



A Controvérsia entre Newton e Leibniz Sobre a Natureza do Espaço e Tempo no Ensino de Física: Uma Análise do Perfil dos Alunos

Ueslei Vieira dos Reis
CEFET
Brasil
uesleifisico@gmail.com

José Claudio de Oliveira Reis
CEFET/UERJ
Brasil
uesleifisico@gmail.com

ABSTRACT

Currently there is a convergence on the part of researchers in education that education should include different views of what science is, present the scientific research methodologies and discuss the nature of the scientific enterprise. In this perspective, several authors point out that the History and Philosophy of Science is a great way to discuss the Nature of Science in the classroom and present science as a process of human, fallible and questionable, whose idealization is based on socio-cultural conditions. An episode in the history of science that exemplifies this argument found in the controversy between Newton and Leibniz over the ontological nature of space and time, since his views were closely linked their conceptions of the nature and the very worldview. Based on these assumptions, this paper aims to present the results of a survey conducted with students from a public school in the state of Rio de Janeiro about the nature of the ontological nature of space and time. The main objective of this research was to reflect on the concepts presented by the students for the future is developed and applied learning activities that present controversy between Newton and Leibniz to high school students.

RESUMO

Atualmente existe uma convergência por parte dos pesquisadores em ensino de ciências de que o ensino deve incluir diferentes visões do que é ciência, apresentar as metodologias de investigação científica e problematizar a natureza do empreendimento científico. Nessa perspectiva, diversos autores apontam que a História e Filosofia da Ciência é um ótimo caminho para discutir a Natureza da Ciência em sala de aula e apresentar a ciência como um processo de construção humana, questionável e falível, cuja idealização se baseia em diversos contextos socioculturais. Um episódio na história da ciência que exemplifica bem esse argumento encontrasse na controvérsia entre Newton e Leibniz sobre da natureza ontológica do espaço e tempo, já que suas visões estavam intimamente ligadas as suas concepções sobre a natureza e a própria visão de mundo. Partindo dessas premissas, o presente trabalho pretende apresentar os resultados de uma pesquisa realizada com alunos de uma escola pública do estado do Rio de Janeiro acerca da natureza da natureza ontológica do espaço e tempo. O objetivo principal dessa pesquisa foi refletir acerca das concepções apresentadas pelos alunos para que futuramente seja desenvolvido e aplicado



atividades pedagógicas que apresentem a controvérsia entre Newton e Leibniz à alunos do Ensino Médio.

Palabras claves: Espacio, Tiempo, Naturaleza de la Ciencia, Historia y Filosofía de la Ciencia.

Palavras chaves: Espaço, Tempo, Natureza da Ciência, História e Filosofia da Ciência.

Keywords : Space , Time, Nature of Science , History and Philosophy of Science .

INTRODUÇÃO

Atualmente, diversos pesquisadores em ensino de ciências tem defendido que o ensino de ciências deve incluir elementos relativos a Natureza da Ciência (MCCOMAS, 2005). Ou seja, é preciso que as aulas permitam a discussão das diferentes visões do que é ciência, as diversas metodologias de investigação científica, as questões epistemológicas, suas relações com a sociedade e, por fim, a construção do empreendimento científico. Refletindo sobre tais pressupostos, existem autores que apontam a História e Filosofia da Ciência como um ótimo caminho para discutir a natureza do empreendimento científico em sala de aula e apresentar a ciência como um processo de construção humana, questionável e falível, cuja idealização se baseia em diversos contextos socioculturais (BRAGA & GUERRA, 2012).

Diante dessas perspectivas, apresentamos um episódio na história da ciência que pode ser utilizada em sala de aula para problematizar algumas questões referentes a epistemologia e filosofia da ciência. Tal episódio se refere a controvérsia entre Isaac Newton (1642-1727) e Gottfried W. Leibniz (1646-1716) acerca da natureza do espaço e tempo. O primeiro, defendia que o espaço e tempo eram absolutos, enquanto que o segundo defendia que o espaço e o tempo eram entidades puramente relativas. Partindo dessas linhas de pensamento, o presente trabalho pretende apresentar os resultados de uma pesquisa realizada com alunos de uma escola pública do estado do Rio de Janeiro sobre a natureza do espaço e tempo. O objetivo principal dessa pesquisa, que faz parte de um trabalho maior, é realizar uma reflexão acerca das concepções apresentadas pelos alunos no que diz respeito a realidade ontológica do espaço e tempo e com isso obter alguns subsídios para o futuro desenvolvimento e aplicação de atividades pedagógicas que apresentem a controvérsia entre Newton e Leibniz a alunos do Ensino Médio.



A NATUREZA DA CIÊNCIA E A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

O Termo Natureza da Ciência (*Nature of Science*) não é recente. Na década de 1980 ele foi utilizado em um dos capítulos do projeto 2061 dos Estados Unidos. Este documento, editado em 1986, o mesmo ano da passagem do cometa Halley, visava orientar possíveis caminhos para a alfabetização científica de todos os americanos até a próxima passagem do cometa no ano 2061. Para isso, indicava o ensino de Natureza da Ciência como um desses caminhos (BRAGA, GUERRA, & REIS, 2012). O documento editado pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS) trazia em seu primeiro capítulo diversas discussões sobre a Natureza da Ciência e centrava-se em três temas principais: As diferentes visões de ciência; as metodologias de investigação científica e, por último; a natureza do empreendimento científico (AAAS, 1990).

A partir da publicação do documento proposto pelo projeto 2061, o tema Natureza da Ciência acabou ganhando destaque nas diversas discussões sobre Ensino de Ciências, primeiramente nos Estados Unidos e mais tarde em todo mundo. Atualmente, é um dos temas mais importantes da pesquisa em Ensino de Ciências, chegando a constituir quase como uma nova área de investigação (BRAGA, GUERRA, & REIS, 2012). Além disso, é quase consensual a importância de discutir seus aspectos nas aulas de ciência. Mas afinal, o que é a Natureza da Ciência? De acordo com McCommas (2005), a Natureza da Ciência se trata de uma combinação de diversos elementos sociais da ciência - incluindo a história, a sociologia e a filosofia - com a pesquisa das ciências cognitivas, tais como a psicologia, em uma rica descrição do que é ciência, como ela funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade se relaciona com os esforços científicos.

Diante de tal discussão, diversos pesquisadores de ensino de Ciências defendem o uso da História e Filosofia da Ciência como um ótimo caminho para discutir o processo de construção do conhecimento científico, já que além de funcionar com um *plano de fundo* para ensinar as leis e teorias científicas, possibilita discussões sobre o desenvolvimento científico e a Natureza da Ciência. Os próprios parâmetros curriculares nacionais (BRASIL, 2000) apontam a importância de se falar da história da ciência nas aulas. Thais Forato (et al 2011) destaca ainda, que dentre as diversas abordagens possíveis da Ciência, a história e a filosofia da ciência na educação científica vem sendo recomendada como um ótimo recurso para uma formação de qualidade, principalmente quando está se visando o processo de ensino/aprendizagem de aspectos referentes a construção da ciência já que, segundo a pesquisadora, qualquer narrativa científica possui uma visão de ciência e dos processos de sua construção (FORATO, PIETROCOLA, & MARTINS, 2011). O uso da HFC no ensino pode contribuir para apresentar a ciência como uma construção humana, questionável e falível, cujo desenvolvimento se baseia em diversos contextos socioculturais (McCOMAS, 2008; FORATO, PIETROCOLA, & MARTINS, 2011). Um desses



momentos é percebido na controvérsia entre Newton e Leibniz sobre a natureza ontológica do espaço e tempo.

O ESPAÇO E TEMPO DE NEWTON E LEIBNIZ

Não é de hoje que os conceitos de espaço e tempo estão presentes no cotidiano e no imaginário das pessoas, seja através das representações artísticas, das construções filosóficas ou até mesmo nas relações métricas de distâncias ou duração de algum evento. De acordo com o senso comum, o tempo costuma ser compreendido como uma relação entre passado, presente e futuro, pertencente a uma ordem cronológica, possuindo uma lógico causal de um tempo que simplesmente se sucede (AMARAL, 2003), já o espaço normalmente é compreendido como um lugar, como uma posição, ou ainda como aquilo que é medido por algum tipo de régua (SOUZA, ZANETIC, & SANTOS, 2011).

Em relação a Física – ou Filosofia Natural - tais conceitos são apresentados com diversas características diferentes ao longo da história (MARTINS & ZANETIC, 2002; JAMMER, 2010). Em vários momentos, a busca pelo significado desses conceitos foi permeada por muitas controvérsias, sendo marcada principalmente através de duas teorias diametralmente opostas: alguns, como no caso de Isaac Newton, defendiam que o tempo e o espaço são dados objetivos do mundo, e que não se distinguem dos demais objetos da natureza, exceto pelo fato de não serem perceptíveis. Já outros, defendiam que o tempo e o espaço são formas a priori de sensibilidade, ou como defendido por Kant, uma representação que se assenta numa particularidade da consciência humana. Ou seja, são formas inatas de experiências, sendo assim, são dados não modificáveis da natureza humana (ELIAS, 1998). Gottfried Leibniz, tinha certa inclinação a esse lado, já que dizia que o espaço e o tempo servem como um sistema de referências para lidar com as coisas “*sem entrar em seu modo de existir*”.

A CONCEPÇÃO NEWTONIANA PARA O ESPAÇO E TEMPO

Ao construir sua doutrina sobre o espaço e o tempo, Newton manteve uma dualidade em relação a tais conceitos. No escólio de seu livro “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*” (1687), ele esclarece que deixaria de definir o tempo, o espaço, o lugar e o movimento por serem categorias “*conhecidíssimas por todos*”, mas que apesar disso, não conseguem conceber “*essas quantidades senão pela relação com as coisas sensíveis*”. Por isto, convém “*distinguir as mesmas entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e vulgares*”. Nessa mesma parte do livro, Newton define o tempo absoluto, verdadeiro e matemático, como algo que “*flui*” de forma “*sempre igual, por si mesmo e por sua natureza, sem possuir qualquer relação com qualquer coisa externa*”. Esse tempo, podendo também ser chamado de “*duração*”, trata-se, assim, de um fluxo eterno e uniforme do tempo. O tempo relativo,



aparente e vulgar, “*é certa medida sensível e externa de duração por meio do movimento (seja exata, seja desigual), a qual vulgarmente se usa em vez do tempo verdadeiro, como são a hora, o dia, o mês, o ano*” (NEWTON, 2002).

O que Newton quis dizer quando estava se referindo ao tempo absoluto é que todas as regiões do espaço seriam englobadas pelo mesmo instante, sendo assim, o tempo não se condensa nem se distende, não acelera e nem freia (OLIVEIRA, 2003). Como ressalta André F. Martins (2004), o tempo absoluto de Newton “flui” por “direito próprio” desvinculado de qualquer outra coisa, enquanto que o tempo relativo é uma medida do primeiro. Newton atribuiu uma realidade ontológica ao tempo absoluto (a qual ele chama de duração), uma realidade que independe dos corpos. Sendo assim, quaisquer dois observadores devem concordar quanto à duração que separa a ocorrência de dois eventos. Em relação ao espaço, Newton defende que o espaço absoluto seria definido “*por sua natureza, sem ter nenhuma relação com algo externo, permanecendo sempre semelhante e imóvel*”, já o espaço relativo trata-se de uma “*certa medida ou dimensão móvel desse espaço, a qual nossos sentidos definem por sua situação relativamente aos corpos*” (NEWTON, 1990, p.7). Assim, o espaço absoluto, em sua imobilidade, seria a condição para um espaço relativo, o qual não constitui nada além de uma parte daquele. Para Newton, o espaço teria uma existência independente do universo material que existe relativamente no seu interior. Além disso, ele defendia que o lugar seria uma parte do espaço que um corpo ocupa e, com relação ao espaço, também poderia ser absoluto ou relativo.

A CONCEPÇÃO LEIBNIZIANA PARA O ESPAÇO E TEMPO

Não há dúvida de que a ciência desenvolvida por Newton foi de grande importância para a sociedade moderna. Além de ter desenvolvido um estilo de pensamento que guiou diversos cientistas por mais de 200 anos, sua ciência serviu de inspiração para diversos setores da sociedade. No entanto, mesmo com seu enorme prestígio em sua vida adulta, surgiram algumas críticas as suas concepções de tempo e espaço. A crítica que mais se destacou veio através de Gottfried W. Leibniz. Em 1715, Leibniz escreveu uma carta direcionada a Princesa de Gales em 1715 com diversas críticas ao posicionamento de Newton em relação ao conceito de espaço e tempo. Convém aqui destacar que as críticas foram motivadas mais por questões religiosas e metafísicas do que científicas, mas nesse trabalho essa discussão será deixada de lado. Ao ficar sabendo das críticas, Samuel Clarke (1675-1729), filósofo e defensor de Newton, imediatamente respondeu as acusações. Isso deu início a uma série de correspondências na qual discutiram diversos temas, incluindo os conceitos de espaço e tempo. Não se pode esquecer que já existia uma certa rivalidade entre os dois filósofos, principalmente devido ao fato de Newton já ter acusado Leibniz de plágio por seu trabalho em relação ao cálculo diferencial. Talvez tenha sido esse o motivo de Newton não ter respondido as cartas de Leibniz.



Leibniz defendia que o espaço e tempo não poderiam ser entidades absolutas. Segundo ele, o espaço seria algo puramente relativo, assim como o tempo. Ele defendia que o espaço servia apenas para ordenar a coexistência dos corpos e o tempo, por sua vez, ordenaria as sucessões. Ou seja, tais categorias não existem de fato, enquanto o espaço ordena as coisas que existem ao mesmo tempo o tempo ordena a sucessão dos acontecimentos (BENTES, 2010). Em sua defesa, Leibniz diz que o tempo e o espaço são coisas idealizadas, constituídas a partir das relações, porém, isso não impede que eles sejam dotados de “*quantidade*”. Em suas críticas aos conceitos newtonianos, Leibniz usa o argumento da indiscernibilidade dos objetos. Segundo ele, se duas coisas são idênticas em tudo, então elas são uma mesma coisa. Como o espaço absoluto é idêntico em todos os lugares e o tempo absoluto é idêntico em todos os instantes, quaisquer dois lugares são na verdade um único e mesmo espaço, assim como quais dois instantes são um único e mesmo tempo, isso por si só já mostra a impossibilidade de existir um tempo e espaço ontologicamente anterior aos objetos (MARTINS & ZANETIC, Tempo: esse velho estranho conhecido, 2002).

Como visto, há uma grande discordância entre os pensamento de Newton e Leibniz acerca do espaço e tempo. Essa divergência de opiniões reflete ainda a visão de natureza e de mundo que os dois possuíam. Vale ressaltar que com o passar do tempo a visão newtoniana de tempo e espaço absolutos acabou sobressaindo. Aos poucos, as questões filosóficas acabaram sendo deixadas de lado pelos físicos dos séculos seguintes e apenas o caráter matemático das leis de Newton foram mantidas. Apesar de haver algumas discussões ao longo dos séculos XVIII e XIX, devido a termodinâmica (em relação aos processos irreversíveis) e ao desenvolvimento da geometria não euclidiana, somente no início do século XX que a questão entre o tempo ser ou não absoluto é retomada com a relatividade de Einstein.

A CONTROVÉRSIA ACERCA DOS CONCEITOS DE ESPAÇO E TEMPO NO ENSINO DE FÍSICA

Entrando em sintonia com a literatura atual sobre o Ensino de Ciências, que recomenda a inserção de temas históricos para discutir o processo de produção do conhecimento científico, este trabalho aponta a discussão dos conceitos de espaço e tempo e o contexto na qual eles estão inseridos. A escolha desse tema se deve ao fato de que, apesar de existir uma gama enorme de publicações sobre esses conceitos, eles quase nunca são discutidos nas aulas de Ciência, mais especificamente, nas aulas de Física (MARTINS A. F., Tempo Físico: a construção de um conceito, 2007). Além disso, no modelo atual e mais difundido de ensino de Física, os conceitos de espaço e tempo são apresentados apenas como parâmetros matemáticos para a resolução de problemas. As concepções



apresentadas nas aulas de Física se resumem a quatro características, que foram relacionadas na tabela abaixo:

Espaço e tempo apresentados nas aulas de Física

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Instante de Tempo | Momento em que ocorre um evento. |
| Intervalo de Tempo | Duração da ocorrência de um evento. |
| Posição de um corpo no espaço | Lugar ocupado por um corpo. |
| Deslocamento de um corpo no espaço | Distância percorrida por um corpo. |

Além dessas características, em algumas situações existe a apresentação das seguintes definições: O espaço sendo uma região **onde** os eventos (as coisas) acontecem; e o tempo, indicando **quando** os eventos (as coisas) acontecem. Normalmente, essas definições são apresentadas apenas nas aulas iniciais do estudo da Cinemática. Em raros momentos elas voltam a ser citadas, mesmo ao longo do estudo das leis de Newton. No entanto, como visto em diversos momentos históricos, os conceitos de espaço e tempo apresentam diversas características, sendo inclusive motivadores de algumas controvérsias devido a opiniões divergentes acerca de suas conceituações, assim como ocorreu na controvérsia entre Newton e Leibniz discutida na seção anterior.

Com o objetivo de desenvolver práticas pedagógicas que permitam a discussão dos conceitos de espaço e tempo presente na Física desenvolvida por Newton, de mostrar que a ciência é uma construção humana, questionável e falível, cujo desenvolvimento se baseia em contextos socioculturais, que não existe apenas uma única explicação para um mesmo fenômeno, e que, dois ou mais cientistas podem discordar das concepções teóricas atribuídas a algum conceito, este trabalho realizou uma pesquisa com alunos do ensino médio de uma escola pública, sobre o que o que eles compreendiam acerca da realidade ontológico dos conceitos de espaço e tempo.

QUESTIONÁRIO APLICADO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

Questionário Aplicado e Metodologia de Análise

Este trabalho utilizou um questionário com perguntas abertas a fim de conhecer as concepções dos alunos sobre os conceitos de espaço e tempo e algumas características da Natureza da Ciência. O questionário realizado contou com 8 questões sobre os conceitos de espaço e tempo, além de 2 questões relativas a NdC. O questionário foi aplicado em 2 turmas da 1ª série do ensino médio do turno da manhã de um colégio da rede estadual localizado no município de Magé, na baixada fluminense. Cada turma possuía, em média,



35 alunos, totalizado 71 questionários avaliados. A faixa etária dos alunos era de 14 anos de idade. Visando também testar o próprio questionário, as turmas que responderam as questões estavam no 4º bimestre e já havia passado por algumas atividades em que, de forma indireta, tais conceitos foram discutidos.

Os questionários foram analisados utilizando a análise de conteúdo, que segundo Berelson, trata-se de “*uma técnica de investigação para a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação*” (BERELSON, 1952). Os dados foram tratados e analisados de acordo com a metodologia apresentada por Roque Moraes (1999), utilizando as seguintes etapas: 1-Preparação das informações; 2-Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3-Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4-Descrição; 5-Interpretação. No entanto, devido aos limites deste trabalho e por fazer parte de uma pesquisa maior, apresentaremos apenas uma questão do questionário: - De acordo com as discussões realizadas ao longo do ano, para você, o tempo e o espaço são absolutos ou relativos, defenda sua resposta?

De um total de 71 questionários avaliados, houve 49 respostas defendendo que o espaço e o tempo eram entidades absolutas e 33 caracterizando-os como entidades relativas. A diferença do total de atribuições e o número de questionários avaliados se deve ao fato de que em alguns questionários houve respostas diferenciadas para o tempo e para o espaço, dizendo que um deles era absoluto e o outro relativo, por exemplo. Para não fazer uma simples estatística, foi decidido realizar uma categorização das respostas apresentadas pelos alunos, seguindo a proposta de análise de conteúdo apresentada na seção anterior.

A categorização foi dividida em duas tabelas, sendo que uma apresenta categorias condizentes aos conceitos como entidades absolutas e a outra como entidades relativas.

Análise de Resultado e Comentários

Nesta seção discutiremos alguns dos resultados obtidos no questionário, principalmente no que diz respeito as duas concepções diametralmente opostas: de um lado, tendo o tempo e o espaço como entidades absolutas e de outro, como entidades relativas.

Tabela 1: Tempo e Espaço são entidades absolutas

| A | B | C | D | E | F |
|----|----|----|---|---|---|
| 11 | 10 | 13 | 6 | 6 | 3 |

Categoria A: Os alunos apenas falaram que o tempo era uma entidade absoluta, sem fazer nenhuma discussão adicional.



Categoría B: Os alunos falaram que o espaço é absoluto, mas não realizaram nenhum discussão adicional.

Categoría C: Apresentaram respostas dizendo que o espaço e o tempo são absolutos, pois não dependem do ponto de vista do observador. Ou seja, se diversos observadores decidirem medir o tempo ou o espaço, todos encontrarão valores iguais, independente do que estiverem usando para medir ou como esteja o seu estado de movimento.

Categoría D: Falaram que o tempo e o espaço são absolutas pois não podem mudar, nem com o passar do tempo (cronológico) e nem com a presença de um corpo ou ser. Ou seja, a presença de um corpo não altera o espaço e o tempo ao redor desse corpo.

Categoría E: Defenderam que o espaço e o tempo são absolutos pois não dependem da existência de um ser ou alguém para medi-los ou observa-los. Sendo assim, eles – o tempo e o espaço – continuarão existindo, mesmo se todas as pessoas do mundo, os planetas ou todos os corpos do universo deixassem de existir.

Categoría F: Apresentam outras respostas que não se enquadram nas categorias anteriores, tais como: “O espaço e o tempo são absolutos, pois não tem fim” ou apenas “que o espaço é um região que pode ser ocupada por um corpo, logo existe antes do corpo”.

Tabela 2: Tempo e Espaço são entidades relativas

| A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|----|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 10 | 3 | 6 | 3 | 4 |

Categoría A: Responderam apenas dizendo que o tempo é uma entidade relativa, sem fazer nenhuma discussão adicional.

Categoría B: Responderam dizendo que o espaço é relativo, mas não realizaram nenhum discussão a mais.

Categoría C: Defenderam que o espaço e o tempo são relativos, pois suas definições se alteram como tempo (cronológico). Sendo assim, a própria mudança de suas conceituações já fazem eles serem relativos.

Categoría D: Falaram que o tempo e o espaço são relativos, pois dependem de alguém ou algum ser capaz de para medi-los. Essa medida não precisa ser realizada necessariamente por uma régua ou relógio no sentido convencional, mas que a própria ideia de tempo e espaço é algo que depende da percepção de alguém que os meçam.

Categoría E: Defenderam que o espaço é relativo, pois depende do ponto de vista dos observadores, já que o mesmo evento poderá ser medido de forma diferente dependendo do estado de movimento do observador. Sendo assim, o tempo o espaço seriam relativos ao ponto de vista de cada um dos observadores.

Categoría F: Apresentaram respostas dizendo que o tempo e o espaço são relativos pois podem sofrer algum tipo de mudança com a presença ou interferência de alguém. Que um



corpo poderia alterar o espaço e o tempo seu redor. Logo, mesmo que o tempo e o espaço exista sem a presença de um ser, ele é relativo a esse ser, pois se altera com a presença dele.

Além das respostas acima categorizadas, houve outras respostas que não se enquadram na categorização: 3 alunos falaram que para classificar o tempo e o espaço entre relativo e absoluto é preciso saber em qual momento histórico estamos nos referindo, pois eles possuem significados diferentes (exemplo, Newton e Einstein); 4 alunos deram apenas a definição do que é absoluto e o que é relativo, mas não responderam a questão; 2 questionários foram deixados em branco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando questionados sobre a natureza ontológica do espaço e tempo, os alunos ficaram divididos entre as duas concepções diametralmente antagônicas. No entanto, ao aprofundar a análise, eles apresentam respostas bem diferenciadas. A categorização dessas respostas possibilita o desenvolvimento de práticas pedagógicas que permita a discussão dos conceitos de espaço e tempo e sua natureza ontológica. Além disso, a partir da inclinação conceitual dos alunos, existe a possibilidade de apresentar as concepções apresentadas por Newton e Leibniz. Tais concepções possibilitarão o desenvolvimento de atividades que permitam a discussão da realidade ontológica das categorias apresentadas. A não existência de sistemas de medidas faria com que o espaço e o tempo deixassem de existir? A não existência de observadores afetaria a existência do espaço e tempo? Caso o tempo e o espaço sejam realmente existentes *a priori*, um corpo ou objeto pode alterar sua estrutura? Essas perguntas são algumas das que podem ser utilizadas na realização de atividades que discuta tais conceitos.

A apresentação desse momento histórico ainda permite apresentar as leis de Newton de uma forma mais ampla, permitindo que seja realizado uma série de discussões sobre quais foram as bases na qual ele construiu sua Física e quais foram as consequências delas para a Ciência. Além disso, a controvérsia entre Newton e Leibniz pode servir de plano de fundo para apresentar os limites das leis de Newton, já que elas só se aplicam a referenciais inerciais. A controvérsia sobre a natureza ontológica do espaço e tempo possibilita ainda a problematização da Ciência e apresenta-la como um processo histórico e social, desenvolvida por homens, que se trata de algo questionável e falível, que não existe apenas uma única explicação para um mesmo fenômeno. Isso pode permitir que os estudantes desenvolvam concepções mais informadas e mais críticas sobre a Natureza da Ciência.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS. (1990). American Association for the Advanced of Science. Science for All Americans. *Project 2061*.



- AMARAL, M. T. (2003). Sobre tempo: considerações intempestivas. Em M. Doctors, *Tempo dos Tempos* (1ª ed., pp. 15-33). Rio de Janeiro: Jorge ZAHAR.
- BENTES, A. L. (2010). Espaço e Tempo em Leibniz: Um estudo a partir da correspondência com Clarke. *Análogos*.
- BERELSON, B. (1952). *Content analysis in communication research*. Glencoe: The Free Press.
- BRAGA, M., GUERRA, A., & REIS, J. C. (2012). Física Experimental numa Perspectiva Histórico-filosófica. (L. O. Peduzzi, A. F. Martins, & J. M. Ferreira, Eds.) *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, 1(1), 211-228.
- BRAGA, M., & GUERRA, A. (2012). The Name of the Rose: A Path to Discuss the Birth of Modern Science. *Science & Education*, pp. 1-13.
- BRASIL. (2000). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ministério da Educação. . Brasília: MEC; SETEC.
- ELIAS, N. (1998). *Sobre o tempo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- FORATO, T. C., PIETROCOLA, M., & MARTINS, R. d. (2011). Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28, 27-59.
- JAMMER, M. (2010). *Conceito de espaço: a história das teorias do espaço na física*. (1ª ed.). (T. p. Ribeiro, Trad.) Rio de Janeiro: Contraponto: PUC-Rio.
- MARTINS, A. F. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24, 112-131.
- MARTINS, A. F. (2007). *Tempo Físico: a construção de um conceito* (1ª ed.). Natal, RN: UFRJ.
- MARTINS, A. F., & ZANETIC, J. (2002). Tempo: esse velho estranho conhecido. *Ciência e Cultura*, 54, pp. 41-44.
- MCCOMAS, W. F. (Abril de 2005). Seeking NOS standards: what content consensus exists in popular books on the nature of science? *Paper presented at the annual conference of the national association of research in science teaching*.
- MCCOMAS, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. . *Science & Education*, 17, 249-263.
- MORAES, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, , 22(37), 7-32.



NEWTON, I. (2002). *Principia - Principios Matemáticos de Filosofía Natural* (1ª ed.). São Paulo: Edusp.

OLIVEIRA, L. A. (2003). Imagens do Tempo. Em M. Doctors, *Tempo dos Tempos* (1ª ed., Vol. 1, pp. 33-68). Rio de Janeiro: Jorge Zahar.

SOUZA, P. H., ZANETIC, J., & SANTOS, M. E. (2011). O Conceito de Espaço no Ensino de Física: Construindo Categorias de análise a luz da epistemologia de Bachelard. *VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.