



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Uma estratégia para introduzir conceitos de física no Ensino Fundamental: o uso dos paradigmas kuhnianos***A strategy to introduce concepts of physics in Elementary School: the use of Kuhnian paradigms***Jênifer Andrade de Matos¹, Neusa Teresinha Massoni²**RESUMO**

Este texto narra a aplicação de uma estratégia didática para introduzir conceitos de Física a estudantes do Ensino Fundamental, buscando gerar uma experiência positiva nos alunos e possibilitar que estes construam uma visão de ciência alinhada a visões epistemológicas contemporâneas. A sequência didática abordou, a partir da epistemologia de Thomas Kuhn, o tema da queda dos corpos sob três diferentes paradigmas: o paradigma de Aristóteles, do lugar natural; o de Newton, da Gravitação Universal; e o de Einstein, da Teoria da Relatividade Geral. Os resultados de sucessivas aplicações têm sido promissores, pois os estudantes engajam-se, parecem compreender que as diferentes formas de explicar um mesmo fenômeno que nos é cotidiano mudam com o tempo e, com isso, passam a ver a ciência como algo passível de rupturas, de crises e de reinvenções na busca de novas bases capazes de sustentar as novas explicações.

Palavras-chave: Queda de corpos; paradigmas científicos; Thomas Kuhn, Ensino Fundamental.

ABSTRACT

This text describes the application of a didactic strategy to introduce concepts of Physics to students of Elementary School. This didactic strategy seeks to generate a positive experience in students and enable them to build a vision of science aligned with contemporary epistemological theories. Based on the epistemology of Thomas Kuhn, the didactic sequence approaches the subject of the fall of the bodies under three different paradigms: Aristotle's paradigm, of the natural place; Newton's law of the Universal Gravitation and Einstein's theory of General Relativity. The results of successive applications have been promising since students engage in themselves in the classes and they seem to understand that the different ways of explaining the same phenomenon changes with time. As a result, students begin to see science as something that can be ruptured, full of crises and reinventions in the search for new bases capable of sustaining the new explanations.

Keywords: *Fall of the bodies; scientific paradigms; Thomas Kuhn; Elementary school.*

1. INTRODUÇÃO

Quando um professor é encarregado de dar aulas de Física no Ensino Fundamental, geralmente enfrenta dois grandes desafios, o primeiro é o de buscar introduzir de forma significativa e através de uma experiência positiva uma das disciplinas mais temidas entre os estudantes; o segundo é,

¹ Colégio João Paulo I – Higienópolis, Porto Alegre/RS, Brasil. E-mail: jeniferam2@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre/RS, Brasil. E-mail: neusa.massoni@ufrgs.br



em muitos casos, superar sua própria insegurança em função de que a maioria dos professores desse nível de ensino não possui formação na área da Física. De que forma é possível mostrar aos discentes conceitos físicos de uma forma motivadora e, ao mesmo tempo, capaz de fazê-los perceber que a Física é uma construção humana? Como introduzir termos de Física e, ao mesmo tempo, abordar tópicos sobre a Física? A partir destes questionamentos, foi elaborada e aplicada uma dinâmica no âmbito de um projeto que se tornou uma Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física e que aliou História e Filosofia da Ciência (HFC) com o ensino de queda dos corpos no Ensino Fundamental.

Muitos pesquisadores da área incentivam o uso de História e Filosofia da Ciência no ensino de Física. De acordo com Martins e Porto (2018), o último ano do Ensino Fundamental é um momento para incitarmos a construção de novos sentidos aos conceitos prévios dos estudantes. Dessa forma, elaboraram uma proposta para trabalhar a História da Luz no Ensino Fundamental com o objetivo de facilitar o entendimento do conceito por parte dos alunos, além de permitir uma visão mais crítica sobre a Ciência.

Para Matthews (1995) é interessante aliar a história e a filosofia com as idealizações científicas, afim de mostrar uma ciência mais humana àqueles que estão tendo os primeiros contatos com ela. Em uma linha que diverge da chamada visão consensual sobre a natureza da ciência, mas com a mesma preocupação de mostrar uma ciência mais humana, Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2018) propuseram e aplicaram um jogo didático a alunos do Ensino Médio em que foi abordado o erro por parte de um cientista renomado, permitindo que os estudantes percebessem que cientistas também se enganam e que o erro também é parte importante para aprendizagem e para o desenvolvimento da ciência.

Briccia e Carvalho (2011) utilizaram um texto que mostra que um cientista do século XVIII possuía dúvidas a respeito da ideia então vigente de calor. Realizaram atividades diferenciadas para que os aprendizes percebessem a ciência como uma atividade tipicamente humana, admitindo também que o conhecimento científico é provisório. Atividades assim permitem que os alunos desenvolvam uma postura mais crítica e próxima da maneira como se dá o desenvolvimento da Ciência.

Reis e Reis (2016) desenvolveram uma sequência didática em uma turma de Ensino Médio para mostrar que os conceitos das Ciências não estão prontos e acabados. As atividades tinham o objetivo de problematizar como foram desenvolvidos, ao longo da história, os conceitos de espaço e tempo, facilitando a percepção de que a ciência está em constante transformação. Outro trabalho que oportunizou aos alunos terem uma visão mais ampla sobre o "fazer ciência" foi o de Silva e Moraes (2015), que discutiu conceitos de espectroscopia aliados a uma abordagem da História e Filosofia da Ciência. Além de complementar o estudo de modelo atômico geralmente abordado nas aulas de Química no Ensino Médio, tal abordagem possibilita motivar os alunos e aumentar sua participação durante as discussões dos temas trabalhados.

Guttmann e Braga (2015) também relatam uma experiência no Ensino Médio em que os alunos foram confrontados com duas diferentes teorias que explicam a origem do universo. Na atividade, a turma foi dividida em dois grupos para a realização de um debate. Esta atividade possibilitou que os estudantes pensassem a respeito da natureza da ciência, além de propiciar participação e engajamento nas aulas.



A partir de abordagens relacionadas com História e Filosofia da Ciência, também é possível transformar e tentar reduzir a influência da visão de ciência empírico-indutivista. (ARTHURY; TERRAZZAN, 2018), que ainda é muito comum nas salas de aula da Educação Básica. Nesse trabalho, os autores abordaram as teorias da gravitação (visão grega, newtoniana e de Einstein) relacionando o desenvolvimento histórico com a epistemologia de Lakatos. A unidade didática proposta fez uso de textos de apoio, discussões e questionários e foi dirigida a estudantes do Ensino Médio. O material elaborado permitiu que os alunos refletissem sobre a história e o processo de desenvolvimento científico e os resultados mostram que os educandos captaram de forma significativa a visão de ciência de Lakatos. Drummond *et al.* (2015) também propuseram a utilização de textos que abordam a história de como a ideia de gravidade teve mudanças ao longo dos anos, mostrando os modelos geocêntrico e heliocêntrico.

Estes dois últimos trabalhos guardam similaridade com a estratégia que é narrada neste artigo, isto é, uso de HFC para explicar aspectos relacionados à gravitação, mas a abordagem aqui descrita é mais específica porque o foco está na queda dos corpos, o referencial epistemológico é o de Kuhn e o público alvo são alunos do ensino fundamental.

Com respeito à formação docente, Peduzzi, Tenfen e Cordeiro (2012) elaboraram um material sobre HFC para alunos do curso de Física com uso de animações e textos, trabalhando a evolução dos conceitos da mecânica e dos modelos atômicos, além de abordar a relatividade, tudo de acordo com uma visão epistemológica contemporânea, possibilitando, dessa forma, que o futuro professor construa uma visão mais atenta à HFC.

Outra possibilidade é analisar a história de uma teoria científica, verificando que muitas “descobertas” atribuídas a apenas uma pessoa, na verdade, tiveram a colaboração de outros estudiosos como defendem Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2017). No trabalho, relatam a história de como se desenvolveu a Lei de Hubble e mostram o papel que outros cientistas desempenharam em tal descoberta. Defendem que este tipo de reflexão é importante tanto para a formação de professores quanto em aulas da Educação Básica preocupadas com a formação crítica.

Percebe-se, nesta breve revisão, o quanto o uso de HFC é incentivado no ensino de Física como forma de os estudantes construírem uma visão mais crítica sobre a natureza da Ciência. O uso da HFC vem sendo defendido na literatura e também em documentos oficiais como, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares (5ª a 8ª séries) (BRASIL, 1998, p.21), que orientam um ensino das Ciências Naturais que reforce “a percepção da Ciência como construção humana, e não como verdade natural”; os PCN+ que apontam a importância de que o aluno possa “compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismos ou certezas definitivas.” (BRASIL, 2002, p.67).

Embora haja um esforço que, como dito, remonta há décadas na literatura, é importante ressaltar que existem trabalhos que mostram que as abordagens epistemológicas ainda não têm conseguido chegar à sala de aula do Ensino Básico de forma explícita e eficaz no sentido de gerar reflexão e pensamento crítico nos aprendizes sobre a natureza e o papel da ciência em nossa sociedade (MASSONI, 2010; MASSONI; MOREIRA, 2014; MASSONI, CARVALHO; BOARO, 2016; BOARO, 2017). Essa inércia reforça a importância de se desenvolver estratégias didáticas e também materiais instrucionais que possam ajudar os professores nessa árdua tarefa.



A partir destas ideias, foi elaborada em 2014 uma proposta que, como mencionado, resultou em Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MATOS, 2016) e teve por objetivo aplicar uma oficina (em função das características da escola, à época, só foi possível aplicar no turno inverso) a alunos do 8º ano³ do Ensino Fundamental para ensinar o tema movimento de queda dos corpos. Toda a dinâmica esteve baseada em aspectos históricos e epistemológicos para que os estudantes tivessem os primeiros contatos com uma física mais interessante e contextualizada fenomenológico e epistemologicamente.

O objetivo geral da proposta didática foi articular conceitos de Física e de HFC, discutindo conceitual e historicamente, três diferentes explicações sobre a queda dos corpos: visão aristotélica, clássica e a noção de deformação de espaço-tempo de Einstein.

Os objetivos específicos podem assim ser elencados:

- Apresentar de maneira mais detalhada diferentes teorias sobre a queda dos corpos;
- Mostrar uma Física relacionada com a HFC;
- Abordar uma visão de desenvolvimento científico baseada na noção de troca de paradigmas, como proposto por Thomas Kuhn;
- Explicar, introdutoriamente, um conteúdo relacionado à Física Moderna e Contemporânea, como é a explicação da Relatividade Geral da queda dos corpos a partir da ideia de deformação do espaço-tempo, buscando aproximar a física escolar da física da contemporaneidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICO

A dinâmica foi estruturada a partir de dois aportes: teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a epistemologia de Thomas Kuhn.

De acordo com a Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a aprendizagem ocorre a partir da relação de um novo conhecimento com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (denominados subsunçores). Essa relação deve ser não arbitrária e não literal, isto é, os novos conceitos interagem não arbitrariamente com conceitos que o aprendiz já possui e que guardam alguma relação entre eles, sendo que nessa interação ambos os conceitos passam a adquirir novos significados, enriquecem e organizam a estrutura cognitiva. Para que ocorram tais processos é importante que o aluno possua predisposição para aprender. Para Ausubel, quando não há interação do novo conhecimento com algum subsunçor, ocorre o que ele chama de aprendizagem mecânica ou memorística. Por exemplo, memorizar fórmulas e exercícios padrão para se sair bem em provas é tipicamente uma aprendizagem mecânica, ela pouco agrega, pois é rapidamente esquecida, e não contribui para que o estudante associe a Física que está aprendendo na escola com o seu cotidiano, nem, tampouco, move-o a pensar criticamente o seu meio.

Para Ausubel, é muito importante que o professor mapeie os conceitos prévios que os aprendizes possuem e que ensine os novos conceitos a partir deles (MOREIRA, 2014), daí por que, para o autor, a variável mais importante no processo ensino-aprendizagem é aquilo que o estudante já

³ A oficina foi aplicada até o momento duas vezes, a primeira em 2014 para alunos da 8ª série do ensino fundamental e a segunda em 2015 para alunos do 8º ano do ensino fundamental. Neste artigo será discutida a aplicação de 2015.



sabe. Se estas condições existem, os novos conhecimentos passam por etapas de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (ou integradora). Um dos conselhos de Ausubel é começar a explicação do novo conteúdo a partir de ideias mais gerais e inclusivas, possibilitando a interação destes conceitos com aquelas ideias já existentes, facilitando a assimilação. Desta forma, os conceitos se diferenciam e reorganizam a estrutura cognitiva do aprendiz. Após fazer explicações mais específicas, o professor precisa ter o cuidado de retornar para a visão mais geral do conteúdo, fazendo uma reconciliação integrativa e facilitando a compreensão com significado para o estudante. Na dinâmica narrada neste artigo, a pergunta “por que os corpos caem?” era retomada a cada novo paradigma introduzido, fazendo com que o estudo do movimento de queda de corpos (tanto de objetos cotidianos como copos ou canetas, quanto satélites como a Lua ou como a Estação Orbital) fosse o mote para discutir as características do estilo de pensamento de diferentes épocas, bem como o significado e o avanço que a introdução de um novo paradigma representou na história da Física.

O referencial epistemológico utilizado na estratégia foi o da visão epistemológica de Thomas Kuhn, para quem a ciência normal é a etapa de trabalho científico baseado em um único paradigma. Para Kuhn (2013, p.53), “paradigmas’ são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.” Em outras palavras, um paradigma é o conjunto de valores, crenças, normas, técnicas e teorias que norteiam a escolha dos problemas de pesquisa e o próprio trabalho de uma comunidade de cientistas que a ele aderiram.

Assim, pode-se entender que as visões aristotélica e clássica sobre a queda dos corpos são paradigmas que serviram de base para a comunidade científica durante longos períodos de ciência normal. Durante esses períodos, o paradigma pode apresentar dificuldades em explicar alguns fatos, fenômenos ou propriedades consideradas relevantes e caso essas anomalias se tornem resistentes podem levar o paradigma à crise, podendo resultar na substituição por outro paradigma. Essa ruptura é caracterizada por Kuhn como uma revolução científica.

Dessa forma, a partir deste referencial, é possível concluir que as três distintas teorias (aristotélica, newtoniana e einsteiniana) sobre a queda dos corpos trabalhadas nas oficinas são, tipicamente, três diferentes paradigmas. Ao mostrar essa visão de ciência ao estudante, pode-se permitir que ele perceba uma ciência está em constante transformação, que as leis e teorias não são verdades inquestionáveis e, assim, possivelmente possibilitar momentos de reflexão e, ao mesmo tempo, um contato com um ensino de Física mais interessante.

3. PROPOSTA E METODOLOGIA

Conforme já descrito, a proposta didática relatada neste trabalho buscou ensinar três diferentes teorias sobre a queda dos corpos a estudantes do Ensino Fundamental através de uma abordagem que articula Física introdutória com HFC. Foram aplicadas duas oficinas a estudantes, a primeira, em 2014 (versão piloto), com alunos de 8ª série e a segunda, em 2015, com alunos do 8º ano, ambas do ensino fundamental de um colégio particular da cidade de Porto Alegre.

As atividades tinham como objetivo proporcionar aos estudantes momentos de reflexão sobre a natureza da ciência, utilizar materiais e estratégias diferenciadas como leituras de textos, momentos de debates e trocas de ideias, interpretação de vídeos, uso de um jogo do tipo júri



simulado, além da realização de questões conceituais sobre o tema trabalhado. (MATOS; MASSONI, 2016). Os estudantes que participaram das duas oficinas (2014 e 2015) já haviam tido uma introdução do conteúdo sobre queda dos corpos na disciplina de Física no horário regular e de maneira tradicional. As oficinas aconteceram no turno inverso (turno da tarde) uma vez que o tempo regular para cada conteúdo era limitado e não houve possibilidades de estendê-lo.

As duas oficinas envolveram estudantes de 13 a 14 anos que foram convidados a participar da atividade. O convite foi feito em momentos de aula regular da primeira autora, que atuou também como docente-pesquisadora na aplicação da sequência didática, com esses estudantes em que foi explicado o objetivo do projeto de mestrado, sendo que vários ficaram empolgados com a ideia de poder participar de uma atividade tão diferente.

Em 2014, na versão piloto, houve seis encontros de 100 minutos cada. Contudo, para a segunda aplicação, que ocorreu em 2015, foi colocado mais um encontro para que os alunos pudessem dar um retorno sobre as atividades aos pesquisadores, resultando em sete encontros de 100 minutos.

Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa, referencial teórico e que deu suporte ao preparo e aplicação da estratégia, houve uma preocupação em mapear, nos primeiros encontros, as concepções prévias dos alunos, uma vez que, para Ausubel, o novo conhecimento se “ancora” no antigo, permitindo que ambos se diferenciem e adquiram novos significados. Uma segunda condição para que ocorra a aprendizagem significativa é que o aluno tenha predisposição para aprender. Esta última condição pode ter sido atendida, uma vez que os estudantes engajaram-se voluntariamente em uma oficina no turno da tarde, mesmo que isto não implicasse em ganho de nota ou pontos extras na disciplina de Física.

Para articular a HFC com o estudo da queda dos corpos, durante a realização das oficinas, foram apresentadas através de textos, vídeos, imagens, discussões e interpretações no grande grupo três diferentes explicações da queda dos corpos como sendo, cada uma, a melhor explicação no âmbito do paradigma vigente em cada período histórico abordado: o paradigma aristotélico (~300a.C.), o paradigma da mecânica clássica (séc. XVII) e o paradigma de Einstein (séc. XX). Tudo isso, de acordo com a visão de desenvolvimento científico de Thomas Kuhn, baseada na sucessão de paradigmas incomensuráveis.

A partir dessa contextualização, esperava-se que os estudantes desenvolvessem uma visão menos ingênua sobre o fazer ciência. Desta forma, foram apresentadas as explicações Greco-antiga de Aristóteles, a visão clássica de Newton e a noção da Física Moderna de Einstein para a queda dos corpos como sendo diferentes paradigmas; além disso, foi reforçado que quando ocorreu a troca da explicação da física aristotélica pela clássica, caracterizou-se uma revolução científica; da mesma forma, quando ocorreu a troca da física clássica pela teoria da relatividade geral houve nova revolução científica levando a novos padrões e novas visões de mundo. No último encontro da aplicação de 2015, foi dedicado um tempo a mais para a explicação da interpretação do desenvolvimento científico elaborada pelo filósofo da ciência Thomas Kuhn para mostrar algumas características de sua visão de avanço científico.

O Quadro 1, apresentado na sequência, mostra como foram organizados os encontros da segunda aplicação da dinâmica, em 2015.



Quadro 1 - Representação esquemática da organização dos encontros da oficina de 2015.

Encontro	Atividade	Objetivos
Encontro 1	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de questões individuais sobre Natureza da Ciência; - Discussão sobre características do estudo do movimento e queda dos corpos; - Leitura de um texto sobre a importância do estudo do movimento; - Questões sobre aspectos do texto para serem respondidas em grupo. 	Mapear as concepções prévias sobre a natureza da ciência e introduzir o estudo do movimento, possibilitando momentos para os estudantes participarem de maneira mais ativa (crítica) durante as atividades.
Encontro 2	<ul style="list-style-type: none"> - Questões adaptadas do teste sobre força e movimento (SILVEIRA <i>et al.</i>, 1992) para serem respondidas de maneira individual e entregar; - Apresentação da teoria aristotélica sobre a queda dos corpos. 	Identificar as concepções prévias sobre queda dos corpos, relacionando com a interpretação aristotélica.
Encontro 3	<ul style="list-style-type: none"> - Explicação da interpretação de Galileu Galilei sobre a queda dos corpos, representando uma nova visão de mundo; - Episódio da série Cosmos (2014) sobre Isaac Newton. 	Relacionar as teorias clássicas com os contextos sociais da época.
Encontro 4	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação da interpretação newtoniana para a queda dos corpos; - Correção do teste sobre força e movimento aplicado no encontro 2; - Preparação e divisão da turma (em três grupos: defesa aristotélica, defesa da teoria clássica e jurados) para a atividade de júri simulado para ser aplicada no encontro 5. 	Trabalhar a interpretação de Newton sobre a queda dos corpos, ressaltando que mais detalhes serão trabalhados no Ensino Médio.
Encontro 5	<ul style="list-style-type: none"> - Realização do júri simulado em que há a defesa de dois conjuntos de argumentos, duas visões de mundo (aristotélica e clássica) sobre a queda dos corpos por dois grupos de estudantes; mais um grupo de jurados, que é encarregado de decidir quem melhor defendeu sua teoria. 	Proporcionar momentos em que os alunos possam refletir a respeito de cada teoria trabalhada.
Encontro 6	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução à ideia de uma nova mecânica (relatividade especial) a partir de um vídeo da série Cosmos (2014); - Leitura e debate de um texto (MATOS; MASSONI, 2016) sobre as teorias da relatividade especial e geral (de maneira introdutória e qualitativa); - Explicação de Einstein para queda dos corpos a partir da ideia de deformação do espaço-tempo; - Relacionar as três interpretações estudadas sobre a queda dos corpos a partir da visão de Ciência de Thomas Kuhn. 	Mostrar a interpretação de queda dos corpos elaborada por Albert Einstein, além de apresentar ao estudante uma ciência que passa por mudanças a partir da visão de ciência de Thomas Kuhn.
Encontro 7	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão das três teorias sobre a queda dos corpos; - Retomada das questões do encontro 1 sobre a natureza da ciência; - Debate sobre a atividade científica de acordo com a visão de Thomas Kuhn; - Avaliação (por parte dos alunos) sobre as oficinas. 	Permitir momento de reflexão e debate sobre como a Ciência é feita de acordo com Thomas Kuhn. Como atividade final, possibilitar que o aluno dê um retorno sobre as atividades ao professor.

Fonte: Autoras.



4. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme descrito anteriormente, foi aplicada uma versão piloto em 2014 e uma versão mais aprimorada em 2015, na mesma escola particular localizada na cidade de Porto Alegre/RS. Este relato aborda com maior detalhamento a última aplicação, uma vez que esta foi baseada na versão anterior, com praticamente os mesmos materiais e textos, porém com algumas modificações com o objetivo de melhorar as dinâmicas.

Em 2015, participaram, em média, sete alunos de 13 ou 14 anos de idade (as presenças variaram em função de outras atividades, especialmente no período de provas escolares) e todos eram alunos na disciplina de Física no período regular, como já explicado. Os nomes dos participantes foram trocados por nomes de personagens da saga Harry Potter para poder manter o anonimato. Houve sete encontros semanais de 100 minutos cada, entre setembro e novembro de 2015. A seguir, serão destacadas algumas das dinâmicas realizadas durante as oficinas.

No primeiro encontro buscou-se mapear conhecimentos prévios a respeito da Natureza da Ciência através de um questionário⁴ respondido individualmente. Foi notável que eles já apresentavam concepções bastante alinhadas com a Filosofia da Ciência como, por exemplo: conhecimento científico provisório, inexistência de um método científico fixo, ciência como construção humana e importância da criatividade para fazer ciência, possivelmente influenciados por comentários feitos em aulas regulares. Por outro lado, de forma um tanto contraditória, pensavam que as leis são obtidas a partir de observações como se houvesse um método científico seguro que lhes garantisse a verdade. Os alunos também foram questionados a respeito das concepções que eles apresentavam sobre o movimento dos corpos, uma vez que esse tipo de fenômeno está presente no cotidiano. A queda dos corpos já tinha sido explicada em aulas regulares, seguindo o conteúdo programático, a partir da ideia de força de atração gravitacional, além dos estudantes recordarem de um vídeo apresentado nas aulas, que mostrava uma pena e um martelo caindo ao mesmo tempo na superfície da Lua. Durante a investigação de concepções prévias, era incentivado que eles mostrassem suas opiniões; é importante destacar que eles estavam, inicialmente, bastante tímidos, possivelmente por não estarem acostumados com este tipo de abordagem.

Assim, com o objetivo de verificar suas concepções sobre força e movimento, foi aplicada uma versão adaptada do teste elaborado por Silveira, Moreira e Axt (1992)⁵, no segundo encontro. Na sequência, com o auxílio de um texto de apoio, foi trabalhada e discutida a explicação aristotélica para a queda dos corpos a partir da ideia de lugar natural de Aristóteles, isto é, o lugar natural dos corpos pesados é embaixo de maneira que uma caneta, por exemplo, que é constituída majoritariamente do elemento terra (mais do que água e ar) ao ser abandonada cai porque retorna ao seu lugar natural. Tal explicação dispensa causas e assume uma visão de mundo em que a Terra ocupa o centro do universo, um tipo de noção que foi adaptada pela Igreja séculos depois e que, por ser muito intuitiva, perdurou por muitos séculos. Ao corrigir o teste, foi possível verificar que eles apresentavam concepções errôneas (também chamadas de concepções alternativas) sobre força e movimento. Os pesquisadores comentaram então que eles estavam pensando como Aristóteles, apesar de terem, eles próprios, reconhecido que aquela explicação era ingênua. Alguns alunos mostraram-se desapontados. No texto sobre Aristóteles também foram trabalhadas duas maneiras de fazer Ciência: o caráter prático baseado em observação e anotações

⁴ Disponível no produto educacional desenvolvido a partir da dessa experiência. (MATOS, MASSONI, 2016).

⁵ Também apresentado no produto educacional disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v27n1.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

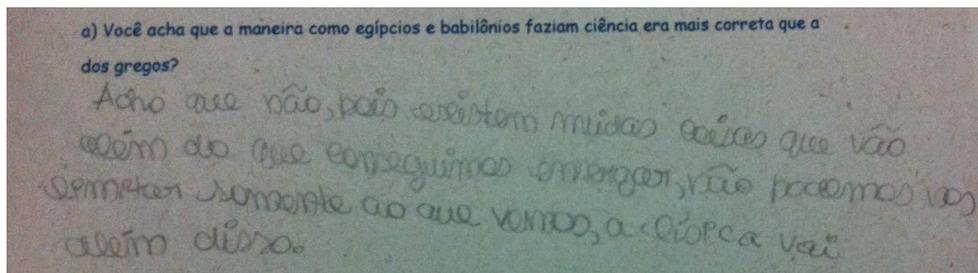


(características da ciência egípcia e babilônica) e o uso da razão (característica da filosofia natural grega). Os alunos foram questionados sobre se haveria uma maneira certa de se fazer ciência. A Figura 1 mostra a resposta, por exemplo, da aluna Molly.

A ideia desta questão era que os alunos pudessem pensar a respeito da maneira como a Ciência é feita. Percebe-se que esta aluna tinha uma visão de que a observação não se mostra mais importante do que o uso do pensamento.

Quando iniciou a abordagem da Física Clássica para a queda dos corpos a partir da visão de Galileu Galilei, no terceiro encontro, os alunos já estavam mais falantes e participativos. Foi comentado que a explicação clássica era contraintuitiva, uma vez que Galileu imaginava um movimento no vácuo (algo que era impensável para a sua época). Foi mostrado também o contexto social em que Galileu viveu (época em que alguns pensadores passaram a questionar as teorias pregadas pela Igreja Católica, e que em alguns casos foram acusados de heresia, por contraporem-se a ideias que eram aceitas como corretas, como por exemplo, Giordano Bruno). Também foi dito aos alunos que, de acordo com historiadores da Ciência, o experimento supostamente feito por Galileu, que teria abandonado do topo da Torre de Pisa, na Itália, corpos de diferentes massas para mostrar que cairiam juntos, não passa de um mito. Foi nítido o quanto os estudantes se interessaram por esta parte histórica. Ao abordar a parte física, os alunos lembraram os conceitos estudados em aula como, por exemplo, que à medida que o corpo cai, há aumento na velocidade. Por mais que os alunos já tivessem estudado tal conteúdo nas aulas regulares, uma abordagem articulada com a História da Ciência pôde ser feita e se mostrou muito interessante ao iniciar o estudo de um conteúdo novo.

Figura 1 - (Transcrição da resposta: "Acho que não, pois existem muitas coisas que vão além do que conseguimos enxergar, não podemos nos limitar somente ao que vemos, a física vai além disso.").



Fonte: Autoras.

Para auxiliar a explicação newtoniana sobre a queda dos corpos, foi utilizado, no quarto encontro, um vídeo da série Cosmos (2014) que tratada relação entre Halley e Newton. A ideia por trás deste vídeo é mostrar aos estudantes que existe um contexto em que as teorias são desenvolvidas, uma vez que ainda há muitos materiais instrucionais e livros didáticos que mostram uma ciência feita por gênios que "descobrem" fenômenos ao acaso. Como exemplo, utilizou-se a história da possível queda da maçã na cabeça de Newton, que, segundo a lenda, teria desencadeado a descoberta da gravitação universal. Os aprendizes mostraram-se surpresos com o vídeo, como no caso da aluna Minerva, que comentou que não conhecia a história de Newton. Para explicar a Lei da Gravitação Universal, foi desenhado no quadro uma representação do Sol sendo atraído por uma força (representada por um vetor) pela Terra e vice-versa. Como eles estavam mais à vontade, a aluna Lilian comentou: "Sabe o que isso me lembra, professora? Dois imãs". A partir desta oportunidade a professora-pesquisadora comentou que, diferentemente dos

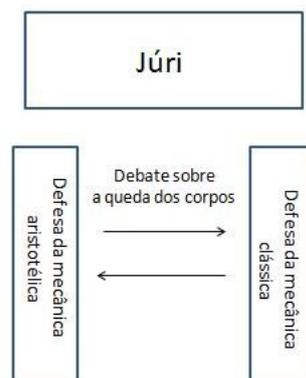


ímãs que, dependendo da configuração podem se repelir, no caso das massas – que geram forças gravitacionais – sempre haverá uma relação de atração, como no caso da queda dos corpos na superfície da Terra. Na sequência foi corrigido, em grande grupo, o teste sobre força e movimento aplicado no segundo encontro para auxiliar na explicação clássica da causa da queda dos corpos na superfície da Terra.

Para que os educandos pudessem aprofundar seus conhecimentos, refletir e se posicionar a respeito das duas teorias estudadas até esse momento, sobre a queda dos corpos, foi realizada a atividade do júri simulado. O júri simulado é uma espécie de jogo que combina regras e atividades lúdicas (por exemplo, representação de personagens como asde debatedores e jurados) com fins pedagógicos. (CUNHA, 2012). Na abordagem aqui relatada o objetivo era facilitar a compreensão dos princípios que embasam os distintos paradigmas, auxiliar na percepção de que existem no curso histórico da ciência diferentes explicações para o mesmo fenômeno e que algumas dessas explicações, ou teorias, mostram-se superadas e são substituídas por novas teorias com o avanço da ciência (mas isso não é justificativa para que possam ser tomadas como incorretas, pois é preciso contextualiza-las), e também oferecer situações para o desenvolvimento da argumentação por parte dos estudantes.

Os participantes foram divididos em três grupos (dois para a defesa das físicas aristotélica e clássica/newtoniana e um terceiro para compor o corpo de jurados, destinado a escolher o vencedor do debate). Os estudantes tiveram uma semana para se preparar. Assim no início do quinto encontro, um dos jurados sugeriu que a sala de aula fosse reorganizada. A Figura 2 ilustra como ficou a configuração do júri simulado, por ele sugerida.

Figura 2 - configuração da sala de aula durante a realização do júri simulado, no quinto encontro.



Fonte: Autoras.

Para esta atividade, os grupos debatedores das duas diferentes teorias tinham três momentos para tentar defender sua teoria a respeito da queda dos corpos. Por sorteio, a defesa da teoria clássica iniciou o debate. Hermione lançou uma bola de ping pong para mostrar que esta se movia em trajetória em formato de curva (algo que os aristotélicos não aceitavam, já que, para eles, os corpos só poderiam se mover em linha reta nas proximidades da Terra). Na sequência, a defesa aristotélica argumentou apenas que a queda da bola de ping pong era justificada pela maior presença do elemento terra na sua constituição, caindo em busca de seu lugar natural, argumentando que esta mesma explicação servia para o fato de corpos de mais massa caírem mais rápido. Para contrapor o argumento aristotélico, Hermione, durante a réplica, pegou duas folhas de papel, uma aberta e a outra amassada, deixando-as cair da mesma altura. Com esta



estratégia, explicou que corpos de mesma massa podem cair em tempos diferentes. Rony ajudou na defesa, lembrando do vídeo que mostrava uma pena e um martelo caindo ao mesmo tempo na superfície da Lua, já que lá quase não há resistência do ar. O grupo aristotélico defendeu-se das “acusações” alegando que a Lua era perfeita e que os movimentos que ocorrem lá não podem ocorrer na Terra, já que no mundo sublunar os movimentos são imperfeitos. Na parte das considerações finais, Hermione comentou que a Física Clássica se baseia em conceitos mais complexos e que explica a queda dos corpos a partir da ideia de atração gravitacional, além de descrever que a velocidade de queda varia de maneira uniforme. Com relação aos defensores de Aristóteles, argumentaram que apesar de sua teoria ser mais voltada ao senso comum, muitas pessoas, ainda que não se deem conta, explicam os movimentos como o de queda dos corpos com pensamentos aristotélicos. Estes foram, resumidamente, os principais argumentos utilizados, embora a dinâmica tenha sido bem mais rica. Os jurados tiveram um momento para debater e decidir o vencedor. No fim, escolheram a defesa clássica como a vencedora, uma vez que argumentaram melhor e trouxeram materiais extras. A defesa aristotélica ficou chateada com o resultado. A professora-pesquisadora comentou com os estudantes que, apesar do resultado do júri, a turma estava de parabéns pelo sucesso da dinâmica, por ser tão enriquecedora, por oportunizar momentos em que puderam se posicionar, argumentar e fazer referência aos temas que eles tinham estudado tanto nas aulas regulares quanto nas oficinas.

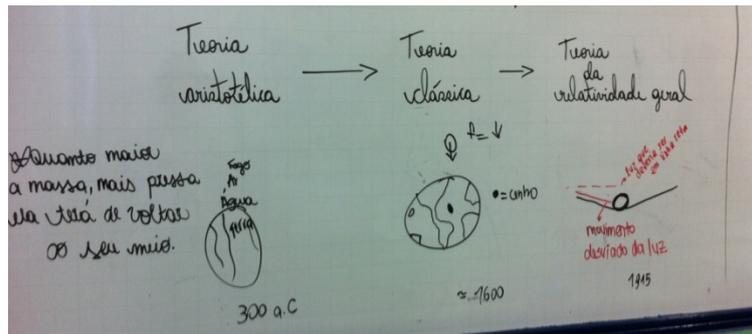
Com o objetivo de iniciarmos uma nova explicação para a queda dos corpos, foi trabalhado, no sexto encontro, um texto que abordava de maneira introdutória a ideia de deformação do espaço-tempo elaborada por Einstein a partir da Relatividade Geral. Para auxiliar na explicação, os alunos assistiram a um vídeo que comparava a deformação de um tecido flexível com a do espaço-tempo. Foi explicado que, para a teoria elaborada por Albert Einstein, a queda não se dá a partir da noção de força de ação à distância, mas por uma concepção de alteração na geometria do espaço-tempo. Complementando a afirmação, foi explicado afirmando que a luz de uma estrela distante também sofre desvio ao passar próxima de um corpo muito massivo como o Sol, algo que foi confirmado com as observações do eclipse total do Sol feitas no Brasil na cidade de Sobral, Ceará, em 1919, evento científico de grande importância e que completará 100 anos em 2019. (BASSALO; CRISPINO; LIMA, 2018). Os estudantes mostraram-se encantados com esta nova explicação. Hermione comentou no fim da explicação dada: “Então, a queda dos corpos é por causa da deformação do espaço-tempo!”

Para tentar promover um momento de possível reconciliação integrativa como proposto pela teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, os alunos foram convidados a representar no quadro coletivamente as três teorias, ou paradigmas estudados sobre a queda dos corpos. A Figura 3 mostra o resultado final desenhado pelos participantes.

A partir dos desenhos feitos no quadro branco (Figura 3), pôde-se verificar o quanto os estudantes conseguiram se apropriar das ideias por trás de cada uma das teorias marcadas por distintas visões de mundo (ou distintos paradigmas), caracterizando uma possível reconciliação integrativa.



Figura 3 - Representação dos três paradigmas estudados na dinâmica sobre a queda dos corpos.



Fonte: Autoras.

O último encontro tinha por objetivo fazer uma retomada de todos os estudos. Para isso, os alunos foram apresentados a visão de desenvolvimento científico de acordo com Thomas Kuhn a partir das ideias apresentadas em seu famoso livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Foi explicado aos alunos que existe uma área chamada Filosofia da Ciência que se preocupa em estudar como a ciência é feita e como ela avança historicamente, que no caso da visão de Kuhn existem paradigmas, teorias, técnicas, crenças, manuais e valores assumidos pela comunidade científica e que embasam a explicação de determinados fenômenos. Assim, cada uma das teorias estudadas (aristotélica, clássica e deformação do espaço-tempo) pode ser interpretada como sendo diferentes paradigmas que explicavam a queda dos corpos. Hermione comentou: "Ah, paradigma é uma explicação!", demonstrando entendimento do novo conceito. Foi dito também aos alunos que quando um paradigma passa a apresentar falhas persistentes, ou seja, não consegue dar conta de explicar fenômenos considerados importantes, ele pode entrar em uma fase de crise, abrindo espaço para que uma nova teoria que dê conta dessas explicações possa se estabelecer. Quando isto se dá, pode ocorrer uma Revolução Científica, como nos casos estudados. Desta forma, seria possível interpretar que ocorreram duas Revoluções Científicas no desenvolvimento da mecânica da queda dos corpos, quando a teoria aristotélica foi trocada pela clássica, e, mais tarde, quando esta foi substituída pela Relatividade Geral. A professora-pesquisadora questionou a turma se poderiam ocorrer novas revoluções científicas para explicar a queda dos corpos, a aluna Gina respondeu:

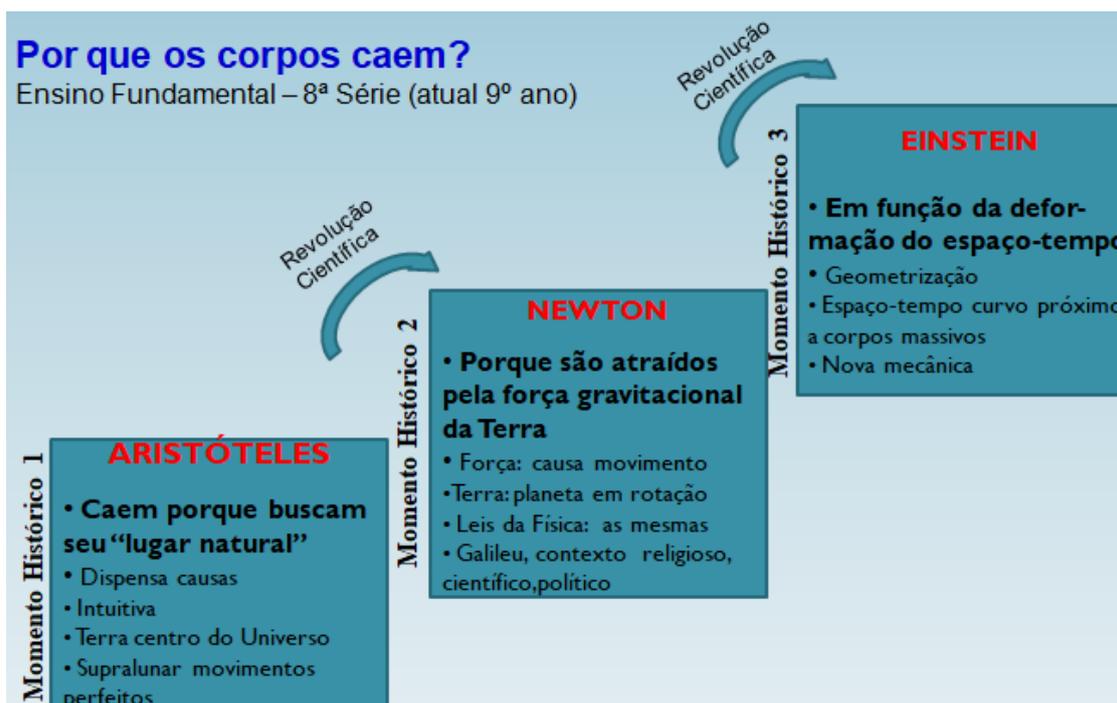
"Certamente!". Os alunos mostraram-se interessados em aprender as ideias da visão de ciência de Kuhn.

Na parte final desse encontro, os alunos foram questionados sobre como pensavam que se fazia Ciência antes de frequentarem as oficinas. A aluna Lilian respondeu: "Sabe daquela história do Newton que ele estava embaixo de uma árvore e uma maçã caiu na cabeça dele? Eu achava que era assim! Que não existia: "Eu vou ser cientista e vou descobrir as coisas". Pra mim, o cientista se tornava cientista, quando uma coisa acontecia contigo, como se existissem sinais!". Esta fala mostra um indício de mudança de percepção sobre o fazer científico.

A Figura 4 busca sintetizar os três paradigmas que permearam a discussão ao longo das oficinas aplicadas no Ensino Fundamental, destacando que cada visão corresponde a um momento histórico distinto e tem fundamentação científica que marca uma visão de mundo nova.



Figura 4 - representação das três teorias trabalhadas sobre a queda dos corpos a partir da concepção de desenvolvimento científico de Thomas Kuhn.



Fonte: Autoras.

A elaboração destas oficinas permitiu vislumbrar e operacionalizar uma nova maneira de introduzir conceitos de Física e de fazer uso efetivo de elementos da História e Filosofia da Ciência. Foi perceptível o quanto os estudantes da nossa aplicação de 2015 tornaram-se menos tímidos à medida que os encontros aconteciam, expondo dúvidas e compartilhando ideias e comentários. É interessante destacar que alguns participantes tanto da versão de 2014 quanto de 2015, ao encontrarem a professora-pesquisadora nos corredores do colégio, comentavam com entusiasmo sobre as oficinas. Ficou caracterizado que a dinâmica se colocava como algo novo, mais ativa, relacionando aspectos não abordados nas aulas tradicionais.

É um desafio pensar em novas maneiras, novas estratégias para se ensinar Física, mas, ao perceber o quanto isso pode proporcionar enriquecimento cultural tanto para os professores quanto para os alunos, todo o esforço torna-se muito gratificante. Além disso, uma vez pensada, elaborada e aplicada uma inovação, pode-se tentar aproveitá-la (fazendo as devidas alterações) nos anos seguintes.

Mesmo que esta proposta tenha sido pensada como uma oficina para o turno inverso, não há impeditivos pedagógicos à sua aplicação em sala de aula regular. Em 2018, quando a professora-pesquisadora ensinou queda dos corpos para uma turma de 8º ano nessa mesma escola particular, teve que reorganizar, devido ao tempo mais curto disponibilizado pela escola à proposta, os materiais relacionados a Aristóteles, Galileu, e Newton e Einstein e aplicou novamente parte das dinâmicas, mas agora em aulas regulares, especialmente para enfatizar os paradigmas nos debates do júri simulado (semelhante ao da oficina). É importante destacar que, ao fazer uma atividade diferenciada em períodos regulares, muitas vezes é preciso contar com o auxílio de outros professores no que se refere à troca de períodos para que os estudantes se organizem e aproveitem melhor. Nesta última aplicação, é interessante destacar que dentre os trinta aprendizes



da turma regular, apenas uma aluna avaliou como indiferente a sequência de aulas diferenciadas (ela expressou que preferia as aulas tradicionais). Por outro lado, a maior parte dos estudantes sugeriu que este tipo de abordagem fosse feita com mais frequência em aulas de Física, pois são mais interessantes e melhoram o engajamento.

As aplicações desta estratégia didática ocorreram em escola particular porque a docente-pesquisadora atua nesse espaço escolar. Mas a ideia é que esta proposta possa ser uma alternativa viável, não a única, para discutir aspectos da História e Epistemologia da Ciência como um elemento potencial para a melhoria da qualidade da educação na escola pública, tão carente de alternativas. Não há dados suficientes para realizar uma análise sistemática dos resultados, contudo, frente ao entusiasmo e engajamento e, também, das falas dos estudantes que participaram das distintas aplicações, a estratégia tem bom potencial para aproximar estudantes de 9º ano do Ensino Fundamental do estudo da Física, especialmente por se tratar, nessa etapa escolar, de um primeiro contato com esse componente curricular, fazendo com que seja uma experiência positiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa linha da renovação e da esperança é mais do que necessário, é urgente que se busquem novas maneiras de ensinar Física, especialmente no Ensino Fundamental, momento em que os conceitos físicos são apresentados pela primeira vez aos jovens. O uso de aspectos da História e Filosofia da Ciência tenta mostrar ao aprendiz que a Ciência é uma construção humana, provisória, não a-histórica e que ela está associada a contextos sociais, econômicos e históricos.

A partir desta abordagem, foi possível levar o estudante a refletir sobre a atividade científica já na etapa final do Ensino Fundamental, pois ela se mostra útil não só para fomentar um primeiro contato com a Física, mais positivo e prazeroso, como também viabiliza o uso efetivo da História e a Filosofia da Ciência (apresenta os paradigmas de Aristóteles, de Newton e de Einstein para explicar a queda dos corpos) na discussão de uma Física que faça sentido ao jovem, em sala de aula.

No relato da aplicação de 2015, pode-se notar o quanto as atividades diversificadas proporcionaram momentos de reflexão, permitindo que os estudantes pudessem expor dúvidas, pensamentos e comentários a respeito de cada uma dessas teorias, além de se questionarem sobre a atividade científica, tendo acesso à noção de paradigmas, de revolução científica e ciência normal, conceitos estes propostos por Thomas Kuhn. Professores, em seu desafiante ofício de professor, podem também ter acesso ao material elaborado para as oficinas através de um produto educacional (MATOS; MASSONI, 2016) que pode ser adaptado a diferentes contextos, de acordo com seus objetivos didáticos. Nesse material instrucional podem, adicionalmente, ser encontrados textos e sugestões para apoiar a abordagem do movimento de queda dos corpos articulando-o com a HFC.

Espera-se que este relato possa servir de motivação a outros professores na esperançosa aventura de ensinar um tema de física epistemologicamente alinhado, isto é, em que a História e a Epistemologia seja num elemento encorajador para a leitura, a escrita, o pensamento num processo coletivo, no estímulo mútuo de uma aprendizagem mais significativa e progressivamente diferenciada de conceitos físicos, capaz de problematizar também o curso das ideias, as rupturas



a reinvenção pela qual passa a Ciência, de tempos em tempos, propondo novas bases na busca de novas e mais consistentes explicações.

Larrosa (2018) faz referência a uma obra de Marguerite Duras (2008) em que ela narra uma história de uma mãe que empreende no litoral da Indochina uma tarefa quase impossível, de construir diques para evitar a inundação por marés e assim plantar, colher e garantir um futuro a seus filhos; ela contagia a comunidade de camponeses miseráveis que se entregam a um trabalho árduo com fé e esperança, mas veem os diques virem abaixo com a subida do mar. Não eram sólidos o bastante, foram roídos por caranguejos os diques. Mesmo após o fracasso a mãe continua plantando arroz, bananais e foi vista semeando semente de guau (guaus demoram cem anos para se tornar árvores). Larrosa faz uma analogia com a escola, concebida historicamente como lugar de abrigo e refúgio, que emancipava crianças e jovens da tutela das famílias e as libera do trabalho (*ibid.*, p.12), mas que está sendo arrasada pelo tsunami do programa educativo da sociedade da informação, ou por aquilo que alguns preferem chamar de “capitalismo cognitivo” e que, como os caranguejos, corroem a escola, revelando a “mão invisível” das grandes corporações, como uma onda implacável. Contudo, o ofício do professor, para o autor, carrega a esperança de que alguma coisa aconteça, o professor não busca resultados, mas provoca efeitos ainda que estes sejam imprevisíveis e inesperados.

Esta proposta comunga dessa visão de que é preciso a cada dia recomeçar, propor alternativas, esperar ainda que os resultados sejam lentos ou pouco perceptíveis. Professores e professoras precisam se renovar a cada dia, mesmo contra o vento e a maré, fazendo bem o seu trabalho, inovando, cooperando e construindo diques para que o solo onde cresça crianças e jovens, onde se formam os cidadãos do futuro, não seja tóxico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHURY, L. H. M.; TERRAZAN, E. A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.40, n.3, 2018.

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.39, n.2, 2017.

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.35, n.1, p.97-117, 2018.

BASSALO CRISPINO, L. C.; LIMA, M. C. Expedição norte-americana e iconografia inédita de Sobral em 1919. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.40, n.1, 2018.

BOARO, D. A. **Uma investigação sobre o uso de aspectos epistemológicos nas estratégias didáticas de futuros professores de física no estágio supervisionado**. 2017. 163 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (5ª a 8ª séries)**. Brasília: Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.



BRASIL. **PCN+**: Ensino médio: orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.10, n.1, p.1-22, 2011.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v.34, n.2, p.92-98, 2012.

DRUMMOND, F. J. *et al.* Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.32, n.1, p.99-141, 2015.

DURAS, M. **Un dique contra el Pacífico**. Barcelona: Tusquets, 2008.

GUTTMANN, G.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.32, n.2, p.442-460, 2015.

LARROSA, J. **Esperando não se sabe o quê**: sobre o ofício de professor. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

MARTINS, A. P. B.; PORTO, M. B. D. S. O ensino e a aprendizagem das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental II: uma proposta envolvendo a Natureza da Ciência. **Revista Thema**, v.15, n.3, p.981-990, 2018.

MASSONI N. T.; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, v.20, n.3, p.595-616, 2014.

MASSONI, N. T.; CARVALHO, F. A.; BOARO, D. A. Refletindo relações entre concepções da natureza da ciência e práticas didáticas no ensino de física: investigações que buscam instrumentalizar futuros professores. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 16., 2016, Natal. **Anais...** Natal: 2016. Disponível em: <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0446-1.pdf>> Acesso em: 10 set. 2018.

MATOS, J. A. **Apresentando conceitos do movimento de queda dos corpos no ensino fundamental através de um aporte histórico e epistemológico**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MATOS, J. A.; MASSONI, N. T. **Proposta didática para apresentar conceitos do movimento de queda dos corpos no ensino fundamental através de um aporte histórico e epistemológico**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, v. digital. Textos de apoio ao professor de física, v.27, n.1, 2016.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** (atualmente denominado Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.12, n.3, p.164-214, 1995.



PEDUZZI, L.; TENFEN, D.; CORDEIRO, M. Aspectos da natureza da ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n.Especial 2, p.758-786, 2012.

REIS, U.; REIS, J. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.33, n.3, p.744-778, 2016.

SILVA, H.; MORAES, A. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.32, n.2, p.378-406, 2015.

SILVEIRA, F.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, v.10, n.2, p.187-194, 1992.

TYSON, N. G. Episódio 3: Quando o conhecimento domina o medo. [Filme-vídeo]. In: **Cosmos: a Spacetime Odyssey**. National Geographic, Fuzzy Door Production, 2014.

Submetido em: **17/10/2018**

Aceito em: **28/06/2019**