conduz a uma imagem heterogênea do espaço que se "molda" em diferentes dimensões em torno dos diferentes objetos. A princípio, essa definição não interpreta o espaço como algo além dos limites dos objetos. Mas, quando se referem ao universo como espaço, entendem-no como uma noção que ultrapassa os limites imagináveis.

O espaço quando pensado como continente tem uma dependência perceptiva dos objetos que "nele estão contidos", o que fornece a esse conceito um status de concreto. Sua percepção e compreensão, dentro dos limites dos sentidos, foi construída e depende

do sentido da visão ou do tato. Quando o espaço é definido como universo as observações pelos sentidos são naturalmente limitadas. Outro aspecto que é interessante abordar é um indício de que o espaço pode ser pensado como uma substância. Dizemos isso devido a afirmações de que ele se molda ao objeto, algo parecido com um fluido, "flexível" o suficiente para assumir a forma daquilo que ele contém, aproximando-se de um obstáculo substancialista.

Sobre possíveis obstáculos relacionados ao animismo, ainda que as percepções visuais e táteis sejam importantes, os entrevistados não associam a existência do espaço ao ser humano, algo muito mais comum no conceito de tempo. Também comum ao conceito de tempo, mas em escala muito reduzida se pensarmos no espaço, a relação com instrumentos de medida pouco aparece, diferente do relógio que está em todo lugar. Sendo assim, não temos um candidato a instrumento de medida do espaço, nos moldes do relógio para medida do tempo. Em nossas reflexões pensamos que o GPS podia, em proporção diferente do relógio, surgir também como algo intenso na vida das pessoas. No entanto, as nossas investigações não mostraram isso, pois o GPS ainda é mais usado por profissionais do transporte ou por pessoas que se deslocam de carro, sendo uma realidade diferente da vivida pelos nossos entrevistados. Portanto, não faz muito sentido pensarmos em obstáculo quantitativo observando apenas as entrevistas, que não foram aprofundadas nesse sentido. Mas, pensando nas dificuldades de utilizar os diferentes equipamentos de medida de espaço que conhecemos, além do não entendimento do método de medir e da ausência dessas reflexões em sala de aula, é possível que esse obstáculo exista.

Por fim, salientamos algumas dificuldades de se pensar no espaço de forma objetiva, algo que pode ser transposto em um trabalho conjunto de disciplinas como a física, a geografia e a matemática, áreas do conhecimento que podem contribuir para uma reflexão das concepções de espaço no sentido de evoluírem para noções que ultrapassem apenas as ideias de continente, lugar ou vazio.

Cultura e o perfil epistemológico: discussões e possibilidades

Nesta seção retomamos alguns exemplos e discutimos os resultados à luz da relação entre epistemologia e cultura. Inicialmente destacamos algumas observações gerais e em seguida apresentamos dois exemplos de entrevistas com situações em que elementos da cultura são relacionados com a construção do perfil epistemológico. Retomamos essa

questão referindo-nos às "justificativas" dadas por Bachelard para a constituição do seu perfil epistemológico do conceito de massa. Em *A filosofia do Não*, ao comentar o seu perfil epistemológico, Bachelard atribui a existência de cada escola filosófica a motivos presentes em sua cultura. Por exemplo, a conduta da balança "adquirida" em seu trabalho nos correios e no laboratório de química, que, segundo Bachelard, é a causa do "grau" do empirismo presente no seu perfil. Portanto, é nesse sentido que retomamos alguns dados para analisar os resultados sobre a presença de elementos culturais na constituição do perfil.

Inicialmente, refazemos o caminho descrito em detalhe no início desse capítulo¹²⁴. Ao longo do trabalho participaram 150 alunos, sendo 64 de nível médio e 86 de nível superior, dos quais 25 alunos foram entrevistados. Os alunos do ensino superior (Matemática, Biologia, e Pedagogia) e do 3ºEM eram de uma instituição, e os alunos do 1ºEM e 2ºEM de outra. Embora ambas as instituições sejam particulares, grande parte dos alunos dos cursos de nível superior tinham formação de nível médio na escola pública. A maioria dos alunos de nível médio não desenvolvia nenhuma atividade profissional e dos alunos de ensino superior, a maior parte deles atuava na área de educação. A maioria dos participantes era do sexo feminino e estava na faixa etária de 14 até 30 anos.

Dos 25 alunos que participaram das entrevistas, 11 eram do ensino médio, 7 da pedagogia, 3 da biologia e 4 da matemática; 18 eram do sexo feminino e 7 do masculino. Da instituição I eram 17 participantes, sendo 14 do nível superior e 3 do ensino médio (3ºEM); os 8 restantes eram da instituição I2.

Estudamos cada um dos "elementos da cultura" abordando o tipo de leitura, os programas de televisão, o uso da internet e celular, além dos "passeios" de final de semana. O questionário na última parte da atividade de sala foi construído com esse objetivo. É necessário salientar que, apesar do questionário fornecer uma visão geral e indicadora de tendências, é um instrumento que não acessa detalhes da presença dos "elementos" na cultura dos indivíduos. Nesse sentido, as entrevistas fornecem mais detalhes para analisar relação entre cultura e epistemologia.

Como já afirmamos anteriormente¹²⁵, a maioria dos alunos não apresenta o hábito de leitura e, com relação à ciência, a situação é ainda mais assustadora. São alunos que têm acesso à internet, com atenção maior nas redes sociais, assistem pouca televisão e

¹²⁴ Sobre os detalhes dos dados ver seção 4.3

¹²⁵ Ver parte final da seção 4.4

quando o fazem, em geral, não focalizam programas relacionados à divulgação científica. Como lazer, aos finais de semana, frequentam igrejas e visitam os shoppings.

Tendo essas ressalvas em mente, apresentamos algumas observações dos resultados gerais da pesquisa sobre as concepções de tempo e espaço. Sobre o realismo ingênuo no conceito de tempo, as palavras *envelhecimento* e *passado* foram mais escolhidas no curso de pedagogia, isso certamente decorre da realidade das participantes que são as de maior idade e, em muitos casos, já com filhos em idade de ensino médio ou superior. A noção de percepção e sensação da passagem do tempo, ainda no realismo ingênuo, independe do grupo pesquisado e de alguma característica específica, em primeira aproximação. A consciência da passagem do tempo está na origem da percepção de vida e existência do ser humano. Da mesma forma, no caso do espaço, as noções de continente de tudo, dadas pela palavra universo, assim como a ideia de lugar (ocupado ou vazio), estão associadas ao realismo ingênuo e, historicamente, também compõem a consciência da existência humana. Porém, temos de considerar que na vida contemporânea, alguns elementos podem contribuir, ao longo do tempo, para alterações na forma de percepção do tempo e do espaço. Por exemplo, em nossos dados das atividades de sala as ideias de percepção, abstração e tempo como algo relativo têm maiores registros entre os mais jovens.

A inserção da tecnologia na cultura dos indivíduos do mundo contemporâneo pode contribuir ainda mais para que essa concepção se acentue e se modifique, tanto para o conceito de tempo como o de espaço. Os grupos dos alunos pesquisados podem ser divididos em "nascidos na era digital" e "os que vivenciam também a era digital", ou seja, aqueles que já nasceram em um mundo com internet e celular, e os outros que vivenciaram as duas épocas com e sem essa tecnologia. A velocidade da informação dentro da internet, algo que a cada "click" conduz o usuário a espaços virtuais distantes, diferentes, sem sair do seu lugar, além da sensação de que é possível "esticar" o tempo sempre, contribuem para que essas noções de espaço e tempo sejam afetadas. O advento dos smartphones, com uso de mensagens e acesso à internet em qualquer lugar, criam uma realidade de tempo e espaço "sem fronteiras ou limites" nunca vivenciada antes pela humanidade. No entanto, pensando na era digital, os dois grupos, estão "expostos" e experienciando essa nova realidade temporal, porém os "nascidos na era digital" somente experimentaram essa realidade e podem ser mais afetados. Retomaremos esse aspecto, relacionado à presença da tecnologia na cultura, nos comentários sobre as entrevistas, mais adiante nessa seção.

Ainda na *atividade de sala*, mas agora comentando sobre o relógio, associado ao empirismo, a escolha como "símbolo" do conceito de tempo já era esperada e os dados de outras pesquisas, entre elas Martins (2004; 2007), além da nossa pesquisa de mestrado (Souza, 2008), já mostravam essa tendência. Se pensarmos em Bachelard e na conduta da balança, o relógio exerce tanta influência sobre a vida moderna e contemporânea que é possível se pensar em uma "conduta do relógio". Não é possível, e nem é nosso objetivo, mensurar e comparar as diferentes contribuições para a história da humanidade. Porém, se estudarmos o relógio, sobretudo do desenvolvimento da sua entrada na história da humanidade até sua consolidação, é possível entendermos como esse mecanismo afetou e alterou as concepções tempo a ponto de se tornar uma "unanimidade" nesse assunto sendo, como já dissemos, uma conduta de toda uma sociedade. Talvez um estudo mais longo e duradouro sobre o desenvolvimento e consolidação das novas tecnologias na história da humanidade, que comentamos no parágrafo anterior, pode nos mostrar efeitos similares a ponto de pensarmos em "condutas tecnológicas associadas à internet" praticadas pela sociedade. Por outro lado, com relação ao conceito de espaço, mas ainda sobre possíveis influências sobre o empirismo, não existe, com exceção de alguns casos específicos e significativos que comentaremos na parte das entrevistas, uma conduta associada à trena, régua ou GPS. Nesse caso, identificamos apenas experiências corriqueiras de deslocamento que podem estar associadas à concepção de espaço variável porque pode ser medido.

Comentamos agora os dados apresentados nas *entrevistas*. Na seção 4.5 analisamos previamente trechos de algumas entrevistas separando por partes identificadas como cultura, conceito de tempo e conceito de espaço. Não vamos refazer todo o caminho, mas indicamos possíveis aproximações das relações entre os perfis epistemológicos dos conceitos de tempo e espaço e os elementos da cultura.

No aspecto religioso¹²⁶, a aluna CS da pedagogia foi bastante enfática na sua crença, respondendo as questões sempre tendo a religião como referência. Quando da abordagem do conceito de tempo, a religião surge na sua argumentação sobretudo quando a indagamos sobre a existência do tempo sem o ser humano e sem a existência dos corpos celestes. Talvez não seja possível pensar em "condutas", porém está claro

¹²⁶ Aspectos associados à religião foram mais intensos no grupo de entrevistados da instituição I1, com destaque para as alunas da pedagogia. Nesse caso a faixa etária e a origem das alunas podem ajudar no entendimento da presença desse aspecto, algo que, apesar do número de entrevistados ser menor, não encontramos na instituição I2.

que na sua concepção de tempo existe a influência e presença da religião que, como um pano de fundo, organiza a sua argumentação.

No aspecto relacionado ao uso da tecnologia, podemos apresentar duas situações. A primeira é AO que deixa claro a necessidade do uso da tecnologia e a influência desse elemento na sua concepção de tempo. Ao comentar a necessidade do uso da internet AO deixa transparecer uma visão de tempo influenciada pela organização contemporânea da vida. A tecnologia possibilita que na sua vida o tempo seja "esticado"¹²⁷, algo que é compartilhado pela sua concepção de tempo como percepção. A aluna BA também apresenta um exemplo sobre a noção de tempo enquanto percepção com base no uso da internet, ainda que numa linha um pouco diferente. Na sua visão, ao usar a internet o tempo "passa" mais rápido, ou seja, é uma atividade que "modifica" os padrões da sua sensação. Em relação a uma prática relacionada à televisão, a aluna YA, afirma que tem um costume e gosto de assistir programas de divulgação científica e cita algumas preferências que são relacionadas com a astronomia. É interessante notar que na escolha da figura sobre o conceito de tempo, mas, sobretudo na justificativa, a aluna recorre a esse conhecimento para justificar a sua escolha. Quando insistimos nos questionamentos YA explica a sua concepção, com aceitável clareza, indicando a sua fonte de informação, parecendo ter inserido a ciência em sua cultura¹²⁸. Ainda sobre a presença da ciência na cultura e sua influência sobre a formatação do perfil, é relevante destacar os alunos JP e RV, que fizeram escolhas relacionadas a conceitos de tempo e espaço na física e, pela prática e tipo de leitura, trazem essa marca nas suas concepções. O aluno JP afirma ter a prática de ler artigos sobre astronomia na internet. O aluno RV, que no momento da entrevista estava lendo um livro de filosofia do Sartre, afirma ter buscado informações sobre física quântica por conta própria e cita o livro *Alice no País do quantum* de Robert Gilmore.

Em relação às artes as alunas JL, JC e FC logo que observaram a figura de Salvador Dalí a identificaram. A aluna JL identificou o surrealismo como a "escola" à qual pertence o pintor. Aliás, sobre JL cabe destacar que suas respostas e justificativas das escolhas das figuras são permeadas por reflexões de alguém que lê muito e estuda áreas diferentes. A cada menção feita é possível identificar a disciplina que trata daquele

¹²⁷ A facilidade e rapidez em determinadas atividades que o uso de tecnologia permite, proporciona a realização de uma quantidade maior de atividades, algo que leva AO a pensar que tem mais tempo e fica metaforizado na idéia de ter um tempo esticado.

¹²⁸ Com relação à inserção da ciência na cultura é na instituição I2, com alunos do ensino médio, que identificamos essa presença de forma mais intensa. É nesse grupo que identificamos concepções de tempo e espaço que tinham potencial para evoluírem no sentido das áreas mais racionais do perfil.

assunto. Parece-nos que o conhecimento adquirido no estudo escolar, está inserido em sua cultura. Ao comentar cada parte ela identifica o professor ou se refere a uma leitura realizada em uma aula específica, entre outras menções.

Sobre as "condutas" destacamos duas entrevistas que, em relação ao conceito de espaço, parece que apresentam um aspecto relevante. Estamos nos referindo a MA da matemática e a PR da pedagogia. Em ambos os casos, e em especial PR, o conceito de espaço apresentado está associado ao empirismo, ou seja, é dado pelo aparelho de medida que nesse caso é a trena, a régua e o escalímetro. Nos dois casos, o contato e a prática de trabalhos na marcenaria estão presentes e influenciam a formatação do perfil. No caso de MA, entendemos que o ensino da matemática para as crianças também contribui, algo que encontramos na maioria dos alunos desse curso. No entanto PR nos dá condições de afirmar a existência de uma "conduta da trena" relacionada à prática de marceneiro e reforçada no trabalho de projetos de caixas de madeira com o uso do AutoCAD.

Tendo esse contexto, mencionar nos níveis de consciência propostos por Freire que adaptamos para essa investigação em relação à ciência. Em um primeiro olhar quase todos os participantes podem ser enquadrados em menor ou maior grau em um nível de *consciência transitivo-ingênua*, ou seja, estão dentro do processo educacional, possuem algum contato com a ciência, mesmo que seja um "conhecimento científico" de senso comum. Porém, é possível identificar alunos que também guardam na sua consciência uma "dose" de intransitividade. Nesse caso, destaca-se CA que nas entrevistas sempre se manifestou adepta a soluções religiosas com caráter simplista, assim como KB da biologia que interpreta a criação nos moldes literais da Bíblia. Nesse mesmo sentido, RC, também da biologia, utiliza argumentos religiosos para explicar os desastres naturais e mais intensamente a origem do universo. Em relação à *consciência transitivo-crítica*, entendemos que os alunos da instituição I2 parecem mais aptos a desenvolver sua consciência nessa direção. Entendemos que os entrevistados JC, JL, JP e RV possuem um grande potencial para evoluírem nessa direção. Em alguns momentos nos pareceu que JP e RV, já estavam mais próximas da "primeira" estrutura de consciência crítica. É importante mencionar aqui a aluna FC da pedagogia que também nos parece ter potencial para evoluir nessa direção.

Antes de finalizarmos essa seção apresentamos, quase na íntegra, duas entrevistas que podem exemplificar muitos desses aspectos da relação entre epistemologia e cultura. Vamos à primeira delas:

Aluno PR

E: Você é professor?

PR: Sim, PEB 1.

E: Escola Pública?

PR: Particular, aqui em Guarulhos no bairro dos pimentas

E: Como é o nome da escola?

PR: Caminho do saber

E: É não me recordo não. Você está lá há muito tempo?

PR: Tem uns oito meses

E: Além disso, você trabalhou com outra coisa?

PR: Sim... só estágio na área de educação mesmo... infantil e educação inclusiva aqui em Guarulhos mesmo.

E: An... homens como professores nessa faixa etária é algo raro. O que te motivou a escolher essa área?

PR: Eu acho que a educação é a base de tudo... a pedagogia está nessa base. Se a gente quer mudar o país, uma forma de mudar o país é a educação.((Pausa))... Não tem como a gente conscientizar as pessoas de outra forma se a gente não começar desde os pequenos como os jesuítas fizeram... eles quiseram amenizar a situação dos indígenas para colonizar... aí eles foram nos curumins. Eu penso dessa forma se a gente for nas crianças a gente consegue mudar o país.

E: E antes de pensar em educação você tinha outra profissão?

PR: Sim eu fui carpinteiro por 2 anos.

E: carpinteiro? Então você fazia móveis?

PR: Não, fazia embalagens de madeira

E: Aonde você trabalhou?

PR: Na Arpec e na Uditec ali em Cumbica.

E: Perguntei isso por que eu trabalhei 10 anos em uma multinacional projetando embalagens de madeira para equipamentos de telecomunicações.

PR: Fazia paletes, caixas de madeira...

E: Você trabalhava com a serra?

PR: Serra, martelete...

E: Muito tempo você trabalhou com isso?

PR: 2 anos eu sou novo não tenho toda essa idade não... ((risos)). Comecei a trabalhar com 18 anos...

E: Quando você entrou na faculdade de pedagogia você ainda estava lá?

PR: Não. Logo que entrei na faculdade eu tive de sair... não dava tempo de chegar.

E: Você mora com seus pais?

PR: Com minha mãe... meu pai é falecido...eu sou o caçula dos homens nos somos em 5 irmãos.

.

.

.

E: Você estudou em escola pública?

PR: Sempre em escola pública... entrei com 7 anos no primeiro ano e sai com 17 do colegial...

.

.

.

E: E sua rotina quando criança... como era?

PR: Ah... tinha as obrigações o negócio não era assim livre para brincar não... a mãe obrigava a forrar a cama e ajudar na casa...hoje a minha rotina é intensa eu não pensei que eu ia conseguir conciliar trabalhar estudar e preparar aula... a coisa aconteceu aos pouquinhos e Deus foi colocando uma coisa de cada vez... eu trabalho todos os dias tenho uma sala de 5º ano do fundamental...é a antiga 4º série... a carpintaria surgiu na minha vida por um gosto, mas também por necessidade... foi a primeira coisa que apareceu e depois só aparecia isso para fazer... e aí eu fui pegando experiência nisso e fui ficando nisso...

E: ((interrompendo)) Você faz alguma outra coisa... um hobby?

PR: Eu gosto de música queria entrar na Unicsul que tem um curso de música gratuito... toco teclado mas é mais sertanejo... para entrar no curso precisa tocar umas peças clássicas... aí já não é meu ramo...

E: Como você aprendeu?

PR: Sozinho... fui ouvindo e fui pegando...comecei ouvindo umas fitas de forró bem antigas... isso faz uns 7 anos, aí eu vi que o cara tocava um teclado e cantava... mas é algo apenas por brincadeira nada profissional...

E: OK... vamos falar do seu hábito de leitura... você tem o hábito de ler livros?

PR: Livro não eu só leio as coisas aqui da faculdade... as apostilas mas livro mesmo não... eu raramente escolho um livro por minha conta para leitura... eu leio as coisas da faculdade mesmo.

E: Quanto à televisão você disse aqui ((apontando para o questionário)) você diz aqui que assiste mais telejornal e programas esportivos... bom sobre religião você tem alguma?

PR: Eu fui evangélico durante dois anos da minha vida... aí quando eu entrei na faculdade acabou o meu tempo, mas eu comecei a ver algumas realidades na matéria de sociologia que me fizeram sair da igreja assim porque comecei a estudar um pouco sobre Lutero aí eu vi que a coisa não era como eu pensava quando estava lá dentro... eu tinha a mente um pouco fechada quando eu estava lá dentro...

E: Hoje você não frequente mais nada?

PR: Bom... hoje não... minha mãe é católica mas não é praticante e eu fui evangélico mas hoje não sou nada... acredito em Deus mas não estou no momento seguindo nenhuma religião..

E: Ok... vamos para algumas situações para ver como você se posiciona... olhando para essas figuras sobre as consequências de um terremoto e um tsunami... qual é o teu posicionamento sobre esses fenômenos naturais eles ocorrem porquê?

PR: Eu penso que o homem vem degradando a natureza de tal forma que agora ela tá retribuindo essa degradação volta tudo é como se fosse um ciclo vicioso... aqui a gente faz na frente a gente paga... estamos sofrendo hoje por culpa do que fizeram os nossos antepassados.

E: Sobre uma outra questão essas outras fotos nos ajudam a refletir... aqui nós temos duas formas de conceber a origem do universo... qual delas você julga correta e porquê?

PR: Quando eu frequentava a igreja eu pensava por aqui ((apontando para a figura que apresenta Deus)) agora como educador que sou e o que tenho estudado das ciências, eu creio aqui ((apontando para a figura ilustrativa do big-bang))...

E: Mas como você lida com isso dentro da sala de aula?

PR: Eu não coloco muito assim... eu fui professor de religião lá na igreja que eu frequentava... a universal... mas hoje na escola não me posiciono de lado nenhum de religião nenhuma respeito a religião das crianças... elas falam minha mãe falou que

quem criou tudo foi Deus, mas aí eu falo que temos que tentar casar isso com a ciência... ela está aí a ciência é provada...

E: Mas como você pensa a origem você disse que acredita em Deus... como?

PR: Eu acho que foi assim um Deus que impulsionou o big-bang... não dá pra gente excluir a religião totalmente porque ele vem de anos...

E: Seria bom continuarmos a falar sobre isso, mas vamos adiante... sobre algumas questões tecnológicas como você se relaciona com o celular?

PR: Celular é necessidade não é luxo mas eu não uso muito não acesso a internet prefiro na minha casa.

E: Você já esqueceu o celular? Faz falta?

PR: Eu não tenho muita gente pra me ligar... faz mais falta pra ver a hora... na escola eu quero ver o horário do intervalo das crianças aí me faz falta por isso.

E: E a internet você usa muito?

PR: É algo que eu não tenho muito acesso lá em casa a internet é de linha ainda... lá o sinal é escasso... tem via satélite mais é uma barbaridade o preço aí fica difícil... salário de professor no início não é muito interessante... é discada aí já viu a gente tenta e fica esperando as vezes entra a 46kbytes mais é difícil

E: Você sente falta de algo melhor?

PR: Quando eu preciso fazer algum trabalho sim... eu não uso como meio de comunicação não... eu não confio muito na internet confio mais em jornais e revistas

E: Bom... ah... vamos passar agora a falar sobre os seus conceitos de tempo e espaço. Pensando primeiro no tempo eu vou colocar algumas figuras e pedir para você escolher a que mais está próxima da sua concepção de tempo... dá uma olhada e pode escolher... é claro que eu vou te perguntar o porquê... fique a vontade.

PR: Eu escolho primeiro essa... isso me lembra um pouco de física que aprendi na escola... é a fórmula da velocidade média espaço sobre o tempo... acho que tem uma grande relação esses dois vetores...acho que podem chamar assim...

E: Mas isso se aproxima do que você pensa ser o tempo... por quê?

PR: A gente pode isolar o tempo e calculá-lo...

E: Tem alguma outra figura que você escolheria?

PR: Essa sobre o tempo não ser retrógrado na questão de vida... é o envelhecimento a pessoa vai ficar velha... não tem como a pessoa voltar no tempo ele é constante. O que volta no tempo é só o nosso pensamento. Aliás eu tenho que falar sobre o relógio também... as vezes ele me incomoda... passa muito rápido ou não passa...Ah essa figura que tem o um menos a velocidade ao quadrado... o C eu não sei o que é....mas essas fórmulas sempre me chamam a atenção.

E: Ok... mas vamos lá fazer um experimento mental. Se os relógios deixassem de existir o tempo existiria?

PR: Os relógios...

E: ((Interrompendo)) O Sol também não estivesse disponível... existiria o tempo

PR: Acho que sim o relógio é só uma referência... acho que a vida seria um pouco desorganizada, mas a gente continua a perceber o tempo... o relógio é só a referência

E: Mas se não existisse o ser humano...existiria tempo?

PR: Aí é mais difícil... só se fosse um outro tempo... sei lá... acho que não existiria não... bom houve um tempo sem o ser humano mas foi o ser humano que contou esse tempo... acho que não.

E: Quanto ao espaço... escolha a figura que está mais próxima da sua concepção...

PR: ((escolhendo a figura)) a figura C.

E: Por quê a C?

PR: Creio eu que todo espaço pode ser medido... todo espaço pode ser medido...

E: Isso você não usava lá no seu trabalho de marcenaria?

PR: Sim... mas lá eu usava a trena... usei muito a trena... depois eu fui trabalhar no escritório com o projetista aí eu usava o autocad...

E: Você usou o autocad... eu também trabalhei com autocad projetando peças mecânica e embalagens... mas já há muito tempo...

PR: Eu desenhei várias caixas lá... mexia com ângulos e todo tipo de medida... várias coisas assim...

E: Você fez curso de desenho?

PR: Fiz autocad no Senai e fiz mecânica geral também...

E: Foi quanto tempo de curso?

PR: Durou uns seis meses o de autocad e um ano o de mecânica...

E: Você pode escolher mais uma figura?

PR: Ann... acho que a B... o espaço a gente pode pensar como um espaço vazio não precisa ser fechado...

E: Mas para você... você associa espaço com o vazio?

PR: Acho que... também... quando olhamos um lugar que tem espaço ele é vazio.

E: Ok.. deixa eu te fazer um pergunta... é um experimento mental... se não existissem os planetas... estrelas e outros corpos celestes... ainda existiria espaço?

PR: se não existisse planetas... se não existisse corpos celestes... ainda existiria o espaço sim... tudo isso está dentro do espaço...

E: O espaço contém esses corpos celestes?

PR: Sim... sem dúvida..

E: É independente então?

PR: O espaço?

E: Sim...

PR: É independente sim...acho que tudo está nele...

Após a leitura da atividade que ilustrou a ideia do paradoxo dos gêmeos:

E: O tempo de duração da missão é o mesmo para os dois irmãos?

PR: Humm... tem relógio marcando o tempo para os dois?

E: Sim... pode considerar que tem um relógio para cada um... um relógio de grande precisão.

PR: Acho que o tempo é o mesmo para os dois não muda não.

E: Você já ouviu alguma situação parecida com essa?

PR: Não não nunca ouvi.

E: O tempo é o mesmo então... os dois relógios apresentariam a mesma marcação quando o irmão A estivesse de volta da viagem?

PR: Ann... sim os relógios apresentariam a mesma marcação... o tempo é o mesmo.

E: Ok... pra gente finalizar a nossa conversa você complementaria com alguma coisa a mais os seus comentários sobre o tempo e o espaço?

PR: Complementar... bom... o tempo é algo constante que você não consegue voltar atrás... você tem assim só no pensamento... você consegue voltar atrás... assim como uma máquina você não consegue, não tem como mudar...ann... o tempo para mim está até elencado ao espaço também, mais de origem diferente... diferente porque o espaço na minha opinião é mas concreto do que o tempo é abstrato... muito abstrato...

((silêncio))

E: Ok... é isso?

PR: Sim.

Sobre a entrevista de PR existem alguns pontos interessantes para observarmos. Com relação ao conceito de tempo, em seu perfil epistemológico, destaca-se a presença do *realismo ingênuo* a partir da identificação do tempo com o processo de envelhecimento; o *empirismo* surge na afirmação sobre a importância e dependência do relógio, com o celular sendo utilizado principalmente por conter esse instrumento de medida; o *racionalismo clássico* aparece na afirmação de independência do tempo em relação ao relógio e aos seres humanos, assim como nos comentários sobre cálculos do tempo na formulação do conceito de velocidade. Sobre concepções *surracionalistas* de tempo, durante a entrevista percebemos que são quase inexistentes, pois em algumas situações que propusemos, PR mostrou desconhecimento. Portanto, o aspecto realista está presente em quase todas as concepções de tempo que investigamos e PR não foge a essa "regra" e, de maneira análoga à análise geral, a conduta do relógio também é bastante intensa. No aspecto racionalista PR apresenta também influências de uma concepção absoluta de tempo mostrando boa lembrança da física básica que aprendeu na escola.

Com relação ao conceito de espaço, além de características racionalistas clássicas dadas pelo espaço pensado como absoluto e dentro dos cálculos básicos da física, o maior destaque é para o *empirismo*. PR associa diretamente o conceito de espaço ao que é dado pelo instrumento de medida, ou seja, na sua resposta a noção de espaço é diretamente associada à régua e à trena. Portanto, o empirismo é a escola filosófica que aparece em "maior grau" no perfil epistemológico do conceito de espaço de PR e a principal influência é a atividade de medida de espaço nos projetos de marcenaria praticada por ele. Guardando as devidas proporções, essa conduta da marcenaria deve desempenhar um papel similar à conduta da balança praticada por Bachelard em seus trabalhos no correio, sendo uma influência direta da cultura sobre a epistemologia de um conceito. Mesmo depois de alguns anos afastado dessa atividade, PR apresenta essas "marcas" em sua concepção, ou seja, o seu perfil guarda os obstáculos epistemológicos e também a sua cultura.

Além desse aspecto é interessante observar outros elementos presentes na cultura de PR. Parece-nos bem pequena qualquer influência que possa ser atribuída ao uso computador e celular. Sobre a religião, PR tem uma experiência interessante e rara, apresentada em sua "passagem" da vida religiosa ingênua para uma vida mais crítica¹²⁹.

¹²⁹ Não estamos afirmando que toda vida religiosa é ingênua, existem inúmeros exemplos de religiosos conscientes e críticos, Paulo Freire é um deles.

PR afirma ter encontrado na sociologia uma "vela no escuro" para refletir sobre sua participação na religião, que, até então, era realizada sem uma crítica específica. Esse caso nos parece uma aproximação da passagem de uma consciência intransitiva, ainda que PR já fosse alfabetizado, para uma consciência transitivo-ingênua. Em relação à inserção da ciência em sua cultura, os aspectos científicos existem de forma básica, e em um nível de consciência transitivo-ingênua, porém, PR apresenta um "potencial de aprendizagem" tendo em vista as suas argumentações e construções diante da realidade da sua vida e formação acadêmica.

Passamos a apresentar a segunda entrevista

Aluno RV

E: olha só... você colocou aqui que sua leitura é sobre literatura clássica, história, poesia... você gosta de ler?

RV: Gosto ... inclusive agora estou participando do projeto e ... vou começar a ler .. ah.. gosto de coisas diferentes como literatura clássica ... ahh ... poesia de Paulo Leminski, textos filosóficos como Jean Paul Sartre. Na época da pesquisa eu tava lendo um filósofo Robert Anton Wilson que trata de uma maneira exotérica a física quântica, trata de psicologia quântica...

E: Hoje você está lendo algum livro especificamente?

RV: Ah hoje vou começar o Frankenstein para o projeto, mas esse é por motivos escolares e estou lendo um outro chamado Imaginação do Jean Paulo Sartre.

E: Como é o nome?

RV: A imaginação.

E: Esse é por sua conta, certo?

RV: Sim... gosto do Sartre... esse livro ele escreveu no início de sua carreira acadêmica... fala um pouco da existência.

E: E nas aulas de ciências, física, química ou biologia, tem alguma indicação de leitura? Algo que você se identifica?

RV: Não, não (risos), nessas aulas não tem isso não. O Frankenstein foi indicado pela professora de biologia, mas nas aulas de projeto assim... nas aulas da manhã não tem isso não. É algo mais básico... é mais o livro didático mesmo.

E: Sobre a televisão você não assiste mesmo?

RV: Não não um dia deixei de assistir e aí fui me desinteressando... eu uso mais a internet acho que lá a informação está a hora que eu quero e posso fazer minhas escolhas.

E: Você usa bastante a internet?

RV: A maior parte do tempo que estou em casa ou estou lendo ou pesquisando algo na internet...

E: Você usa muito as redes sociais?

RV: Ann...eu uso mas é mais pesquisa mesmo..

E: Bom sobre teatros e museus você disse na pesquisa que frequenta... você vai mesmo? Conta um pouco.

RV: Vou com frequência principalmente para apresentações musicais... não são shows no sentido mais óbvio de show espetáculo mesmo, mas são apresentações de músicos contemporâneos música clássica contemporânea... arte contemporânea também.

E: Esse gosto vem da sua família?

RV: Ann... eu via essas performances essas obras de arte e eu me interessava... achava uma coisa estética... eu gostava.

E: Mais seus pais não te influenciaram?

RV: Acho que pouco... minha mãe é pedagoga se não me engano... meu pai não mora comigo e ele muda bastante de emprego... é alguma coisa de informática.

E: Ok, ok... interessante... bom vamos adiante... deixa eu te mostrar essas fotos que são uma o resultado de um terremoto e a outra um tsunami...ann... a que você atribui esses fenômenos... quais as causas?

RV: Acredito nos ciclos da natureza são ciclos que ocorrem... são normais.

E: Olhando para essas duas fotos sobre a origem do universo...como você se posiciona? Qual representa o seu pensamento?

RV: Na da ciência...

E: Ciência...porque explica ai melhor...e nessa...eu só quero entender melhor...o que você entende por ser a da ciência... você coloca Deus em algum lugar aqui?

RV: Não...

E: Você é ateu?

RV: Isso...sou ateu... acho que eu sempre fui desde criança... eu não sei...eu não acredito que seja uma ciência que a gente compreenda né...do...o porque aconteceu...apesar de a gente ter bastante entendimento de como aconteceu...a gente não tem total ciência da criação do universo...mas eu acho que a visão religiosa é só uma visão...não sei...como a gente não sabe a gente tem de se agarrar em alguma coisa...

E: Você não segue religião nenhuma?

RV: Não

E: Vamos aproveitar que já tá colocado... aqui a gente vai falar do espaço... eu queria que você viesse aqui... aqui tem uma série de figuras... e eu queria que você me dissesse qual delas tem mais a ver com que você pensa ser o conceito de espaço...

RV: Eu penso... por esses símbolos matemáticos como a constante de Planck... aqui o princípio da incerteza... isso me lembrou a teoria das cordas... é uma física mais recente do que a da escola... eu escolheria a G... essa aqui tem a ver com a teoria da relatividade... contração do espaço... eu escolheria também a F... são as mais fortes pra mim... ((pausa)) ... a figura C por exemplo parece mais um definição que nós fizemos... o objeto no caso a gente definiu... o metro não é uma coisa que existe na natureza...

E: Mas a constante de Planck... princípio da incerteza é real ?

RV: Humm... acho que mais... representa uma realidade ((pausa))

E: Mas aonde você estudou isso?

RV: Faz alguns anos... eu me interessei por física quântica... eu li um livro que tem um caráter até meio infantil sobre a... não infantil mais pra leigos... que é o Alice no país dos quanta... eu lembro que eu li esse livro e eu pesquisei algumas coisas por conta própria e eu me interessava pelo mundo quântico... lá parece que tudo pode acontecer e eu queria entender como isso funcionava porque é uma coisa bem diferente... eu assistia muitos documentários... hoje eu ainda me interesso mas um pouco menos... na época era quase uma vontade profissional eu queria entender para trabalhar com isso... hoje eu procuro mais como curiosidade... é... por exemplo... vendo um documentário ((aqui estava difícil de entender a gravação pode ser vendo um documentário ou lendo um livro)) sobre as 10 dimensões eu consegui acompanhar até a sexta... depois ficou difícil... ((pausa))

E: Certo... eu vou te fazer um pergunta sobre o tempo...ann... vamos fazer igual ao espaço você vai escolher a figura que mais se aproxima da sua concepção e me explicar o porquê... pode escolher...

RV: E acho que é bem parecido com o espaço... eu escolheria a H que é sobre a relatividade... dilatação do tempo... e a I com a constante de Planck e o princípio da incerteza... ((pausa)) as outras são parecidas com as do espaço... por exemplo a figura F equivale a uma régua... você inventa uma coisa para medir algo que você não sabe a natureza...((pausa))

E: Se todos os relógios parassem de funcionar ainda existiria o tempo?

RV: Sim... a gente não teria mais controle... não teríamos mais ciência da passagem de tempo... o relógio é só um marcador...

E: Ok... vou te fazer uma outra pergunta... se não existissem os planetas e as estrelas... os corpos celestes... e até o ser humano existiriam o espaço e o tempo?

RV: Sim... sim... pro ser humano a concepção de tempo e espaço... se não existir mais relógio se não existir mas o homem não vai existir o tempo que a gente definiu... um dia inteiro um segundo... a gente não teria mais essa concepção de tempo... a gente não estaria mais fazendo a medida mais o tempo continua... e o espaço existe...

E: Voltando um pouquinho... essa coisa da quântica você reconhecendo as fórmulas... a constante de Planck... você falou também sobre relatividade... onde você viu isso... em algum momento aqui ou em algum outro colégio alguém já falou sobre isso com você?

RV: Como assim...

E: Sobre física quântica... alguém te influenciou a pensar sobre isso?

RV: Hoje em dia assim é muito fácil... a informação é muito fácil de achar você se perde...((pausa)) eu não consigo lembrar porque eu fui estudar isso.....

E: Mas você começou tem quanto tempo... você tem 16 anos...

RV: Eu não sei quantos anos eu tinha na época... acho que tinha uns 12 anos... eu não sei dizer o porque eu quis... teve um motivo...é um mar de informações... eu não lembro qual foi a referência que me levou a ler sobre física quântica... quando eu tratava do assunto no outro colégio o professor de física não entendia mesmo... tinha um professor de matemática que entendia mais de relatividade e menos de física quântica... ele me explicava algumas coisas... mas eu acabava pesquisando por conta própria... eu não conseguia entender direito o que era..., mas só ler a explicação de um problema já me interessava... as probabilidades...

((após a leitura da situação similar ao paradoxo dos gêmeos))

E: O tempo para os dois é o mesmo ou não?

RV: O cara que está na nave está próxima da velocidade da luz isso pode influenciar a voltar no tempo teoricamente e experimentalmente acho que não... então

E: Bom diante do que você já leu o fato de estar próximo da velocidade da luz muda o tempo realmente ou é só teoria

RV: Não entendi a pergunta

E: O astronauta está próximo da velocidade da luz isso realmente muda o tempo para ele ou é só coisa da fórmula, da teoria?

RV: Eu acho que a parte teórica é uma análise sobre a realidade não sei se atualmente experimentalmente a gente está apto a reproduzir essa realidade... eu acredito que a teoria tem uma correspondência com a realidade... o tempo é diferente.

E: Você acredita nisso?

RV: É que eu não tenho compreensão completa dessa parte teórica ...

E: Você reconhece essa situação ou alguma similar na ciência?

RV: Tenho uma lembrança, mas não de detalhes...

E: Já terminando tem alguma coisa que você acrescentaria na sua concepção de tempo e espaço?

RV: Eu gosto da definição de tempo e espaço de probabilidade do mundo quântico tudo ser possível a partir do que você observa se torna uma coisa de verdade e quando você não observa é só uma possibilidade... então eu vi uma definição de tempo que é sobre a possibilidade era um documentário sobre dimensões sobre a quinta dimensão... eram todas as possibilidades a partir de um evento que não foi definido... por exemplo quando você olha para a luz ela pode ser um partícula ou uma onda... a partir só do momento que você olha você define se é ou não é... ann... se você não olhar é só uma possibilidade... acho que é por aí...

E: O tempo é uma possibilidade ou uma realidade?

RV: Nossa.. aí é difícil... acho que é as duas coisas...((silêncio))... uma possibilidade quando não existíamos e uma realidade com o ser humano marcando percebendo... olhando... vai por aí...

O aluno RV apresenta aspectos interessantes, por exemplo o realismo ingênuo e o empirismo praticamente não aparecem na discussão dos conceitos de tempo e espaço. Ainda que a entrevista não apresente essas escolas filosóficas, acreditamos que elas existem. Por outro lado, a presença do racionalismo clássico é dada pela concepção desses conceitos como algo absoluto que independe do ser humano e da sua marcação. Na entrevista, a tendência de escolher figuras relacionadas à física quântica e relatividade, com suas explicações até certo ponto competentes, despertou mais a nossa atenção. Pensando em uma estrutura fina para as diferentes escolas filosóficas, no perfil de RV existiria uma presença de surracionalismo, ainda que a atividade sobre o paradoxo dos gêmeos tenha mostrado um pouco seus limites. Provavelmente essas concepções científicas estão inseridas na cultura de RV, devido ao interesse anterior por leituras relacionadas à física contemporânea. A ciência e a filosofia estão inseridas na cultura desse aluno de forma intensa devido as suas escolhas pessoais. A leitura do livro sobre quântica e a busca desses assuntos na internet não foi motivada pela escola¹³⁰. Destacamos que as suas concepções de tempo e espaço, seu perfil epistemológico e a sua realidade cultural são raras no contexto escolar atual.

A presença desses aspectos científicos na cultura de RV nos dá indícios de uma consciência transitivo-ingênuo sólida que pode caminhar para uma consciência transitivo-crítica. Além dos conhecimentos sobre física contemporânea apresentados, ainda que bem básicos, RV parece também utilizar um raciocínio tendo como referência uma concepção de ciência. Em algumas explicações RV refere-se à relação entre teoria e prática da ciência dando indícios de conceber a ciência numa linha mais positivista. No entanto, ele vai além dessa linha nas suas argumentações relacionadas à relatividade

¹³⁰ É algo a se refletir, sobretudo quando pensamos que a realidade é essa, ou seja, o contexto escolar raramente motiva os alunos à leitura, quiçá a leitura sobre ciência.

e à física quântica, em especial sobre a ideia de possibilidade/probabilidade, elas não parecem causar nenhum problema dentro daquilo que ele entende ser ciência. Mesmo diante de situações ainda não compreendidas, como no caso do big-bang, ainda entende que a ciência está presente ao afirmar que se trata de uma ciência que não compreendemos bem.

Por fim, outro elemento inserido na sua formação cultural é a sua identificação com as artes que, pois, embora não relatado na entrevista, o aluno participa de "saraus" sobre o saxofone e tem um grande interesse pela arte contemporânea, visitando museus e participando de eventos nesse sentido. Sem dúvida, RV tem um perfil cultural diferente daquele que encontramos na sua faixa etária, entre os estudantes que entrevistamos.

Portanto, após essas análises, resta-nos apresentar as nossas considerações finais, seguindo develando e caminhando.

DESVELANDO E CAMINHANDO

Desvelando e caminhando¹³¹ é a dialética que buscamos nesse trabalho, e agora é o momento da sua reflexão. É hora de reencontrar as motivações, desvelando o que foi realizado no passado, efetivado no presente, e que caminha para o futuro. Nesse sentido, o principal objetivo foi de investigar a relação entre epistemologia e cultura no ensino de física por meio dos conceitos de tempo e espaço, a partir do referencial de Gaston Bachelard, mais especificamente, das noções de obstáculo e perfil epistemológicos e da ação cultural de Paulo Freire. Outro objetivo construído ao longo do trabalho foi a investigação da presença da física na cultura. Além disso, no aspecto metodológico a existência de poucos trabalhos nessa área transformou a construção de um instrumento de coleta de dados em uma necessidade no processo investigativo.

Ao final da nossa investigação apontamos algumas conclusões com referência ao objetivo principal. Para isso examinamos alguns aspectos relativos ao desvelar daquilo que fizemos e no caminho aberto a ser seguido. Sendo assim, abordaremos os seguintes aspectos: a relevância e os limites do perfil epistemológico proposto por Bachelard e a relação com a cultura, as concepções de tempo e espaço e suas possíveis relações, o instrumento de coleta de dados, as implicações para o ensino de física, além das possibilidades de continuidade.

Inicialmente o perfil epistemológico já tinha se mostrado pertinente em nossa pesquisa de mestrado e, mais anteriormente, nas pesquisas realizadas por Martins (2004). Ainda assim, mais uma vez atestamos a sua pertinência e relevância para trabalhos dessa natureza, pois os alunos realmente manifestam as mais diferentes escolas filosóficas propostas por Bachelard. Além disso, os obstáculos epistemológicos surgem inerentemente na constituição do perfil. O obstáculo e o perfil epistemológico de Bachelard, mostram-se importantes dentro da pesquisa, mas também têm potencial para o trabalho de sala de aula, sendo relevante para a reflexão das ações e compromissos epistemológicos de professores e alunos.

Por outro lado, o perfil epistemológico tem alguns limites. O primeiro e mais evidente é a dificuldade em entender os pesos que devem ser atribuídos para cada escola, assim como a forma de análise para transpor esses elementos em um gráfico. Logo, realmente existe uma impossibilidade de efetivamente traçar os perfis, pois as concepções são analisadas buscando uma leitura "imparcial", algo impossível. Além disso, o perfil proposto por Bachelard é individual e construído pela própria pessoa,

¹³¹ A inspiração desse termo veio de Elyana Barbosa (1985, p.11) quando afirma que Bachelard queria "desvelar o segredo do mundo".

ainda que ele admita terceiros na sua construção. Mas, a impossibilidade de traçar o perfil e a "dose" de arbitrariedade nas interpretações, não desqualifica os perfis construídos. Para superar esse impasse o instrumento de coleta de dados deve proporcionar acesso às concepções dos alunos, evitando ao máximo as distorções.

Sobre a relação com a cultura, como já apontamos na introdução do trabalho, o referencial freireano se ajustou às insinuações epistêmico-culturais de Bachelard. A sua abertura nos possibilitou identificar a presença de diferentes elementos da cultura na constituição do perfil. A influência da religião, da tecnologia e da própria ciência pode ser percebida nos perfis. A internet, a leitura e a televisão, além da própria escola, formam meios que identificamos como responsáveis pela inserção de diferentes elementos na cultura dos indivíduos. Foi possível também rever a força da conduta do relógio, que de forma geral está impregnada na cultura dos entrevistados. Porém, em relação ao conceito de espaço, não foi possível pensar em alguma conduta geral, mas, por outro lado, é na constituição do perfil epistemológico que identificamos uma "conduta da trena", algo similar à conduta da balança descrita por Bachelard. Ainda sobre a relação entre o perfil epistemológico e a cultura, identificamos um grande grupo de alunos com consciências intransitivas no aspecto científico, embora, com grata surpresa, foi possível identificar consciências transitivo-ingênuas com um grande potencial para evoluírem na direção das consciências transitivo-críticas, embora sejam uma minoria. Cabe ressaltar que os perfis epistemológicos de alguns alunos apresentavam alguns indícios de concepções racionalistas, mas eles atribuem a inserção da física em sua cultura a leituras específicas e programas de divulgação científica escolhidos por conta própria. Em outras palavras, a participação da escola nessa construção mais sofisticada não é reconhecida por esses alunos.

Quanto aos conceitos de tempo e espaço ressaltamos a identificação de diversas concepções nas falas dos alunos. É possível observar também concepções de tempo e espaço com características heterogêneas e subjetivas, e também concepções homogêneas e objetivas, ou seja, como enfatiza Bachelard, existe uma convivência de diferentes concepções do mesmo conceito que tornam mais efetivo o uso do perfil epistemológico. No entanto, é difícil identificarmos, salvo em uma pequena minoria, a presença de concepções de tempo e espaço da física clássica e contemporânea. Dentro de uma noção racional da física clássica, a concepção mais comum é de espaço e tempo como absolutos, porém longe de estar em um corpo de conhecimentos organizados.

Outro aspecto importante que merece uma reflexão é o instrumento de coleta de dados. Embora em linhas gerais tenha alcançado o objetivo de acessar as concepções de tempo e espaço dos alunos, temos que admitir algumas limitações e indicar algumas correções possíveis. As atividades 1 e 2 da versão aplicada no grupo M1, como já apontamos, trazia uma dificuldade de se escolher 5 palavras sobre os conceitos de tempo e espaço. A ideia inicial era identificar as palavras com as escolas filosóficas do perfil epistemológico. Porém solicitávamos justificativas apenas da primeira e da última tornando inviável a análise. Apesar disso, a correção que fizemos para aplicação no grupo M2 favoreceu a análise. A atividade 3 da versão M1 também teve problemas, pois no contexto aplicado, junto com as outras atividades, tornou-se extensa tendo poucas respostas dos alunos. Mas, entendemos que é uma atividade que pode ser revisada e trazer melhores resultados, se aplicada com maior tempo em um contexto de uma sequência de aulas. A alteração que fizemos dessa atividade, para a aplicação no grupo M2, também pode ter tornado extensa sua resolução, porém, entendemos que com uma revisão e inserida em um planejamento pode ser uma ferramenta importante para o trabalho de sala de aula.

As entrevistas, por sua vez, foram construídas com algumas atividades que merecem uma reflexão. Nas primeiras entrevistas propusemos situações (apêndices F e G) para observar os recursos utilizados pelos alunos na solução. No entanto o resultado foi muito distante do que esperávamos, a ponto de as abandonarmos logo nas primeiras entrevistas. Porém, se as situações forem mais bem estudadas e transformadas em problemas abertos mais coerentes, é possível que os resultados sejam melhores. Da mesma forma as situações sobre física quântica (apêndice G) não são adequadas para uma entrevista, pela própria dificuldade conceitual e desconhecimento do público de uma maneira geral. Seu uso deveria estar em um planejamento de sala de aula, ainda assim com muitos cuidados já citados em trabalhos que investigaram a inserção da física contemporânea no ensino médio. Por outro lado, a utilização do paradoxo dos gêmeos foi extremamente interessante e possibilitou separar em alguns casos concepções relativas subjetivas e psicológicas de concepções realmente científicas. Ainda sobre as atividades, a escolha das figuras mostrou-se reveladora de concepções sobre o tempo e espaço, assim como da presença da ciência ou de outro elemento na cultura do indivíduo.

Sobre as implicações para o ensino de física, muitas são as possibilidades, desde a exploração do funcionamento dos relógios, GPS, bússolas, até discussões conceituais

sobre tempo e espaço absolutos e relativos, além de relações com o referencial bachelardiano em relação a fenomenotécnica. Discussões sobre cosmologia e origem do universo, passam necessariamente pela reflexão sobre os conceitos de tempo e espaço. No aspecto interdisciplinar, como apontamos no capítulo 2, existem muitas conexões entre as disciplinas da área de ciências naturais e dessas com a área das ciências humanas.

Quanto ao perfil epistemológico, a sua possibilidade de uso no planejamento das ações docentes e na própria interpretação das concepções dos alunos é muito grande. Nesse aspecto o professor volta o seu olhar para intervenções que promovam a "mudança do perfil epistemológico". Porém, é importante destacar que a vertente cultural que permeia o perfil é de fundamental importância para que o professor possa interpretar corretamente o processo de ensino-aprendizagem dentro da sala de aula.

Creemos que a pesquisa que realizamos colabora e abre possibilidade de novas investigações. Existem alguns aspectos sobre os conceitos de tempo e espaço que não investigamos. Acreditamos como uma tarefa futura a investigação dos conceitos de tempo e espaço em outras culturas ao longo da história e também culturas contemporâneas existentes fora do pensamento ocidental. Seria interessante investigar outras influências culturais sobre essas concepções, além de "testar" os limites da noção de perfil epistemológico. Outro aspecto que consideramos como possibilidade de continuidade está na revisão dos instrumentos de coleta de dados, em especial a atividades 3 que citamos anteriormente, inserida em um planejamento de ensino. Talvez seja importante e necessário aprofundar os estudos nas escolas públicas mais periféricas, em realidades socioculturais diferentes. É válido destacar também que a educação dialógica freireana e a pedagogia do não Bachelardiana, citadas no capítulo 1, merecem ser mais bem investigadas e servem de referência para projetos de ensino que buscam a formação do ser humano crítico e livre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, P. *Imagens da natureza, imagens da ciência*. Campinas, Papirus, 1998.
- AFONSO, Germano. Mitos e estações no céu tupi-guarani. *Scientific American Brasil: Etnoastronomia*. Edição Especial, São Paulo, Duetto, pág 47-55, 2006
- ALMEIDA JUNIOR, João Baptista. A evolução do ensino de física no Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol 1, nº2, 1979 disponível em: www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a17.pdf
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais ... e linguagem no desenho da criança*. Campinas, SP: Papirus, 1998.
- ANGOTTI, J. A. P. Depois de cem anos sem revolução científica, Física ainda é cultura? In: *Física ainda é cultura?* Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.
- ANDREWES, W. *Uma crônica do registro do tempo*. *Scientific American Brasil*, 1(5), São Paulo, Duetto, pág. 88 – 97, 2002.
- ASSIS, A.K.T. *Mecânica relacional*. Campinas: Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência da Unicamp, 1998.
- ASSIS, A.K.T. *Uma nova física*. São Paulo, Perspectiva, 1999.
- BABICH, B. *Continental Philosophy of Science: Mach, Duhem, and Bachelard*". Articles, Book-Chapters, and orther essays by Babette Babich. Paper 5. 2003. Disponível em: http://fordham.bepress.com/phil_babich/5.
- BACHELARD, G. *La actividad racionalista de la física contemporânea*. Tradução: Estela Canto. Buenos Aires: Editorial Siglo Viente, 1975.
- BACHELARD, G. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1977
- BACHELARD, G. *A filosofia do não*. Tradução. J. J. M. Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978a. (Os pensadores)
- BACHELARD, G. *O novo espírito Científico*. Tradução. R. F. Kulhen. São Paulo: Abril Cultural, 1978b.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 2004.
- BACHELARD, G. *Estudos*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 2008.
- BACHELARD, G. *A experiência do espaço na física contemporânea*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 2010a.
- BACHELARD, G. *A Epistemologia*. Tradução. F. L. Godinho & M. C. Oliveira. Lisboa, Edições 70, 2010b.

- BARBOSA, E. Gaston Bachelard: o arauto da modernidade. Salvador, Universitária Americana, 1993.
- BARBOSA, E. O segredo do mundo: uma leitura de Gaston Bachelard. 1985. Tese de doutoramento, FFLCH, USP, São Paulo, 1985.
- BARBOSA, E & BULCÃO, M. Bachelard: Pedagogia da Razão, Pedagogia da imaginação. Petrópolis, Vozes, 2004.
- BARRETO, L., MARQUES, N., BRUNI, J. *Decifrando o tempo presente*. São Paulo, Edusp, 2007.
- BORGES, Luiz Carlos. Evolução do Registro do tempo. Scientific American Brasil: Etnoastronomia. Edição Especial, São Paulo, Duetto, pág 39-45, 2006.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacional. Bases Legais– Parte I, Brasília: Secretaria de Educação Básica, 1997.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacional. Linguagens, Códigos e suas Tecnologias – Parte II, Brasília: Secretaria de Educação Básica, 1997.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacional. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Parte III, Brasília: Secretaria de Educação Básica, 1997.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacional+. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – Parte III, Brasília: Secretaria de Educação Básica, 1999.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacional. Ciências Humanas e suas Tecnologias – Parte III, Brasília: Secretaria de Educação Básica, 1997.
- BRUNER, J. S. O processo de educação. Trad. L. L. Oliveira. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1973.
- BULCÃO, M. O racionalismo da ciência contemporânea: introdução ao pensamento de Gastón Bachelard. Ideas e Letras. São Paulo, 2009.
- CACHAPUZ, A. & GIL PEREZ, D. et al (Org.). A necessária renovação do ensino de ciências. São Paulo, Cortez, 2005.
- CAMPOS, M. A cosmologia dos Caiapós. Scientific American Brasil: Etnoastronomia. Edição Especial, São Paulo, Duetto, pág 63-71, 2006.
- CARAÇA, Bento Jesus. A cultura integral do indivíduo: conferências e outros escritos. Lisboa, Gradiva, 2008
- CARVALHO, A. M. P. (Org). Ensino de Ciências: unindo a Pesquisa e a Prática. Thompson Learning, 2004.
- CASTELLANI, Elena & Leonardo. Feynman: a lâmpada do nano. Scientific American Brasil, Duetto, São Paulo, 2008.
- CHASSOT, A. Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação. 3ª ed. Unijui, 2003.
- CHALMERS, Alan, Francis. O que é ciência, afinal? Trad: Raul Fiker. São Paulo, Brasiliense, 2011

- COPÉRNICO, N. *Commentariolus*. Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Introdução, tradução e notas: Roberto de Andrade Martins. São Paulo. Livraria da Física, 2003
- COPÉRNICO, N. A revolução dos orbes celeste. Tradução: A. Dias Gomes e Gabriel Domingues. Introdução e Notas: Luis de Albuquerque. Lisboa. Calouste Gulbenkian, 1984.
- COSTA, A. F & AVILA, P. & MATEUS, S. Públicos da ciência em Portugal. Lisboa, Gradiva, 2002.
- CONNOR, J. A bruxa de Kepler: A descoberta da ordem cósmica por um astrônomo em meio a guerras religiosas, intrigas políticas e o julgamento por heresia de sua mãe. Tradução: Talita m. Rodrigues. Rio de Janeiro, Rocco, 2005.
- COVENEY, P & HIGHFIELD, R. A flecha do tempo. São Paulo. Siciliano. 1993.
- DAGOGNET, F. Bachelard. Tradução: Alberto Campos. Lisboa, Edições 70, 1980.
- DAVIES, P. O enigma do tempo. A revolução iniciada por Einstein. Tradução Ivo Korytowski. Rio de Janeiro, Ediouro, 2000.
- DEBORD, G. A sociedade do espetáculo. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro. Contraponto, 1997.
- DELIZOICOV, D. Ensino de Física e a concepção freireana de educação. Revista Brasileira de Física, p. 85 – 98, dezembro, 1983.
- DELIZOICOV, D. La Education em Ciências y la Perspectiva de Paulo Freire. Alexandria, Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v.1, n.2, p.37-62, julho, 2008.
- DEWEY, J. Experience and education. New York, McMillar, 1970.
- EAGLETON, T. A idéia de cultura. Trad. Sandra Castello Branco. São Paulo, Editora UNESP, 2005.
- EINSTEIN, A. A teoria da Relatividade Especial e Geral. Rio de Janeiro, Contraponto, 1999.
- EINSTEIN, A. Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. Tradução Alexandre Carlos Tort. In: STACHEL, J.(org). O ano miraculoso de Einstein. Cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro. Editora UFRJ, 2005a.
- EINSTEIN, A. A inércia de um corpo depende de seu conteúdo de energia? Tradução Alexandre Carlos Tort. In: STACHEL, J.(org). O ano miraculoso de Einstein. Cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro. Editora UFRJ, 2005b.

- EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da transformação e produção da luz. Tradução Alexandre Carlos Tort. In: STACHEL, J.(org). O ano miraculoso de Einstein. Cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro. Editora UFRJ, 2005c.
- EINSTEIN A, & INFELD, L. A evolução da física. Tradução. Giasone Rebuá. Rio de Janeiro, Zaher Ed., 2008.
- EL HANI, C. N. & SEPÚLVEDA, C. Referenciais teóricos e subsídios metodológicos pra a pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura in: SANTOS, F. M. T. & GREGA, I. M. (Org) A pesquisa em ensino de ciências no Braisl e suas metodologias, Ijuí, Unijui, 2006.
- ELIAS, N. Sobre o tempo. Rio de Janeiro, Zahar, 1998. ELIOT, T. S. Notas para uma definição de cultura. Lisboa, Edições século XXI, 1996.
- ÉVORA, Fátima. Philoponos e Avenpace: a origem do argumento galileano sobre o vazio. In: ÉVORA, Fátima (ed). Espaço e Tempo. Campinas, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência(Coleção CLE, v 15), Unicamp, 1995
- FABIAN, Stephen. Astrônomos do Cerrado. Scientific American Brasil: Etnoastronomia. Edição Especial, São Paulo, Duetto, pág 57-61, 2006.
- FEYNMAN, Richard. Uma tarde com o senhor Feynman. 1º Edição. Lisboa: Gradiva, 1991.
- FEYNMAN, Richard. O senhor está brincando, Sr Feynman: as estranhas aventuras de um físico excêntrico. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006.
- FREIRE, P. Cartas à Guiné-Bissau. 4ª Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1978.
- FREIRE, P. Extensão ou comunicação? Tradução de R.D. de Oliveira. 12ª. Edição Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2002.
- FREIRE, P. A importância do ato de ler. Coleção: Questões de época nº 13. 44ª Edição. São Paulo, Cortez, 2003a.
- FREIRE, P. Educação e Atualidade Brasileira. 3º ed. São Paulo, Cortez: Instituto Paulo Freire, 2003b.
- FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. 43ª Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2006a.
- FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários a prática educativa. 33ª Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2006b.
- FREIRE, P. Educação como Prática de Liberdade. 29ª Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2006c.
- FREIRE, P. Pedagogia da Esperança: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido. 14ª Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2007.
- FREIRE, P & FAUNDEZ, A. Por uma pedagogia da pergunta. 6ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2008.

- FREIRE, P. Ação cultural para liberdade e outros escritos. 14^a Edição. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2011.
- GALILEI, G. Duas novas ciências. Tradução e Notas: Letizio Mariconda e Pablo Rubén Mariconda. São Paulo. Nova Stella, 1985.
- GALILEI, G. Diálogo sobre dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano. Tradução, Introdução e Notas: Pablo Rubén Mariconda. São Paulo. Discurso editorial/Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.
- GALISON, P. Os relógios de Einstein e os Mapas de Poincaré, Impérios do Tempo. Lisboa, Gradiva, 2005.
- GASPAR, A. Entre o conceito e a imagem – O lugar da psicanálise na obra de Gaston Bachelard. Lisboa, colecção Thesis: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa (CFCUL), 2010.
- GHINS, M. A existência do espaço-tempo segundo Leonhard Euler. In: EVORA (org). Espaço e tempo. Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, Campinas, Vol, 15, 1995.
- GLEICK, James. Feynman: A natureza do Gênio. 1^o Edição. Lisboa: Gradiva, 1993.
- GLEISER, M. A harmonia do mundo: as aventuras e desventuras de Johannes Kepler, sua astronomia mística e a solução do mistério cósmico. São Paulo, Companhia das Letras, 2006.
- GONZALEZ & MIGORANCE. Instrumentos de topografia: recordando su historia. In: Revista Internacional de ciências de la tierra, 1997. Disponível em: [HTTP://mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839](http://mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839).
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). Física 1 - Mecânica. EDUSP. S/data.
- GREENE, B. O tecido do cosmo: O espaço, o tempo e a textura da realidade. Tradução: José Viegas Filho. Revisão Técnica: Marco Moriconi. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- GURGEL, I. Elementos de uma Poética da Ciência. Fundamentos Teóricos e Implicações para o Ensino de Ciências. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010.
- HALL, S. A identidade cultural na pós-modernidade. Tradução de Tomaz Tadeu da Silva e Guacira Lopes Louro. Rio de Janeiro, DP&A, 2005.
- HALMENSCHLAGER & GEHLEN. Bachelard e a educação em ciências: uma revisão em periódicos brasileiros. In: Atas do XVIII Simpósio nacional de ensino de física. Vitória, 2009.
- Höttecke, D & Silva, C.C. Learning physics History and Philosophy of science on effective implementation strategies por old approach in school science teaching in Europe. In: Martin A & Celestino C. C. et al (Org). A pesquisa em ensino de física e a sala de aula. São Paulo, Livraria da Física, 2012.

- Höttecke, D & Silva, C.C .Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. Science & Education (2011) 20:293–316.
- HOLTON, G. A cultura científica e os seus inimigos: o legado de Einstein. Trad. Fernando Henrique de Passos. Lisboa, Gradiva, 1998.
- JAMMER, M. Conceitos de espaço: A história das teorias do espaço na física. Tradução. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro, Contraponto Ed. PUC Rio, 2010.
- JAPIASSÚ, H. Para ler Bachelard. Rio de Janeiro. F. Alves, 1976.
- JUNIOR, P.D.C. A percepção da gravidade em um espaço fisicamente modificado: uma análise a luz de Gaston Bachelard. 2010. 169f. Dissertação (Mestrado em ciências), IFUSP/FEUSP, São Paulo
- KANT, Immanuel. Crítica a Razão Pura. Tradução: Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Marujão. 5ª edição. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- KLEIN, R. G. & EDGAR, B. O despertar da cultura: a polêmica teoria sobre a origem da criatividade humana. Trad. Ana Viera Lúcia de Andrade. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, Editor, 2005.
- KOYRÉ, A. Do mundo fechado ao universo infinito. Trad: Donaldson M. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 2001.
- KOCH, Anton Friedrich. Espaço e tempo em Kant e Hegel. Revista Eletrônica Estudos Hegelianos. Ano 6, nº11, Dezembro - 2009: 57-73.
- KOESTLER, A. Os sonâmbulos. São Paulo, Ibrasa, 1961.
- KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções Científicas. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo, Perspectiva, 2003
- KUHN, T. S. O caminho desde A estrutura. Trad.: César Mortari. São Paulo, Editora UNESP, 2006.
- LACEY, H. A linguagem do espaço e do tempo. Tradução: M. B. Oliveira. São Paulo, Perspectiva, 1972.
- LANDES, D. A revolução no tempo: os relógios e o nascimento do mundo moderno. Lisboa, Gradiva, 2009.
- LARANJEIRAS, Cássio C. Concepção de conhecimento e a dimensão cultural da ciência. In: Física ainda é cultura? Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.
- LECOURT, D. Para uma crítica da epistemologia. Tradução: Manuela Menezes. Lisboa, Assírio & Alvim, 1972.
- LECOURT, D. Bachelard ou le jour et la nuit. Paris : Grasset & Fraguère, 1974.
- LEDROUT, R. O homem e o espaço. In: O tempo o espaço e os ritmos, Poirier, J (org). Lisboa, Estampa, 1998.

- LEITE, C. Formação do professor de Ciências em Astronomia: uma proposta com enfoque na espacialidade. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2006.
- LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v13, n3: p.248-273, dezembro, 1996.
- LOPES, A. R. C. Currículo e epistemologia. Ijuí: Ed Unijui, 2007.
- LUDKE, M. & ANDRÉ, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas, São Paulo, EPU, 9ª reimpressão, 2005.
- MARTINS, A. F. P. O ensino do conceito de tempo: contribuições históricas e epistemológicas. 1998. 140 f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências)– IFUSP/FEUSP, São Paulo.
- MARTINS, A. F. P. Concepções de estudantes a cerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. 2004. 218 f. Tese (Doutorado em Educação)– /FEUSP, São Paulo.
- MARTINS, A. F. P. Tempo Físico: a construção de um conceito. Natal, Editora da UFRN, 2007a.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho... Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007b
- MARTINS, A. F. P. Sobre rupturas (e continuidades). In: Física ainda é cultura? Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.
- MARTINS, A.F.P. Sobre obstáculos e perfis: perspectivas para o ensino de ciências a partir da epistemologia de Gastón Bachelard. In: Peduzzi, L., O. Q. & Martins, A. F. P. Hidalgo Ferreira, J. M.(Org.). Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. Natal: EDUFRN, 2012.
- MARTINS, R. Introdução: A história da ciência e seus usos na educação. In: Celestino, C.C.(org). Estudos de História e filosofia das ciências: subsídios para aplicação na educação. São Paulo, Editora da Livraria da Física, 2006
- MENEZES, Luiz Carlos. A matéria. Uma aventura do espírito. Fundamentos e Fronteiras do conhecimento físico. São Paulo. Livraria da Física, 2005.
- MENEZES, Luiz Carlos. Ensino de Física: Reforma ou Revolução. In: Física ainda é cultura ? Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.
- MINTZ, S. W. Culture: An Anthropological View publicado originalmente em The Yale Review, XVII (4), 1982, p. 499-512. Trad: Albuquerque, J. E. Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 223-237, 2009.
- MIRANDA, J. A. B. Teoria da cultura. Lisboa, Edições século XXI, 2007.
- MORA, A. M. S. A divulgação da ciência como literatura. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 2003.
- MOREIRA, I. C. & MASSARAMI, L. Encanto científico: temas de ciências em letras de música popular brasileira. In: Física ainda é cultura ? Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.

- MORENO, L. E. & WALDEGG, G. La epistemologia constructivista y la didáctica de las ciencias : coincidência o complementariedad? Enseñanza de las Ciencias, 16(3), 421-429, 1998.
- MOREIRA, M. A. & OSTERMANN, F. História e Epistemologia da Física na Licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar as concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Revista Brasileira de Ensino de Física. v.29, n. 1, p-127-134, 2007.
- MORO, L., VIAU, J. y TINTORI, M. Elaboración del perfil epistemológico de los conceptos masa y peso para alumnos de nivel medio de enseñanza. In: Atas de las V Jornadas sobre la Formacion del profesorado: docentes, narrativas e investigación educativas. Mar del Plata, maio, 2009.
- MORIN, E. Sociologia: A sociologia do Microsocial ao macroplanetário. Trad. Maria Gabriela de Bragança/Maria da Conceição Coelho. Lisboa, publicações Europa América, 1998.
- MORTIMER, E. F. Linguagem e Formação de Conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2006.
- NARDI, R (org). Pesquisas em Ensino de Física. Vol. 1. Coleção educação para ciência. Vol. 1. 2ª ed.São Paulo, Escrituras, 2001.
- NARDI, R & BASTOS, F. (org). Formação de professores e práticas pedagógicas pedagógicas no ensino de ciências. Vol. 8. Coleção educação para ciência. Vol. 1. 2ª ed.São Paulo, Escrituras, 2008
- NEWTON, I. Principia. Principios matemáticos de filosofia natural – Livro I. São Paulo. EDUSP, 2008a
- NEWTON, I. Principia. Princípios matemáticos de filosofia natural – Livros II e III. São Paulo. EDUSP, 2008b
- NOVAK, J. D. An alternativa to piagetian psychology for science and mathematics education. Studies in Science Education, 1978.
- NOVAK, J. D. Uma teoria de educação. Trad. M. A. Moreira. São Paulo, Pioneira, 1981.
- OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13, n3: p.184-196, dez.1996.
- PESAVENTO, S. J. O tempo social. Revista de Estudos Avançados. Série Ciências Humanas: Estudos sobre o Tempo. Coleção Documentos, Nº6, IEA, 1990.
- PESSOA JUNIOR, O. Uma incerta história do tempo na física quântica. In: EVORA (org). Espaço e tempo. Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, Campinas, Vol, 15, 1995.
- PENA, F. L. A. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 1, 1701 (2012).

- PIAGET, J & INHELDER, B. A representação do espaço na criança. Tradução: Bernadina Machado de Albuquerque. Porto Alegre, Artes Médicas, 1993.
- PIETTRE, B. Filosofia e ciência do tempo. Bauru. EDUSC, 1997.
- PINTO, A. C & ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? Cad.Cat.Ens.Fis., v.16, n1: p.7-14, abr.1999.
- POIRIE, J. O tempo, o espaço e os ritmos. Lisboa, Editorial Estampa, 1998.
- POSNER, G. J. & STRIKE, K. A. & HEWSON, P. W. & GERTOZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science Education p. 211-227, 1982.
- PRIGOGINE, Ilya. O nascimento do tempo. Rio de Janeiro, Edições 70, 1988.
- PRIGOGINE, I & Stengers, I. A nova aliança: metamorfose da ciência. Tradução: Miguel Farias e Maria Joaquina Trinciera. Brasília. Editora da Universidade de Brasília, 1984.
- POPPER, K.R. Conhecimento objetivo. São Paulo: EDUSP, 1975.
- RAY, Christopher. Tempo, Espaço e Filosofia. Campinas, Papirus, 1993.
- REGNER, A.C.K. P. Feyerabend e o Pluralismo Metodológico. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n3: p.231-247, dez.1996.
- REDONDI, P. Historias del tiempo. Madrid, Gredos, 2010.
- SAID, E. W. Orientalismo: o oriente como invenção do ocidente. São Paulo, Companhia de bolso, 2007
- SANTOS, M. E. V. M. Para uma pedagogia da mudança conceitual: estudo de orientação epistemológica. 382f. Tese (Mestrado em educação), Universidade de Lisboa, 1989.
- SANTOS, M. E. V. M. Desafios pedagógicos do século XXI. Lisboa, Livros Horizontes, 1999.
- SANTOS, M. E. V. M. A cidadania na “Voz” dos manuais escolares. Lisboa, Livros Horizontes, 2001.
- SANTOS, M. E. V. M. Ciência como cultura - paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar. Quim. Nova, Vol. 32, No. 2, 530-537, 2009.
- SANTOS, M. O tempo nas cidades. Revista de Estudos Avançados. Série Ciências Humanas: Estudos sobre o Tempo. Coleção Documentos, Nº6, IEA, 1990.
- SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. EDUSP, 2002.
- SANTOS, Milton. O tempo nas cidades. Ciência e cultura volume 54 número 2, 2002.

- SAPUNARU, Raquel Anna. O conceito leibniziano de espaço: distâncias metafísicas e proximidades físicas do conceito newtoniano. 217p. Tese de Doutorado (Doutorado em Filosofia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010
- SASSON, A. A renovação do ensino das ciências no contexto da reforma da educação secundária. In: Cultura científica um direito de todos. Brasília, UNESCO, 2003.
- SILVA, E. T. Ciência, leitura e escola. In: SILVA, H. C. & ALMEIDA M. J. Linguagens, leituras e ensino de ciências. Campinas. Mercado de letras: Associação de leitura do Brasil, 2007.
- SILVA, L. A. História, Filosofia e espaço: A ideia de Ocidente e Oswald Spengler. 121 f. Dissertação (Mestrado em História) - UFRN, Natal, 2008a.
- SILVA, Irineu. História dos Pesos e Medidas. São Carlos, Edufscar, 2008b
- SILVA, C. C. Em direção a uma efetiva inserção da História e Filosofia no ensino de In: MARTINS, A. & SILVA, C. C. (et. al). A pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias. São Paulo, Editora Livraria da Física, 2012.
- SILVA, Elaine Guinevere. Temporalidade no pensamento de Descartes. Revista Índice vol. 02, n. 01, 2010. Disponível em <http://www.revistaindice.com.br>
- SILVANO, F. Antropologia do espaço. Lisboa, Assírio & Alvim, 2010.
- SILVEIRA, F. L. A metodologia dos Programas de Pesquisa: A epistemologia de Imre Lakatos. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n3: p.219-230, dez.1996.
- SILVEIRA, F. L. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o racionalismo Crítico. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n3: p.197-218, dez.1996.
- SIMÕES, A. A. Concepção dialética do conhecimento e o ensino de física. Dissertação de Mestrado. IF/Educação, USP, 1994.
- SITA, Patricia Coradim. Leibniz contra o vazio: a relação entre a teoria das substâncias e o conceito de espaço.2010184f. Tese de Doutorado (Doutorado em filosofia), Universidade Federal de São carlos.
- SNOW, C. P. As duas culturas e uma segunda leitura. Trad. Geraldo Gerson/Renato de Azevedo Rezende. São Paulo, EDUSP, 1995.
- SOUZA, P. H. O ensino do conceito de tempo: contribuições Históricas e relações interdisciplinares. 116 f. Monografia (Licenciatura em Física) - IFUSP/FEUSP, São Paulo, 2002.
- SOUZA, P. H. O conceito de tempo: seu ensino com suas múltiplas faces. In. Caderno de programas e resumos. XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Curitiba. 2003
- SOUZA & ZANETIC. O ensino do conceito de tempo: imaginação, imagens históricas e rupturas epistemológicas. In. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2005.

- SOUZA & ZANETIC. Um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico no ensino de Física. In: Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.
- SOUZA, P. H. Tempo, ciência, história e educação: um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico. 236 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - IFUSP/FEUSP, São Paulo, 2008.
- SOUZA, P. & ZANETIC, João. O perfil epistemológico do conceito de tempo e as condutas culturais: categorias de análise. In: Atas I Encontro Internacional Enseñanza de las Ciencias y la Matemática em Tandil – Argentina, 2011.
- SOUZA, P. & SANTOS, M. E. & ZANETIC, J. O conceito de espaço no ensino de física: construindo categorias de análise a luz da epistemologia de Bachelard. In: Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Campinas, 2011.
- SILVANO, F. Antropologia do espaço. Lisboa, Assírio & Alvin, 2010.
- STACHEL, J.(org). O ano miraculoso de Einstein. Cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro. Editora UFRJ, 2005.
- VILLANI, A. Conceptual change in science and science education, Science Education, 76(2), 223-237, 1992
- WAGNER, R. A invenção da cultura. Trad. Marcelo Coelho de Souza e Alexandre Morales. São Paulo, Cosa Naify, 2010.
- WERTHEIN, M. Uma história do espaço de Dante à Internet. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 2001.
- WHITE, L. A. O conceito de cultura. Trad. Teresa dias carneiro. Rio de Janeiro, Contraponto, 2009.
- WHITROW, G.J. O tempo na história: concepções do tempo da pré-história aos nossos dias. Tradução de M. L. X. de A. Borges. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1993.
- ZANETIC, J. Física também é cultura. 1989. 252 f. Tese (Doutorado em educação) - FEUSP, São Paulo.
- ZANETIC, J. Física e arte: Uma ponte entre duas culturas. In: Ata do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2002.
- ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre duas culturas. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v13 (suplemento), p.55-70, outubro, 2006.
- ZANETIC, J. Paulo Freire e a interdisciplinaridade em São Paulo. In: Paulo Freire Vive Valente et al (org). 2007a.
- ZANETIC, J. Literatura e cultura científica In: SILVA, H. C. & ALMEIDA M. J. Linguagens, leituras e ensino de ciências. Campinas. Mercado de letras: Associação de leitura do Brasil, 2007b

ZANETIC, J. Física ainda é cultura. In: Física ainda é cultura? Martins, A. F. (org). Livraria da Física, 2009.

ZYLBERSZTAJN, A & ASSIS, A.K.T. Sobre a possível realidade das forças fictícias: uma visão relacional da mecânica. In: Acta Scientiarum. Vol 21(4) p. 817-822, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE A: OBRAS DE GASTON BACHELARD

Publicação em Vida¹³²

EPISTEMOLOGIA			POÉTICA		
Datas	Abrev.	Obras	Datas	Abrev.	Obras
1927	ECA	<i>Essai sur la connaissance approchée</i>			
	EEPP	<i>Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides</i>			
1929	VIR	<i>La Valeur inductive de la reactivité</i>			
	CCM	<i>Le Pluralisme cohérent de la chimie moderne</i>			
1932	II	<i>L'Intuition de l'instant</i>			
1933	IA	<i>Les Intuitions atomistiques</i>			
1934	NES	<i>Le Nouvel esprit scientifique</i>			
1936	DD	<i>La Dialectique de la durée</i>			
1937	EPC	<i>L'Experience de l'espace dans la physique contemporaine</i>			
1938	FES	La Formation de l'esprit scientifique: contribution pour une psychanalyse de la connaissance	1938	PF	La Psychanalyse du feu
			1939	L	<i>Lautréamont</i>
1940	PN	<i>La Philosophie du non</i>			
			1942	ER	<i>L'Eau et les rêves: essai sur l'imagination de la matière</i>
			1943	AS	<i>L'Air et les songes: essai sur l'imagination du mouvement</i>
			1947	TRV	<i>La Terre et les rêveries de la volonté</i>
			1948	TRR	<i>La Terre et les rêveries du repos</i>
1949	RA	<i>Le Rationalisme Appliqué</i>			
1951	RPC	<i>L'Activité rationaliste de la physique contemporaine</i>			
1953	MR	<i>Le Matérialisme rationnel</i>			
			1957	PE	<i>La Poétique de l'espace</i>
			1960	PR	<i>La Poétique de la rêverie</i>
			1961	FC	<i>La Flamme d'une chandelle</i>

Publicação Póstuma¹³³

Datas	Abrev.	Obras	Datas	Abrev.	Obras
Póstuma	ER	<i>L'Engagement rationaliste</i>	Póstuma	DR	<i>Le droit de rêver</i>
	E	<i>Études</i>		FPF	<i>Fragments d'une poétique du feu</i>
			Manusc. inédito	PP	<i>La Poétique du Phénix</i>

¹³² Essa tabela foi retirada da obra de GASPAR(2010, P.24). As partes em negritos são da tabela original e não tem relação com o nosso trabalho.

¹³³ Referência: GASPAR (2010, p. 24)

APÊNDICE B: INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Medidores de tempo

Relógio de água Chinês

Escapo

Medidores de Espaços

Gnomon

Astrolábio Árabe

Balestilha

Esquema Teodolito

APÊNDICE C: ATIVIDADE DE SALA - ANTES DA QUALIFICAÇÃO

PESQUISA¹³⁴

O CONCEITO DE TEMPO E ESPAÇO

APRESENTAÇÃO

Caro Aluno.

Convido-o a participar de uma pesquisa sobre o conceito de tempo e espaço e agradeço-lhe pela colaboração. Para um resultado mais próximo da realidade e transparência nas informações, esclareço:

- a) A sua identidade será preservada e as suas respostas serão mantidas em sigilo.
- b) Como pretendo, após a leitura das respostas, fazer uma entrevista com alguns alunos, previamente agendada, **peço-lhe para preencher o campo E-MAIL.**
- c) Preencha os campos idade e sexo, porque são dados importantes para a pesquisa.

Por fim, destaco *que não procuro obter nenhuma resposta certa. Apenas procuro respostas pessoais*, indicadoras e reveladoras das *suas concepções sobre o conceito de tempo e o conceito de espaço*, que interessam à pesquisa.

Desde já agradeço imensamente a sua participação

Abraços

Paulo Henrique de Souza

Pesquisador

Dúvidas e esclarecimentos: Paulo Henrique de Souza - e-mail: hspaulo@usp.br ou hspaulo2004@yahoo.com.br

(Obs: Esta folha é sua e pode levá-la para casa)

¹³⁴ Está folha foi utilizada na pesquisa M1 e M2

E-mail:_____ **Curso:**_____

O CONCEITO DE TEMPO

Percepção, Envelhecimento, Clima, Relógio, Ampulheta, Homogêneo, Abstrato, Absoluto, Variável, Relativo, Indeterminado, Fluxo, Matemático, Estatístico, Cíclico, Linear, Passado, Presente, Futuro

Escolha cinco palavras que na sua concepção se relacionam mais com ideia que você tem de tempo e as ordene pelo “grau” de concordância, ou seja, a maior concordância é a 1 e a menor concordância é a 5

Concordância 5: _____

Justifique a escolha da palavra para a concordância 1 e da palavra para concordância 5

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

O CONCEITO DE ESPAÇO

Leia as palavras a seguir:

Lugar, Vazio, Conforto, Régua, Escala, Trena, Universo, Homogêneo, Abstrato, Absoluto, Dimensão, Variável, Relativo, Indeterminado, Plano, Curvo, Geométrico, Matemático, Posição

Escolha cinco palavras que na sua concepção relacionam-se mais com a idéia de espaço e as ordene pelo “grau” de concordância, ou seja, a maior concordância é a 1 e a menor concordância é a 5

Concordância 1: _____

Concordância 2:

Concordância 3: _____

Concordância 4: _____

Concordância 5:

Justifique a escolha da palavra para a concordância 1 e para concordância 5

[illegible]

ATIVIDADE 2

Leia, a seguir, os dois poemas sobre o “Tempo e Espaço”

Poema 1

Tempo e espaço eu confundo,
E a linha de mundo é uma reta fechada.
Périplo, ciclo, jornada de luz consumida
E reencontrada.
Não sei de quem visse o começo
E sequer reconheço
O que é meio o que é fim
Prá viver no teu tempo é que eu faço
Viagens no espaço,
De dentro de mim.
Das conjunções improváveis
De órbitas instáveis
É que eu me mantenho
E venho arrimado nuns versos,
Tropeçando uns versos,
Prá achar-te no fim
Deste tempo cansado de dentro de mim.

(Paulo Vanzolini)

Poema 2

O Tempo é mera questão de Espaço!
No Caos em que o Mundo se tornou.
Do tempo que tenho e dele nada faço,
Fico sem espaço, Que do Tempo? Nada
restou!

O Espaço é mera questão de Tempo!
Do tempo que do Espaço restou.
Sem tempo para um Lamento
Fico com tempo para O Nada que
sobrou!

O Espaço precede o Tempo,
No tempo que não havia Espaço!
Sem tempo para um lamento
Fico com Espaço, E dele... nada faço!
(...) (Santos Silva)

Responda as duas questões abaixo

1. Os conceitos de tempo e espaço expressos nesses poemas são os mesmos que utilizamos na ciência, em especial na física? Explique

2. Como você define o conceito de tempo e o conceito de espaço? Explique

(Utilize o verso da folha para complementar qualquer uma das respostas se necessário)

QUESTIONARIO GERAL¹³⁵

1. Qual a sua área de atuação profissional?(Atual ou último emprego)

- a) Comércio
- b) Industrial
- c) Serviços
- d) Educação
- e) Outras a especificar: _____

2. Qual o seu cargo? _____

PRÁTICAS

*Nas questões a seguir, escolha **uma única afirmação** que, a seu ver, mais esteja relacionada com a sua prática de vida.*

3. Quanto a sua prática de leitura, pode-se afirmar:

- a) A minha leitura é sobre temas de ciências e divulgação científica
- b) A minha leitura é sobre temas de literatura clássica, história e de poesias
- c) A minha leitura é sobre temas de romances de amor, investigação policial, vida cotidiana e de auto-ajuda
- d) A minha leitura é a sobre os temas dos livros e manuais pedidos pela escola.
- e) Não tenho o hábito de ler livros frequentemente.

4. Quanto aos programas de televisão, em geral, aqueles que eu mais assisto são:

- a) Telejornal, noticiários esportivos.
- b) Filmes, programas de auditório, novelas e de publicidade
- c) Programas religiosos e familiares
- d) Documentários científicos e ficção científica
- e) Não assisto televisão com frequência

5. Pensando na internet, os sites que eu mais acesso são:

- a) E-mail, rede sociais, buscadores, wikipedia
- b) E-mail e sites de notícias do cotidiano e esportes
- c) Sites de universidades, artigos científicos e divulgação científica
- d) Pouco uso a internet, apenas acesso e-mail
- e) Não tenho acesso à internet

6. Nos finais de semana os locais que mais frequento são:

- a) Festas noturnas e restaurantes
- b) Teatros, museus, exposições e centros culturais
- c) Igrejas, visitas aos familiares e Shopping
- d) Cinemas e Shopping
- e) Fico em casa frequentemente

Utilize o espaço a seguir para observações sobre qualquer questão ou comentários gerais sobre a pesquisa (dúvidas, sugestões, críticas etc.):

(Pode-se utilizar o verso)

¹³⁵ Esse questionário foi utilizado na pesquisa M1 e M2

APÊNDICE D: DECLARAÇÃO PROF^a MARIA EDUARDA

DECLARAÇÃO

Maria Eduarda do Nascimento Vaz Moniz dos Santos, Mestre e doutora em Ciências da Educação pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, actualmente Professora e Conselheira Científica no Instituto Universitário Dom Afonso III (INUAF) e investigadora (membro efectivo) no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, declara que é co-orientadora de doutoramento de Paulo Henrique de Souza que está a fazer o seu doutoramento na Universidade de São Paulo (Brasil) subordinado ao tema “Tecidos no ensino da Física: o tempo e a cultura”. A partir de agora e durante seis meses este doutorando é bolseiro do Ministério de Educação do Brasil para fazer investigação num estágio de doutoramento em Portugal, sob minha orientação. Necessita, para o efeito, da colaboração de algumas escolas portuguesas. Compromete-se a compartilhar os resultados que vier a obter com as escolas colaborantes e a proceder de acordo com as normas dessas mesmas escolas. Nestes termos, e atendendo a que a vossa escola foi uma das escolhida pelo Paulo, solicito a vossa melhor colaboração académica para que lhe seja facilitado o acesso à escola e aos respectivos professores e alunos a fim de que possa obter os dados que pretende. Dados que certamente serão úteis à educação escolar.

Grata pela atenção, com os meus melhores cumprimentos

Lisboa, 2011-03-13

Maria Eduarda do Nascimento Vaz Moniz dos Santos

Cartão de cidadão 00548001

APÊNDICE E: ATIVIDADE DE SALA - APÓS QUALIFICAÇÃO

Nome:_____ **idade:**____ **Sexo:**_____

E-mail:_____ **Curso:**_____

ATIVIDADE 1

O CONCEITO DE TEMPO

Leia as palavras a seguir:

Percepção, Envelhecimento, Clima, Relógio, Ampulheta, Homogêneo, Abstrato, Absoluto, Variável, Relativo, Indeterminado, Fluxo, Matemático, Estatístico, Cíclico, Linear, Passado, Presente, Futuro

Escolha cinco palavras que na sua concepção se relacionam mais com ideia que você tem de tempo e as ordene pelo “grau” de concordância, ou seja, a maior concordância é a 1 e a menor concordância é a 5

Concordância 1: _____

Concordância 2: _____

Justifique a escolha da palavra para a concordância 1 e da palavra para concordância 5

This image shows a full page of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice or general writing. There are no margins, text, or other markings on the page.

O CONCEITO DE ESPAÇO

Leia as palavras a seguir:

Lugar, Vazio, Conforto, Régua, Escala, Trena, Universo, Homogêneo, Abstrato, Absoluto, Dimensão, Variável, Relativo, Indeterminado, Plano, Curvo, Geométrico, Matemático, Posição

Escolha cinco palavras que na sua concepção relacionam-se mais com a idéia de espaço e as ordene pelo “grau” de concordância, ou seja, a maior concordância é a 1 e a menor concordância é a 5

Concordância 1: _____

Concordância 2: _____

Justifique a escolha da palavra para a concordância 1 e para concordância 5

[illegible]

ATIVIDADE 2

Leia, a seguir, os dois poemas sobre o “**Tempo e Espaço**”

Tempo e espaço eu confundo,
E a linha de mundo é uma reta fechada.
Périplo, círculo, jornada...

O Espaço é mera questão de Tempo!
Do tempo que do Espaço restou.

O Espaço precede o Tempo,
No tempo que não havia Espaço!
Modelando o artista ao seu feitio. O tempo com
seu lápis impreciso, põe-lhe rugas ao redor da
boca, como contrapesos de um sorriso.

O relógio não mede. Trabalha no vazio: sua voz
desliza fora dos corpos.

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração

O espaço absoluto, em própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel

Os comentários anteriores forma escritos por poetas músicos e cientistas. Sendo assim, escreva um texto (dissertativo, poético ou narrativo) de 10 a 15 linhas que expresse a sua concepção sobre os conceitos de tempo e espaço. Os comentários anteriores podem ser inspiradores, porém procure apresentar a sua própria concepção.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

APÊNDICE F: SITUAÇÕES-PROBLEMA ILUSTRAÇÕES
CONCEITO DE TEMPO

APÊNDICE G: SITUAÇÕES-PROBLEMA- PROPOSIÇÕES DISSERTATIVAS.

SITUAÇÃO 1

Proponha duas ou três formas de se determinar o tempo de movimento de um corpo qualquer em uma distância definida. Por exemplo, um automóvel se movendo em uma estrada.

Proponha duas ou três formas de se determinar o espaço percorrido por um corpo qualquer em uma distância definida. Por exemplo, um automóvel se movendo em uma estrada.

SITUAÇÃO 2

Os corpos caem porque a Terra é o seu lugar natural. Como estão na terra a ela voltam

Os corpos caem porque existe uma força que age a distância e os atrai. Essa força é maior quanto maior for a massa e menor quanto mais distante estiver o corpo.

Os corpos caem porque o espaço-tempo é curvado pela presença de uma massa. Quanto maior a massa maior será a curvatura do espaço-tempo.

SITUAÇÃO 3

Suponha dois irmãos gêmeos que trabalhem em uma agência espacial. Um deles é engenheiro (E) e o outro é astronauta (A). O irmão A segue em uma missão a um planeta distante em uma nave espacial, com velocidade próxima a da luz. O irmão E fica monitorando a missão da Terra. Sendo assim, responda: É possível determinar o tempo e o espaço da missão? Proponha duas formas. O tempo de duração da missão é o mesmo para os dois irmãos? Comente

SITUAÇÃO 4

Observe o desenho a seguir:

É possível ver a estrela da Terra? Qual a trajetória dos seus raios? Comente.

SITUAÇÃO 5

SITUAÇÃO 6

SITUAÇÃO 7

SITUAÇÃO 8

SITUAÇÃO 9

Duas partículas idênticas em locais diferentes estão ligadas de tal forma que, quando você muda o estado de uma, a outra instantaneamente muda exatamente da mesma maneira não importando os quilômetros ou anos-luz de distância entre elas.

ANEXOS

ANEXO A: TABELA DETALHADA - IDADES

IDADE	1ºMED	2ºMED	3ºMED	PED.	MAT.	BIO	TOTAL
14	3						3
15	24	2					26
16	3	20	1				24
17		2	8				10
18		1				1	2
19					2	3	5
20					2	2	4
21				5		1	6
22				5	2	4	11
23				1	3		4
24				2	4		6
25				5	1	1	7
26				2	1		3
27				4			4
28				4	2		6
29				4		1	5
30				3			3
31					1		1
32					1		1
33				1	1		2
34				1			1
35				1			1
36				2			2
37				1			1
39				1			1
40					1		1
42				1	1		2
45				2			2
46				1			1
50					1		1
S/IDADE				4			4
TOTAL	30	25	9	50	23	13	150

ANEXO B: TABELA DETALHADA - PROFISSÕES

PROFISSÃO	MÉD.	MAT	PED	BIO	TOT	ÁREA
Estudante	64			2	120	Educação
Agente escolar		1	1			
Professor		13	16			
Atendimento			1	1		
Auxiliar de classe			3			
Recreacionista			1			
Estagiária de Educação ambiental				1		
Estagiaria de docência			11			
Estagiária de pesquisa				1		
Educadora de transito			1			
Pesquisador				1		
Coordenadora pedagógica			1			
Educadora social			1			
Caseiro		1			12	Serviços
Oficial de controle Animal		1				
Gerente			1			
Telemarketing			1			
costureira			1			
cabelereira			1			
Recepcionista				1		
secretaria				2		
Esteticista				1		
Auxiliar adm				1		
segurança			1		12	Comércio
Balconista		1				
Estagiário				1		
Atendente			2			
Eletricista de autos		1				
Analista		1				
Auxiliar de escritório			1			
Editora de eventos			1			
caixa			1			
Financeiro			1			
vendedora			1			
s/especificar			1			
Faturista		1			3	Industria
Ajudante geral		1				
Tecnico		1				
Oficial hospitalar		1			3	Saúde
agente comunitário			1	1		
TOTAL	64	23	50	13	150	

ANEXO C: PRÁTICA DE LEITURA

CURSO	ALUNO	LEITURA ATUAL	TIPO		OBS
			L	R	
MED	BU	Wiched	X		Leitura de sobre tecnologia
MED	BN	Retrato de Doria Gray	X		Leitura sobre romances
MED	MG	As brumas de Avalon	X		Leitura sobre ficção
MED	JC	Érago	x		Leitura de temas mitológicos
MED	JL	O senhor dos Anéis	X		Livros de Ficção
MED	YA	Material escolar			Leitura sobre mitologia
MED	JP	Material escolar			Leitura sobre astronomia
MED	MF	Material escolar			Revista e notícias sobre tecnologia
MED	RV	A imaginação	X		Leitura sobre filosofia e Quântica
PED	FC	Didática das Ciências	X		Educação Ambiental
PED	EC	Material escolar			Livros Religiosos
PED	CS	Gibis		X	Revistas de notícias
BIO	RC	Revista Cães e Companhia		X	Leitura em sites sobre animais
BIO	IB	Harry Potter/ Ciência Hoje	X	X	Leitura de divulgação científica
MAT	AP	Material escolar			Literatura Norte-americana
MAT	ED	Superinteressante		X	Revistas e divulgação científica
MAT	BA	As irmãs Makioka	X		Literatura oriental
MED	JR	Material escolar			Leituras obrigatórias
MED	ER	Ensaio sobre a Cegueira	X		
PED	LU	Formação social da mente	X		
PED	AM	Alfabetização emocional	X		
PED	AO	Material escolar			
PED	PR	Material escolar			
MAT	MA	Material escolar			
BIO	KM	Material escolar			

L- Livro

R- Revista

ANEXO D: PROGRAMAS DE TELEVISÃO

CURSO	ALUNO	TELEVISÃO
MÉD	BU	CSI - investigação policial
MÉD	MG	Novelas e Filmes
MÉD	JC	Filmes de investigação policial
MÉD	JL	Filmes de Ficção
MÉD	JR	Filmes de Ficção e Comédia
MÉD	ER	Programação esportiva
MÉD	MF	Programação esportiva e Jornal Nacional
PED	FC	Animal Planet, History Channel, Nat geo
PED	PR	Noticiário
PED	AM	Programação da TV cultura
BIO	RC	Documentários sobre animais
MÉD	BN	Não assistem
MÉD	JP	
MÉD	YA	
MÉD	RV	
PED	AO	
PED	EC	
PED	CS	
PED	LU	
BIO	KM	
BIO	IB	
MAT	AP	
MAT	MA	
MAT	BA	
MAT	ED	

ANEXO E: INTERNET E CELULAR

CURSO	ALUNO	UTILIZAÇÃO		DEP		OBS
		INTERNET	CELULAR	I	C	
MÉDIO	BU	Pesquisa/Lazer	Ligação	X		-
	BN	Redes sociais	Ligações/Pais	X		Internet é sedutora
	MG	Pesquisa	Ligações		X	-
	JC	Pesquisa/Redes Sociais	Ligações/Acesso	X		-
	JL	Pesquisa	Ligações	X		-
	YA	Pesquisa	Ligações	-	-	Não dependente
	JP	Pesquisa/Redes sociais	Ligações	X		Utiliza o Skype
	JR	Pesquisa/Lazer	Ligações		X	-
	ER	Pesquisa	Ligações/acesso		X	-
	MF	Lazer	Relógio	X		-
	RV	Pesquisa/Notícias	Ligações	X		Livro faz mais falta
PED	FC	Pesquisa	Ligações/Filhos		X	Localizar os filhos
	AO	Pesquisa/Notícias	Ligações/Acesso	X	X	Internet para Aulas
	PR	Pesquisa	Relógio			Internet com linha discada
	EC	Pesquisa	Ligações		X	-
	AM	Pesquisa	Ligações	X	X	-
	CS	Pesquisa	Ligações	-	-	Não dependente
	LU	Pesquisa/Redes Sociais	Ligações	X	X	-
BIO	KM	Pesquisa/lazer	Ligações	X	X	-
	RC	Pesquisa/Notícias	Ligações/Acesso	X	X	-
	IB	Pesquisa	Ligações		X	-
MAT	AP	Pesquisa/lazer	Ligações	X		-
	MA	Pesquisa	Ligações		X	Dificuldades no uso
	BA	Pesquisa/lazer	Ligações/Acesso	X	X	Internet é Fundamental
	ED	Pesquisa	Ligações		X	-

ANEXO F: ESCOLHA DE FIGURAS - TEMPO

CURSO	ALUNO	FIGURA 1	FIGURA 2	OBS
MED	BU	A	E	2º Entrevista
MED	BN	D	A	
MED	MG	E	A	
MED	JC	B	D	
MED	JL	E	A	
MED	YA	H	E	
MED	JP	H	D	
MED	JR	F	E	
MED	ER	A	E	
MED	MF	E	D	
MED	RV	H	I	
PED	FC	D	A	
PED	AO	A	B	
PED	PR	G	A	
PED	EC	E	A	
PED	AM	A	E	
PED	CS	A	E	
PED	LU	A	E	
BIO	KM	E	A	
BIO	RC	E	F	
BIO	IB	D	C	
MAT	AP	A	D	
MAT	MA	A	B	
MAT	BA	A	E	
MAT	ED	E	G	

ANEXO G: ESCOLHA DE FIGURAS - ESPAÇO

CURSO	ALUNO	FIGURA 1	FIGURA 2	OBS
MED	BU	C	B	
MED	BN	B	A	
MED	MG	B	C	
MED	JC	A	B	
MED	JL	B	C	
MED	YA	A	B	
MED	JP	B	F	
MED	JR	B	A	
MED	ER	A	C	
MED	MF	B	A	
MED	RV	F	C	
PED	FC	A	B	
PED	AO	A	B	
PED	PR	C	B	
PED	EC	B	A	
PED	AM	B	A	
PED	CS	B	A	
PED	LU	B	A	
BIO	KM	C	D	
BIO	RC	C	E	
BIO	IB	B	A	
MAT	AP	C	D	
MAT	MA	C	A	
MAT	BA	C	B	
MAT	ED	B	F	