

O processo de modelagem científica no laboratório didático de Física da Educação Básica

The process of scientific modeling in the didactic Physics laboratory of Basic Education

Camila Brito Collares da Silva¹

Pedro F. T. Dorneles²

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA – Campus Bagé^{1,2}

camilabcollares@gmail.com¹

pedroftd@gmail.com²

Resumo

Este estudo foi realizado com o objetivo de fundamentar o desenvolvimento de atividades experimentais para alunos do Ensino Médio, a partir de fundamentos epistemológicos da Teoria de Mario Bunge. Em uma pesquisa realizada em quatro periódicos nacionais (Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação e Investigações em Ensino de Ciências) foram encontrados onze trabalhos sobre Bunge. Baseados na própria teoria de Bunge e nos artigos encontrados, o presente trabalho trata a Modelagem Científica como forma de vincular teoria e prática e introduzir ao aluno do Ensino Médio uma visão científica diferente do que se costumam trabalhar em sala de aula, fazendo como que os mesmos sejam os protagonistas do seu conhecimento e possam assim construir seu conhecimento científico. O trabalho ainda se aprofunda em três artigos que tratam do uso da modelagem científica em sala de aula, suas possibilidades e suas dificuldades.

Palavras chave: modelagem científica, estudos relacionados, ensino de física.

Abstract

This study was carried out with the objective of supporting the development of experimental activities for High School students, based on the epistemological foundations of Mario Bunge's Theory. In a study carried out in four Brazilian journals (Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação and Investigações em Ensino de Ciências), eleven papers on Bunge were found. Based on Bunge's own theory and the works found, the present work treats the Scientific Modeling as a way of linking theory and practice and introduces to the High School student a different scientific view of what they usually work in the classroom, making themselves the protagonists of their knowledge and can thus build their scientific knowledge. The paper also explores three articles that deal with the use of scientific modeling in the classroom, its possibilities and its difficulties.

Key words: scientific modeling, related studies, physics teaching.

Introdução

Uma das maiores preocupações de um professor de física em sala de aula é identificar se os alunos estão lhe acompanhando no conteúdo, se estão entendendo e interessados, sendo a falta de interesse por parte do aluno a mais recorrente. Esta passividade pode estar relacionada com a forma com que o aluno foi inserido em sala de aula, a qual o professor fica à frente da turma como detentor do conhecimento e os alunos sentam enfileirados, copiando o que está no quadro, que muitas vezes é o mesmo que está escrito no seu livro texto (MOREIRA, 2010, p. 2). Este tipo de aula muitas vezes não chama atenção do aluno, pois é algo repetitivo que somente o professor fala e ele escuta sem interagir, nem compartilhar suas ideias. Segundo Moreira (ibid., p. 5), “Centrar o ensino ou, melhor dizendo, a educação no estudante não significa, necessariamente, a não-diretividade rogeriana, mas sim organizá-lo de modo a ter em conta que o aluno é responsável por sua própria aprendizagem, que ele é senhor dessa aprendizagem.” Desta forma, o aluno passa a perceber o seu papel dentro da sala de aula e decide se seu conhecimento será significativo ou não frente ao que foi exposto. Em contra partida, os alunos podem demonstrar resistência com atividades diferenciadas, em que lhe colocam em debates com seus colegas e assim sendo necessário pensar e ser ativo em aula, por isso, este tipo de aula deve ser introduzida aos poucos, sendo alternadas com aulas tradicionais e outros tipos de atividades (ibid., p. 7).

Schwarz et al. (2009) destaca que para buscar o engajamento dos alunos em aula, é importante inicialmente deixar claro o que será realizado em aula, bem como seus objetivos, para que desta forma possa fazer sentido ao aluno e ajude-o a entender o motivo pelo qual tal conceito está sendo estudado. Em vista disto, o presente trabalho busca discutir, baseado em uma revisão da literatura, questões teóricas e metodológicas para o laboratório didático de física, para evidenciar a importância da inserção de atividades experimentais de forma que a teoria passe a fazer sentido para os alunos, ou seja, utilizar a experimentação aliada à teoria a partir das principais características da Modelagem Científica (Bunge, 1974 apud Heidemann, 2015).

Concepção de Ciência de Mario Bunge

A epistemologia de Mario Bunge elucida que as teorias científicas não se aplicam diretamente à realidade. Trata-se de abstrações criadas a partir da intuição e da razão dos cientistas. Sabe-se, porém, que os alunos possuem dificuldades em realizar tais abstrações, de modo a assimilarem conceitos científicos estudados em sala de aula que não estão relacionados com sua realidade. Assim, para que os alunos possam explorar os fenômenos que ocorrem ao seu redor, Bunge – por ser considerado um epistemólogo realista crítico –, apresenta o “método científico” como um caminho promissor para investigações científicas. Segundo Heidemann: “[...] o ‘método científico’, como defendido por Bunge, se preocupa apenas com os problemas que as hipóteses e teorias esperam responder, assim como das verificações (fálveis e provisórias, por natureza) dessas hipóteses e teorias” (HEIDEMANN, 2015, p. 47).

Para que as investigações científicas ocorram, Bunge (2006, p. 246 apud HEIDEMANN, 2015, p. 47) propõe dez etapas do ‘método científico’, quais sejam: i) levantamento de um corpo de conhecimento; ii) escolha do problema nesse corpo de conhecimento; iii) formulação ou reformulação do problema; iv) aplicação ou invenção de uma abordagem para tratar do problema; v) solução tentativa (hipótese, teoria, projeto experimental, instrumentos de medida); vi) aferição da solução tentativa; vii) avaliação da

solução tentativa à luz do teste e do conhecimento básico; viii) revisão ou repetição de qualquer dos passos prévios; ix) estimativa do impacto sobre o conhecimento básico; e x) avaliação final (até nova informação).

Estas etapas caracterizam as estratégias utilizadas para realizar as investigações científicas, levando em consideração o conhecimento conceitual preexistente do aluno e, em seguida, determinando o problema a ser analisado e a busca por uma representação esquemática deste problema, podendo ser através da aquisição de dados empíricos. Os resultados obtidos a partir deste problema se originam de uma simplificação/idealização da realidade, os quais, vinculados à teoria, buscam a construção do conhecimento através de modelos científicos.

Como já mencionado, a modelagem científica busca estabelecer um vínculo entre teoria e experimento. Para que o processo da modelagem científica ocorra, deve-se, inicialmente, definir uma questão a ser estudada acerca de um fenômeno. A partir disto, é preciso delinear um objeto modelo, o qual se refere a uma representação esquemática conceitual da realidade. Segundo Dorneles, Bunge

[...] defende que a busca pela conquista conceitual da realidade deve começar por idealizações, para, então, adicionar elementos imaginários (ou hipotéticos) com intenção realista e assim constituir um objeto modelo/modelo conceitual, que inserido em uma teoria geral pode gerar um sistema hipotético-dedutivo particular (modelo teórico/teoria específica). (DORNELES, 2010, p. 91)

Em síntese, o objeto modelo é uma representação idealizada da situação real. A exemplo disso, em uma situação idealizada, considera-se um fio como sendo inextensível; porém, sabe-se que na natureza todos os fios possuem elasticidade.

A determinação de um modelo conceitual deve estar associada a uma teoria geral, pois esta não é capaz de descrever um evento particular. Devido às idealizações do modelo conceitual, é necessário estabelecer um modelo teórico capaz de descrever as particularidades de sistemas físicos, baseados em uma teoria geral. De acordo com Heidemann: “Todo modelo teórico versa, em última análise, sobre objetos reais ou supostos como tais” (HEIDEMANN, 2015, p. 49). O mesmo modelo conceitual pode ser utilizado para representar vários objetos concretos, os quais são chamados de referentes. A complexidade de tal modelo estará relacionada à quantidade de referentes que for capaz de abranger. Um objeto concreto pode ser representado por mais de um objeto modelo, o que delimitará esta escolha é o foco da análise a ser realizada sobre o fenômeno escolhido.

O quadro 1 possui algumas representações feitas pela Física, nas quais se pode perceber que, a partir de uma situação real, que será modelada, é possível obter mais de um modelo conceitual, baseado em uma mesma teoria geral, assim como mais de um modelo teórico, mostrando, portanto, que há várias possibilidades de análise em uma mesma situação real.

Quadro 1: Exemplos de situações modeladas em Física (BRANDÃO, ARAUJO E VEIT, 2008, p. 26)

| Situação a ser modelada | Modelo conceitual | Teoria Geral | Modelo teórico |
|--|---|--------------------------------------|------------------------------|
| Escoamento da água no interior de uma tubulação | Fluido contínuo sem viscosidade | Mecânica dos Fluidos | Modelo de fluido ideal |
| | Fluido contínuo com viscosidade | | Modelo de fluido viscoso |
| Certa quantidade de gás contida num recipiente fechado | Sistema de partículas termicamente isolado que não interagem entre si | Mecânica Estatística | Modelo de gás ideal clássico |
| | | Mecânica Quântica | Modelo de gás ideal quântico |
| Comportamento da matéria em nível microscópico | Sistema planetário | Mecânica Clássica e Eletromagnetismo | Modelo atômico de Rutherford |
| Movimento dos planetas do sistema solar | | Mecânica Clássica | Modelo planetário de Newton |

Como é possível observar, mais de um modelo conceitual pode ser representado pelo mesmo modelo teórico, e ainda temos vários modelos teóricos possíveis para representar a realidade. Segundo Heidemann:

Os modelos teóricos, segundo Bunge, podem ou não englobar mecanismos que explicam as transições de estado dos fenômenos físicos. As denominadas teorias de caixa-preta são aquelas que não assumem mecanismos hipotéticos para descrever as mudanças temporais dos fenômenos físicos, ou seja, elas apenas fornecem o estado final de um sistema em função de suas condições iniciais. (HEIDEMANN, 2015, p. 50)

A teoria do tipo caixa preta representa variáveis externas, que se relacionam com propriedades observáveis do fenômeno, como a velocidade de um corpo em movimento. Em correspondência a esta teoria, temos a da caixa translúcida, que representa variáveis internas relacionadas com as propriedades intrínsecas do fenômeno, como a tensão elástica de um fio. Para Dorneles:

O propósito dos físicos teóricos pode influenciar na construção e funcionalidade de uma caixa (teoria), pelo menos em dois aspectos: i) se apenas as variáveis externas do tipo entrada-saída forem manipuladas a finalidade é a obtenção de teorias do tipo fenomenológicas (caixa-preta), em que se busca descrever o comportamento da caixa apenas pela observação e ii) se além da manipulação das variáveis externas se busca desenvolver um hipotético mecanismo interno descrito por meio das variáveis internas a finalidade é a obtenção de teorias representacionais (caixa translúcida), em que se busca uma descrição profunda dos processos internos por meio de variáveis indiretamente controladas. (DORNELES, 2010, p. 90)

Através da experimentação, que para Bunge é um pequeno conjunto de fatos observáveis de um universo de fatos reais, são obtidos resultados empíricos que devem ser contrastados com as hipóteses levantadas a partir do modelo teórico gerado. Com isso, é possível verificar o grau de precisão da validade deste modelo teórico e, assim, analisar até que ponto o objeto modelo escolhido é capaz de representar o sistema físico como um todo.

De modo simplificado, podemos dizer que os episódios de modelagem (HEIDEMANN, 2015) seguem quatro etapas: inicialmente temos o *objeto modelo*, que está relacionado a algo que representa uma situação real. Porém, este possui apenas traços-chaves para a investigação (no caso de um pêndulo simples, o atrito do ar, a massa e a elasticidade do fio são desprezados), tornando-se uma situação controlada capaz de propiciar a criação de um *modelo teórico*, que se baseia em uma *teoria geral* capaz de explicar esta situação idealizada através de conceitos específicos, os quais se vinculam com o pêndulo de laboratório (situação controlada). Na última etapa de *validação* experimental, devem ser realizadas comparações entre os dados obtidos e a teoria estudada. A partir destas relações, o aluno deverá ser capaz de reconhecer situações de sua vivência que possam estar relacionadas com o movimento do pêndulo de laboratório, como, por exemplo, o movimento de uma criança em um balanço. Ao utilizar a modelagem científica em sala de aula, objetiva-se desconstruir o pensamento do aluno que relaciona a Física a resultados exatos.

Revisão da literatura

Como referência para a fundamentação de atividades experimentais para o Ensino Médio, foi realizada uma pesquisa em quatro periódicos nacionais, a saber: *Revista Brasileira de Ensino de Física* (até o nº 3 do volume 39); *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (até o nº 3 do volume 33); *Ciência e Educação* (até o nº 4 do volume 22); e *Investigações em Ensino de Ciências* (até o nº 3 do volume 21). As palavras-chaves utilizadas para a realização da busca foram “Bunge” e “Modelagem Científica”. Uma síntese dos trabalhos encontrados podem ser vistos no Quadro 2.

Quadro 2: Artigos encontrados em pesquisa realizada em quatro periódicos nacionais.

| Revista | Autores | Ano da publicação | Título | Objetivo principal |
|--|--|-------------------|--|---|
| Revista Brasileira de Ensino de Física | Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit. | 2016 | Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física | Utilizar a modelagem científica para realizar atividades experimentais que propiciem o engajamento dos alunos do Ensino Superior. |
| Caderno Brasileiro de Ensino de Física | Alberto Cupani; Maurício Pietrocola. | 2002 | A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências | Trazer a discussão, para o ensino de ciências, de que a explicação científica não é uma cópia da realidade. |
| | Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit. | 2016 | Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física | Vincular teoria e prática utilizando o processo de modelagem, buscando o envolvimento dos estudantes do Ensino |

| | | | | |
|-------------------------------------|--|------|---|---|
| | | | | Superior. |
| | Rafael V. Brandão; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit. | 2011 | A modelagem científica vista como um campo conceitual | Mostrar a relevância didática da utilização da modelagem científica para o ensino de Física. |
| | Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit. | 2012 | Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física | Apresentar possibilidades e dificuldades do uso dos ciclos de modelagem como forma de apresentar conteúdos mais contextualizados e com maior envolvimento por parte dos estudantes. |
| Ciência e Educação | Pedro F. T. Dorneles; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit. | 2012 | Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral | Buscar evidências de aprendizagem significativa dos estudantes a partir da integração entre atividades computacionais e experimentais. |
| | Juliana Machado; Sonia Maria S. C. S. Cruz. | 2011 | Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana | Explorar o processo da Ciência para então estabelecer relações entre as teorias científicas e a realidade. |
| | Murilo Westphal; Thais C. Pinheiro. | 2004 | A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências | Apresentar os princípios da epistemologia de Mario Bunge e a importância do conhecimento científico. |
| | Leonor C. Cudmani; Marta A. Pesa | 2008 | La evolución de los significados de los conceptos científicos en relación con la estructura cognitiva de los estudiantes | Mostrar a importância da reflexão acerca do conhecimento científico para uma melhor investigação e aprendizagem por parte dos estudantes. |
| Investigações em Ensino de Ciências | Maurício Pietrocola | 1999 | Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de ciências através de modelos | Apresentar críticas ao movimento construtivista, bem como reflexões sobre o papel de modelos na ciência. |
| | Felipe Damasio; Luiz O. Q. Peduzzi. | 2015 | A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend | Incluir aspectos históricos dos trabalhos dos cientistas na escola, buscando que os alunos sejam mais ativos no processo de sua aprendizagem. |

Estudos relacionados à Modelagem Científica

Dos onze artigos acima expostos, destacamos dois trabalhos (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016; e BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2011), nos quais a modelagem científica é tratada como um procedimento metodológico a ser utilizado no Ensino de Física. Todavia, trata-se de trabalhos voltados para o Ensino Superior; razão pela qual buscamos adaptá-los em nosso projeto para o Ensino Médio. Desta maneira, procuramos complementar a discussão por meio de uma publicação internacional (SCHWARZ et al., 2009), a qual demonstra a possibilidade de introduzir a modelagem científica no Ensino Básico. A seguir, faremos uma breve apresentação dos principais pontos dos artigos destacados.

O artigo de Heidemann, Araujo e Veit (2016) publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, tem por objetivo apresentar um novo olhar sobre as aulas de laboratório de Física no Ensino Superior, por meio do uso da modelagem científica. A proposta visa a tornar o aluno o protagonista de sua aprendizagem, de modo que sua atuação não se restrinja apenas a seguir roteiros engessados para o desenvolvimento dos experimentos. Nesse sentido, os autores destacam que muitas das atividades propostas em laboratório são realizadas de forma mecânica, com roteiros do tipo passo a passo e preenchimento de tabelas, sem que haja reflexão a respeito do conceito teórico envolvido, causando, assim, um distanciamento entre teoria e prática.

A proposta realizada pelos autores é inspirada nos ciclos de modelagem de Hestenes, conhecidos como *episódios de modelagem*, os quais se estruturam da seguinte forma: i) discussão inicial; ii) investigação; e iii) discussão final (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-3).

Na apresentação inicial, o professor deve expor uma situação real, de conhecimento dos alunos, que se relacione com o conceito presente no problema. Em seguida, será apresentada uma simplificação desta situação, a qual pode ser utilizada como aparato experimental, representando, assim, a situação real. Como exemplo desta situação, os autores citam uma das atividades realizadas por eles denominada “Pêndulo”, a qual, em uma situação real, poderia ser um relógio de pêndulo, ou, ainda, um gravímetro pendular. Já a simplificação desta corresponde o pêndulo simples utilizado em laboratório.

Nesse sentido, os autores ressaltam a importância de o aluno perceber que o pêndulo simples, por exemplo, é uma simplificação do problema real. Eles devem, portanto, considerar algumas situações particulares, como o fato de o fio ser inextensível e de massa desprezível, e o corpo suspenso no fio ser pontual. Com esta proposta, os estudantes devem avaliar a validade deste modelo, identificando as condições ideais para que as previsões dos períodos possuam diferenças de, no máximo, 5% dos períodos dos pêndulos reais.

Na segunda etapa, os estudantes devem investigar como deverão proceder para resolver o problema proposto anteriormente. Nesta etapa, eles serão os protagonistas, decidindo sobre quais materiais utilizarão, bem como em relação à forma de coleta de dados. Apesar da modelagem científica não utilizar roteiros delimitados, é fornecido um guia para nortear a atividade, contendo: i) a problematização do episódio de modelagem; ii) conhecimentos científicos básicos úteis para as investigações; e iii) opções de investigação (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-4). O professor, neste momento do desenvolvimento da atividade, atuará como mediador, auxiliando e orientando os grupos com suas dúvidas e dificuldades.

Na última etapa do episódio de modelagem, os grupos expõem para a turma seus resultados, bem como quais foram suas escolhas e seus motivos. Neste momento, o professor

pode conduzir os estudantes ao debate, incentivando-os a compartilharem seus pensamentos e introduzindo termos técnicos. Para os autores, nesta etapa, busca-se que “[...] os estudantes desenvolvam competências para se expressarem na forma oral, construindo argumentos fundamentados em conhecimentos científicos e em evidências experimentais” (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-5).

Ao longo do artigo, os autores destacam quatro atividades que realizaram em aulas de laboratório no Ensino Superior. Eles mencionam os problemas a serem resolvidos pelos estudantes, fazem uma breve apresentação sobre o desenvolvimento das atividades e, ao final, mostram que a proposta realizada teve por objetivo possibilitar o vínculo entre teoria e prática, fazendo com que os estudantes pudessem refletir sobre suas ações no laboratório, tornando-se, desta forma, protagonistas do desenvolvimento de seu conhecimento. Os autores ressaltam, ainda, que a utilização dos episódios de modelagem nas aulas de laboratório busca “[...] incentivar os estudantes a se engajarem nas atividades, possibilitando que eles sejam ativos nas aulas de laboratório, refletindo sobre como os conhecimentos científicos podem ser mobilizados no enfrentamento de problemas sobre eventos reais” (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-14).

O artigo de Brandão, Araujo e Veit (2011) publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, mostra uma proposta de trabalho centrada na apresentação do uso da modelagem científica no Ensino de Ciências como ferramenta para aproximar alunos e professores em torno da reflexão sobre a natureza, fazendo com que eles possam construir e validar modelos científicos, baseando-se, para tanto, na concepção de Mario Bunge sobre a modelagem científica. Nessa esteira, os autores apresentam estudos realizados acerca da concepção de professores e estudantes sobre modelos e modelagem científica. O resultado obtido aponta para a não utilização da modelagem científica, a qual é substituída, na maioria das vezes, pela passagem de conteúdo automática, sem discussões científicas sobre o tema.

De acordo com estes autores:

[...] este trabalho defende a tese de que o processo de modelagem científica pode ser visto como um campo conceitual subjacente ao domínio de campos conceituais específicos em Física, possuindo implicação didática para o Ensino de Física e para a pesquisa nessa área. (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2011, p. 509)

Para que seja possível o desenvolvimento do processo de modelagem científica, Brandão (2011) sugere, como aspecto fundamental, o domínio de conceitos específicos, ou seja, que os alunos tenham um conhecimento preexistente para que possam realizar a modelagem. O ponto que definirá a complexidade da análise da situação do mundo real, o qual se refere ao princípio do modelo científico, será o objetivo a ser alcançado pelo sujeito que o realiza, podendo ser o professor ou o aluno: “No contexto educacional, tal ferramenta pode ser denominada de modelagem didático-científica” (ibid., p. 528).

A maioria dos alunos apresenta certo receio em relação a conteúdos da área das Ciências da Natureza, principalmente a Física. Isto ocorre porque eles acabam se deparando com conceitos extremamente formais e a manipulação de expressões matemáticas que fazem com que o ensino de Física e a realidade do aluno se distanciem, o que resulta em visões diferenciadas sobre suas vivências e a ciência que é estudada em sala de aula. Em vista disto, os autores buscam, por meio da modelagem científica, aliar o cotidiano do aluno aos

construtos da Física, para que os alunos, ao se depararem com uma questão baseada em situações reais, sejam capazes de relacionar seus conhecimentos físicos para solucioná-la.

Por intermédio da modelagem científica, os alunos são desafiados a resolver problemas com base nos conceitos conhecidos e, assim, precisam desenvolver estratégias e raciocínio para o incremento do modelo científico capaz de se adequar à situação real enfrentada. É, neste processo, que os alunos demonstram maior dificuldade, uma vez que precisam realizar algo atípico em uma sala de aula. Para o autor:

[...] isso significa adotar uma postura epistemológica acerca do conhecimento produzido nessa disciplina, a fim de compreender as dificuldades encontradas pelos estudantes e professores no processo de conceitualização do real nessa área do conhecimento. (ibid., p. 535)

No artigo de SCHWARZ et al. (2009) publicado no *Journal Of Research In Science Teaching*, os autores propõem a utilização do processo de modelagem científica na Educação Básica, entre estudantes de 10 e 12 anos, de forma acessível tanto para professores quanto para estudantes no desenvolvimento da aprendizagem. Além disso, eles também mencionam evidências de aprendizagem dos estudantes por meio de seus desenhos e suas falas, salientando, desta forma, a importância da inserção do pensamento científico.

O envolvimento dos estudantes no processo de modelagem científica faz com que eles possam refletir, construir e avaliar por si próprios o conhecimento científico, oportunizando-lhes uma nova visão de mundo, de maneira que possam perceber o quanto os tópicos estudados em sala de aula estão presentes e podem explicar o mundo em que vivem.

Ademais, os autores destacam também que tanto professores quanto o próprio currículo escolar precisam estar preparados para o desenvolvimento da modelagem científica. Entretanto, conforme observam Harrison e Treagust¹ (2000):

[...] professores possuem deficiência curricular para utilização da modelagem científica. Além disso, a utilização da modelagem científica nas salas de aula demanda muita dedicação do professor. Muitos professores possuem experiência limitada com a modelagem científica e pouco conhecimento das ideias dos alunos sobre prática. (HARRISON e TREAGUST, 2000 *apud* SCHWARZ et al, 2009, p. 633)

As atividades propostas pelos autores foram realizadas por duas turmas, equivalentes no Brasil ao 5º e 6º ano do Ensino Fundamental. Os alunos trabalharam com os mesmos tópicos para o desenvolvimento dos modelos. Como era esperado, os alunos mais adiantados apresentaram um grau de aprofundamento maior, por meio de desenhos mais detalhados e explicações por escrito. Como o trabalho foi realizado com crianças, foi proposto a elas que apresentassem suas ideias através de desenhos, a cada etapa do desenvolvimento do modelo científico. Nesse aspecto, os autores ressaltaram a evolução dos alunos de um desenho para o outro, como é possível verificar através de alguns exemplos disponibilizados no trabalho. Para Schwarz et al. (2009, p. 634)²: “Engajar os estudantes na prática da modelagem permite que eles verifiquem seus modelos conceituais e possam utilizá-los na sua forma de pensar”.

¹ Tradução nossa.

² Tradução nossa.

Envolver estudantes desta faixa etária possibilita que eles tenham uma visão de ciência diferenciada, com mais significados. Assim, eles tornam-se capazes de construir seus conhecimentos de forma crítica e ativa, ou seja, diferentemente do que acontece nas aulas tradicionais, as quais, muitas vezes, ocorrem de forma desconexa, e o estudante apenas aceita, sem questionar, o que o professor fala e está escrito no livro. Utilizando a modelagem científica, os autores ressaltam a importância de deixar claro para os estudantes o que eles estão fazendo, o motivo pelo qual estão desenvolvendo tal atividade, bem como discutir com eles o objetivo da modelagem científica e como esta metodologia é utilizada no meio científico. Desta forma, incentivar o aluno a refletir sobre os modelos, que são representações não literais de um fenômeno, baseados em evidências empíricas e argumentação teórica.

Assim, como guia para os estudantes, o professor deve deixar claro algumas etapas das tarefas para o desenvolvimento do modelo, dentre as quais, a construção de um modelo consistente com as teorias estudadas, capaz de ilustrar e explicar o fenômeno em questão; ser capaz de usar este modelo para ilustrar e explicar o fenômeno; comparar e avaliar a capacidade de precisão de diferentes modelos para ilustrar e explicar o fenômeno; e rever o modelo para fixar seus conhecimentos apreendidos (SCHWARZ et al., 2009, p. 635).

Como resultado, os autores apontam que os estudantes demonstraram, através de desenhos e pequenas interações discursivas, o entendimento e a capacidade de utilização de modelos como uma ferramenta para explorar um fenômeno natural. Por outro lado, esses alunos apresentaram algumas limitações relacionadas à sua capacidade de reflexão, as quais impossibilitaram o aprofundamento do fenômeno, estando associadas ao hábito de aceitar informações dos professores e de livros sem questionamento (ibid., p. 646).

Os artigos ora apresentados foram escolhidos pelo fato de evidenciarem a relevância da utilização da modelagem científica no Ensino de Ciências, demonstrando, assim, a implicação didática do desenvolvimento científico dos alunos, fazendo com que eles sejam capazes de estabelecer relações entre o seu conhecimento de mundo e seu saber conceitual científico. A presente proposta traz uma adaptação dos Episódios de Modelagem para o Ensino Médio. Esta metodologia evidencia a importância da participação do aluno na construção do seu conhecimento científico, por meio de sua autonomia no desenvolvimento de modelos científicos. Esse método possibilita uma nova visão do ensino das ciências, na qual os alunos não devem somente concordar com o professor, podendo, também, questionar e criar seu próprio modelo científico para validar teorias já existentes.

Considerações finais

Levando em conta as consensuais críticas sobre as tradicionais atividades experimentais, frequentemente, propostas a partir de visões Empiristas e Indutivistas da Ciência e com roteiros fortemente dirigidos (BORGES, 2002), este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de fundamentar atividades experimentais no Ensino Médio. Realizamos uma revisão da literatura sobre Modelagem Científica e encontramos subsídios que possibilitam a adaptação dos episódios de modelagem, propostos por Heidemann, Araujo e Veit (2015) para o Ensino Básico. Como perspectivas futuras, temos a concepção de dois episódios de modelagem sobre os conceitos de oscilações mecânicas e ressonância. Estas atividades terão o enfoque na modelagem científica e temos como principal objetivo a participação do aluno em sala de aula, em que o mesmo deve se mostrar ativo nas atividades propostas e estas possuam conteúdos que façam sentido para o mesmo, de forma que o aluno perceba a importância destes e se disponha a participar de forma ativa e crítica das aulas. Como, na maioria dos casos, os alunos do Ensino Médio não estão habituados com atividades experimentais,

realizaremos o primeiro episódio de forma detalhada para que os mesmos possam tomar conhecimento do que é uma experimentação, assim como, quais os princípios fundamentais da modelagem científica. Como parte da etapa de validação dos episódios, será utilizada como ferramenta para coleta de dados, a placa micro controlada Arduino, que possibilitará a utilização de tecnologias em sala de aula como forma de auxiliar no processo experimental.

Referências

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 803-815, dez. 2002.

BRANDÃO, R. V. **Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de física do ensino médio.** 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **A modelagem científica vista como um campo conceitual.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 507-545, 2011.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. **A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, 2002.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. **A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3, p. 61, 2015.

DE CUDMANI, L. C.; PESA, M. A. **La evolución de los significados de los conceptos científicos en relación con la estructura cognitiva de los Estudiantes.** *Ciência & Educação*, v. 14, n. 3, p. 365-80, 2008.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral.** 2010. 367 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

HEIDEMANN, L. A. **Ressignificação da atividades experimentais no ensino de Física por meio do enfoque no processo de modelagem científica.** 2015. 298 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a resignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física.** *Revista brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 38, n. 1 (jan./mar. 2016), 1504, 15 p., 2016.

_____. **Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 3-32, 2016.

_____. **Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no Ensino de Física.** *Caderno brasileiro de ensino de física*. Florianópolis. v. 29, p. 965-1007, 2012.

MACHADO, J.; SOUZA, S. M. S. C. **Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana.** *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 887-902, 2011.

PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o**

ensino de ciências através de modelos. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

SCHWARZ, C. V.; REISER, B. J.; DAVIS, E. A.; KENYON, L.; ACHÉR, A.; FORTUS, D.; SCHWARTZ, Y.; HUG, B.; KRAJCIK, J. **Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners.** *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 6, p. 632-654, 2009.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. **A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o Ensino de Ciências.** *Ciência & educação*, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.