

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AMBIENTE DE MODELAGEM MATEMÁTICA: REFLEXÕES NO ENSINO DE FÍSICA

SCIENTIFIC LITERACY IN MATHEMATICS MODELING ENVIRONMENT: REFLECTIONS IN THE TEACHING PHYSICS

Ednilson Sergio Ramalho de Souza¹
Pedro Estevão da Conceição Moutinho²

Resumo

A alfabetização científica tem sido um tema bastante discutido nos últimos anos por pesquisadores do ensino de ciências e de matemática. Ela é importante porque não se limita à aprendizagem conceitual, envolve tanto a capacidade de compreender e de interpretar o mundo (natural, social, tecnológico) quanto a capacidade de o transformar com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Apesar disso, poucos trabalhos abordam esse tema em associação com a modelagem matemática. A modelagem matemática caracteriza-se na literatura nacional e internacional como um ambiente de aprendizagem em que os estudantes são envolvidos em tarefas investigativas que visem a elaboração de modelos matemáticos para compreender e para propor soluções a problemas reais. Nosso objetivo é analisar a emergência de competências para alfabetização científica por meio da modelagem matemática no contexto do ensino de física. Para isso, buscamos responder a duas perguntas principais: o que se entende por alfabetização científica? Como ela pode emergir em ambiente de modelagem matemática? Por meio de pesquisa qualitativa com acadêmicos de um curso de física durante um experimento sobre eletricidade, verificamos que as etapas de modelagem chamadas de coleta e de simplificação de dados podem favorecer o desenvolvimento de competências para a classificação de informações, para o levantamento de hipótese, para a explicação, para a justificativa, para a previsão e para o raciocínio proporcional. Porém, são necessárias pesquisas para aprofundar discussões sobre possibilidades de alfabetização científica em outras etapas da modelagem matemática e que abordem outros campos conceituais.

Palavras-chave: Alfabetização Científica. Modelagem Matemática. Experimentação. Ensino de Física.

Abstract

Scientific literacy has been a subject much discussed in recent years by researchers in science and mathematics education. It is important because it is not limited to conceptual learning, it involves both the ability to understand and interpret the world (natural, social, and technological) as well as the capacity to transform it based on the theoretical and procedural contributions of science. Despite this, few papers address this theme in association with mathematical modeling. Mathematical modeling is characterized in the national and international literature as a learning environment in which students are involved in investigative tasks that aim at the elaboration of mathematical models to understand and propose solutions to real problems. Our objective is to analyze the emergence of competences for scientific literacy through mathematical modeling in the context of physics teaching. To do this, we try to answer two main questions: what is meant by scientific literacy? How can it emerge in a mathematical modeling environment? Through qualitative research with academics of a physics course during an experiment on electricity, we verified that the steps of modeling called collection and simplification of data can favor the development of competences for the classification of information, hypothesis survey, explanation, justification, prediction and proportional reasoning. However, research is needed to deepen discussions about possibilities of scientific literacy in other stages of mathematical modeling and to address other conceptual fields.

Keywords: Scientific literacy. Mathematical Modeling. Experimentation. Physics Teaching.

¹ Docente da Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Especialista em Educação Matemática, Mestre em Educação em Ciências e Matemática, Doutorando em Educação em Ciências e Matemática.

² Docente do Instituto Federal do Pará-IFPA, Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Introdução

Na literatura nacional e internacional, existem diversas definições para alfabetização científica. No Brasil, além dessa nomenclatura, encontramos autores que usam os termos letramento científico, enculturação científica, literacia científica para se referirem ao objetivo do ensino de ciências que vise a formação cidadã dos estudantes para o domínio e para o uso dos conhecimentos científicos e tecnológicos nos mais diferentes momentos de suas vidas (SASSERON, 2015).

Na concepção do químico e educador Attico Chassot (2014a, p. 62), a alfabetização científica é vista como “[...] o conjunto de conhecimentos que facilitaria aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem”. Apesar de importante ao apontar que alfabetização científica se relaciona à leitura do mundo vivencial, essa concepção é ampla e, ao nosso ver, pouco informa sobre as características desses conhecimentos que poderiam facilitar aos homens e mulheres ler o mundo em que estão inseridos. Em outra obra, Chassot (2014b) salienta que a alfabetização científica deveria potencializar uma educação mais comprometida com os problemas sociais e pessoais dos estudantes, sejam eles do ensino fundamental, do ensino médio ou do ensino superior. Percebe-se a abrangência de significado que a alfabetização científica possui para esse autor.

Apoiando-se nas ideias de Paulo Freire, Sasseron (2010) entende que alfabetização científica se volta aos benefícios práticos do conhecimento científico para as pessoas, para a sociedade e para o meio ambiente. Nessa perspectiva, o ensino de ciências da natureza deveria favorecer:

[...] aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio por meio da prática consciente propiciada por uma interação cerceada de saberes, de noções e de conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao saber científico (SASSERON, 2010, p. 15).

Entendemos que a alfabetização científica se torna um objetivo importante porque não se limita à aprendizagem conceitual, envolve tanto a capacidade de compreender e de interpretar o mundo (natural, social, tecnológico) quanto a capacidade de o transformar com base nos aportes teóricos e processuais da ciência (BRASIL, 2017). Desse modo, a ideia de alfabetização científica coloca em dúvida a efetividade de aulas de física com foco na memorização e na mecanização de procedimentos, tal como ainda é comum em escolas e universidades brasileiras. Isso nos leva a propor alternativas ao chamado ensino bancário (FREIRE, 2005), no qual o professor deposita informações na mente do estudante, este, em analogia a um cofre, não possui abertura para questionar e para refletir durante o processo de aprendizagem.

Nossa hipótese de pesquisa é que a modelagem matemática possa gerar um ambiente favorável ao desenvolvimento de competências essenciais à formação de estudantes cientificamente alfabetizados. A modelagem matemática caracteriza-se na literatura nacional e internacional como um ambiente de aprendizagem em que os estudantes são envolvidos em tarefas investigativas que visem a elaboração de modelos matemáticos para compreender e para propor soluções a problemas reais (BASSANEZI, 2015; BIENBENGUT, 2016; HESTENES, 2013). O termo competência, no sentido atribuído por Perrenoud (2013, p. 45), é entendido tanto como um produto de uma aprendizagem quanto fundamento da ação humana: “a competência é o poder de agir com eficácia em uma situação, mobilizando e combinando, em tempo real e de modo pertinente, os recursos intelectuais e emocionais. Assim, nosso objetivo neste artigo consiste em analisar a emergência de competências para alfabetização científica em ambiente de experimentação com modelagem matemática no contexto do ensino de física.

Na seção que segue, faremos um diálogo sobre alfabetização científica, focalizando, a partir das reflexões de Carvalho (2009), em fatores determinantes para a compreensão desse conceito. Na segunda seção, nosso interesse será refletir sobre o ambiente de modelagem matemática, a partir das discussões de Barbosa (2001), Chaves (2012) e Gaspar (2014). Na terceira seção, apresentaremos um entrelaçamento de ideias com o objetivo de averiguar a emergência de competências para alfabetização científica durante uma atividade experimental realizada com futuros professores de física cuja temática foi eletricidade. A quarta seção finaliza nossas discussões.

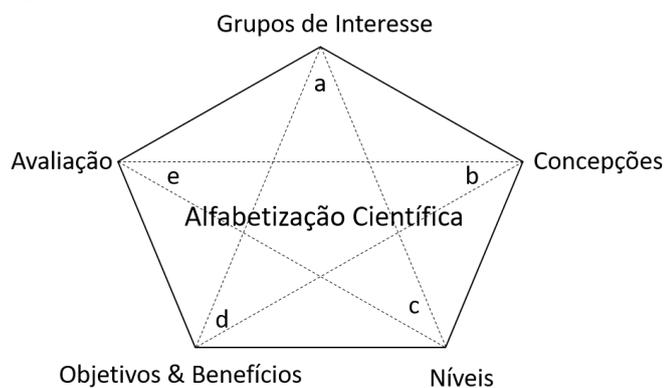
Um diálogo sobre alfabetização científica

A alfabetização científica, termo traduzido da língua inglesa *scientific literacy*, tem sido um objetivo para o ensino de ciências perseguido por diversos países desde a década de 50 dos anos 1900. Ganhou força após o lançamento do satélite *Sputnik* pela então Rússia em outubro de 1957, chamando a atenção dos Estados Unidos para o fato de que deveriam investir na educação científica e tecnológica dos jovens americanos. Em 1958, o pesquisador Paul Hurd publicou um artigo intitulado *Science literacy: Its meaning for american schools*, no qual argumentava que “[...] o problema imediato é acabar com o fosso entre a riqueza da realização científica e a pobreza da alfabetização científica na América” (HURD, 1958, p. 14, tradução nossa). Mas o que se entende por alfabetização científica?

Para aprofundar reflexões sobre o conceito de alfabetização científica, antes, é necessário frisar que se trata de um termo polissêmico e, como bem afirma Roberts (2007), não há consenso sobre seu significado na comunidade de pesquisadores em educação em ciências. Isso porque,

tomando por base as discussões de Carvalho (2009), inferimos que ele depende pelo menos de cinco fatores determinantes: os grupos de interesse; as concepções sobre competências necessárias; os níveis de alfabetização; os objetivos & benefícios e as formas de avaliações.

Figura 1 – Determinantes do conceito de alfabetização científica.



Fontes: Adaptado de Carvalho (2009).

Na Figura 1 acima, os grupos de interesse, enquanto possíveis determinantes do conceito de alfabetização científica, estão relacionados tanto aos objetivos & benefícios quanto aos níveis de alfabetização. Esses grupos são formados por profissionais que se preocupam em promover alfabetização científica (professores, gestores e demais profissionais da educação científica) e também por grupos-alvo em que se pretende que tal alfabetização seja desenvolvida (cidadãos, estudantes de escolas e de universidades). Outros grupos de interesse são os investigadores em ciências sociais (sociólogos, cientistas políticos) que se interessam pela maneira como as pessoas apoiam e participam das políticas de ciência e de tecnologia. Existem também os divulgadores da ciência (mídias), cujo foco é na difusão da informação científica pelas vias formais e não formais. Cada grupo de interesse possui compreensão particular sobre o que seria alfabetização científica a partir de seus próprios interesses, isso porque eles têm objetivos diversos e percebem diferentes benefícios.

Outro determinante do conceito de alfabetização científica relaciona-se às concepções sobre competências necessárias ao seu desenvolvimento. Essas competências estão relacionadas tanto aos objetivos & benefícios quanto à forma de avaliação. Dependendo do para quê/para quem se quer a alfabetização científica, surgem concepções diversas sobre quais competências e habilidades adquirir. Por outro lado, as formas de avaliar a aquisição ou não de alfabetização científica estão intimamente relacionadas às competências e habilidades eleitas como objetivos de aprendizagem.

O nível de alfabetização científica enquanto determinante desse conceito está relacionado tanto com as formas de avaliação quanto com os grupos de interesse. Ou seja, ele depende tanto

de como se avalia como também de quem avalia a alfabetização. Nesse sentido, o Quadro 1 organiza três níveis crescentes para a alfabetização científica.

Quadro 1 - Níveis de alfabetização científica.

Níveis	Características
Alfabetização científica funcional (ou básica).	Em que a pessoa tem competências básicas de alfabetização científica para a leitura e para a escrita, de forma a poder funcionar eficientemente nas situações do cotidiano.
Alfabetização científica comunicativa (ou interativa).	Em que a pessoa tem competências cognitivas de alfabetização científica mais avançadas. Em conjunto com competências sociais, lhe permite participar ativamente nas atividades do cotidiano, selecionar informação, dar-lhe significado e aplicar nova informação para a mudança de situação.
Alfabetização científica crítica.	Em que a pessoa tem competências cognitivas de alfabetização científica ainda mais avançadas e que, em conjunto com competências sociais, é capaz de analisar criticamente a informação que recebe e usar esta informação para exercer maior controle sobre os mais variados acontecimentos nas diversas situações de vida.

Fonte: Com base em Carvalho (2009).

Idealmente, as políticas públicas para o ensino de ciências deveriam promover alfabetização científica desde o nível básico até o nível crítico. Desse modo, os os estudantes poderiam efetivamente agir frente a situações sociais, culturais, políticas, tecnológicas. Isso significa que os discentes não devem ser meros consumidores passivos do conhecimento científico, mas utilizadores ativos dele. Em outras palavras, o investimento em políticas educacionais que visem mover os estudantes (sejam eles crianças, jovens ou adultos) de um nível básico para um nível crítico de alfabetização científica seria percebido quando esses mesmos estudandes soubessem, por exemplo, não apenas aplicar equações na resolução de problemas em física, mas saber justificar com garantias científicas conceitos e processos utilizados para resolvê-los.

Os Objetivos & benefícios enquanto fatores que interferem na compreensão do conceito de alfabetização científica estão relacionados aos grupos de interesse e competências necessárias. Quanto a esse conjunto de fatores, é possível caracterizá-lo tanto na dimensão social quanto na dimensão individual. O Quadro 2 mostra por que é importante um alto nível de alfabetização científica na dimensão social.

Quadro 2 - Objetivos & benefícios da alfabetização científica: dimensão social.

Objetivos & Benefícios (Dimensão Social)	Características
Para o desenvolvimento econômico do país.	A alfabetização científica é um capital humano necessário para o desenvolvimento das economias de mercado que requerem a participação de profissionais (cientistas, técnicos, engenheiros) na corrida pelas novas tecnologias, sejam elas de informação e de comunicação, de energias renováveis ou outras.
Para o apoio de políticas públicas de ciências.	Elevados níveis de alfabetização científica favorece a percepção sobre a importância social da ciência e da necessidade da implementação de políticas públicas.
Para as expectativas dos cidadãos.	Quanto mais elevado for o nível de alfabetização científica da população, mais os cidadãos compreendem os objetivos, os processos e as capacidades da ciência e menos aceitarão expectativas irrealistas e ilusórias, que podem contribuir para a falta de confiança dos cidadãos.
Para influência nas decisões políticas.	Elevados níveis de alfabetização científica dos cidadãos encorajam-nos a exercer os seus direitos democráticos nas questões relacionadas com a ciência, o que favorece tomadas de decisão democráticas e eficazes.

Fonte: Com base em Carvalho (2009).

Na dimensão individual, o Quadro 3 realça para quê/para quem um elevado nível de alfabetização científica é importante.

Quadro 3 - Objetivos & benefícios da alfabetização científica: dimensão individual.

Objetivos & Benefícios (Dimensão Individual)	Características
Para tomadas de decisão no âmbito do estilo de vida.	A pessoa com elevado nível de alfabetização científica possui conhecimentos e competências para tomar decisões sobre a sua própria vida, especialmente no que diz respeito à ciência e à tecnologia.
Para empregabilidade.	Na atual “sociedade baseada no conhecimento e na tecnologia”, aquele que possui elevado nível de alfabetização científica terá mais oportunidade de adquirir emprego nestas áreas e de contribuir para o seu desenvolvimento.
Para aspecto intelectual.	O conhecimento de/sobre ciências pode ser considerado um aspecto cultural importante a acrescentar à cultura literária e artística. Um indivíduo com elevado nível de alfabetização científica sente-se intelectualmente como um cidadão do mundo, promotor da cultura científica.
Para a Ética.	Uma vez que as normas e os valores inerentes à ciência são transponíveis para uma vasta cultura, o aumento de alfabetização científica contribui para tornar as pessoas não simplesmente mais sábias, também, moralmente melhores.

Fonte: Com base em Carvalho (2009).

Os benefícios de um elevado nível de alfabetização científica na dimensão social tem reflexos na economia nacional, no próprio desenvolver da ciência, nas políticas públicas e nas práticas democráticas. Na dimensão individual, esse reflexo manifesta-se na capacidade de tomadas de decisão das pessoas, nos estilos de vida, na empregabilidade, nos aspectos intelectual e até moral. Tais benefícios não se tratam de utopias ou de quimeras. Em países como Finlândia e Canadá são uma realidade documentada nas avaliações do PISA (OECD, 2016). Nessa pintura, o maior desafio que se nos apresenta não é se os estudantes de ciências sejam capazes de adquirir nível crítico de alfabetização científica, mas a necessidade de políticas educacionais coerentes com

a formação de profissionais da educação (professores, gestores, técnicos) que possam efetivamente favorecer o desenvolvimento de competências para alfabetização científica nos estudantes.

Por fim, as avaliações sobre a alfabetização científica enquanto fator que influencia a compreensão desse conceito estão relacionadas às competências necessárias e aos níveis de alfabetização. Tal avaliação geralmente é realizada pelos grupos de investigadores em ciências sociais que se preocupam em pesquisar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes e suas concepções prévias, pesquisar a avaliação da compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência, pesquisar os processos científicos e a análise de problemas no âmbito social e tecnológico. A avaliação em alfabetização científica possui a finalidade de monitorar as percepções dos estudantes sobre questões de ciência, de tecnologia e de sociedade.

Os fatores que colocamos aqui para debate e que podem interferir na compreensão do conceito de alfabetização científica não são exaustivos, mas são importantes para evidenciar que tal conceito possui condicionantes variadas, tornando-se difuso e, por vezes, polissêmico. Porém, mesmo considerando esses vários entendimentos, é possível estabelecer algumas convergências entre as competências necessárias aos alfabetizados cientificamente. Sasseron (2008; 2010; 2015) agrupa tais competências em três blocos, denominados pela autora de Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica. O primeiro eixo refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. O segundo preocupa-se com a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. O terceiro e último eixo estruturante compreende o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A partir dos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, Sasseron (2008; 2010, 2015) propõe Indicadores de Alfabetização Científica capazes de refletir evidências de como a mesma está se desenvolvendo nas atividades designadas aos estudantes. Em número de dez, são eles: a seriação, organização e classificação de informações; o levantamento e teste de hipóteses; a justificativa, previsão e a explicação; o raciocínio lógico e proporcional. No caso das aulas de física, a justificativa, previsão e explicação podem ser reunidos em um único indicador: o modelo explicativo (SASSERON, 2010).

Considerando que, no ensino de física, a maioria dos modelos explicativos são modelos matemáticos, vale observar o que diz David Hestenes (2013) sobre a importância destes modelos no desenvolvimento da alfabetização científica,

Estes modelos caracterizam as estruturas básicas que são quantitativos onipresentes não só na física, mas também em todo o resto da ciência. Suas aplicações para ciência e vida moderna são ricas e ilimitadas. Por conseguinte,

usar estes modelos em uma variedade de situações é um componente essencial para a alfabetização matemática e científica (p. 15, tradução nossa).

Desse modo, chegamos a um ponto da caminhada que nos permite levantar a hipótese de que a construção de modelos matemáticos ou modelagem matemática é um processo que pode desencadear o desenvolvimento de competências necessárias à alfabetização científica no ensino de física.

Modelagem matemática com experimentação

O uso de atividades experimentais no ensino de física provavelmente teve seu início no Brasil por volta de 1966 com a introdução do livro do PSSC (*Physical Science Study Committee*) nas escolas brasileiras. Gaspar (2014) argumenta que o plano do PSSC estava centrado em uma proposta curricular que entendia que o aluno só poderia aprender ciência por si a partir de atividade experimental. Analisando essas atividades, percebe-se fortemente a presença da modelagem matemática ao proporem que os alunos elaborassem gráficos e funções matemáticas a partir de experimentos que eles mesmos realizavam e analisavam.

Mesmo importante por ter apresentado aos professores de física uma maneira alternativa ao método tradicional, Gaspar (2014) salienta que o PSSC declinou por dois motivos principais: fundamentação pedagógica equivocada de que o aluno aprenderia somente pela interação direta com o material experimental e o alheamento, por parte daqueles que formulavam os materiais didáticos, da realidade educacional para o qual esses materiais eram destinados.

Acreditamos que é exatamente nesses dois pontos que a modelagem matemática, enquanto ambiente educacional, pode contribuir para práticas experimentais nas aulas de física, uma vez que nesse ambiente o professor é orientador das tarefas realizadas por grupos de estudantes a partir de temas de suas próprias realidades.

Barbosa (2001, p. 31) contribui com sua concepção de modelagem: “[...] ao meu ver, modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações com referência na realidade”. Notamos que, na visão desse autor, o ambiente de modelagem está relacionado à ação sobre a realidade. Frisamos que a relação entre modelagem matemática e ação sobre situações do mundo real é uma concepção comum na literatura da área (CHAVES; ESPÍRITO SANTO, 2008).

Em nossa visão, existe uma diferença sutil entre gerar ambiente experimental com modelagem matemática e gerar ambiente de modelagem matemática com experimentação. No primeiro, as técnicas e métodos visam a modelagem de dados empíricos produzidos, geralmente, a partir de um experimento de laboratório, quase sempre descontextualizado do mundo vivencial

do estudante, pois o interesse é a produção de um modelo matemático para interpretar o próprio experimento, foi o caso das atividades realizadas pelo PSSC. No segundo, os métodos e técnicas visam a modelagem de dados obtidos a partir uma situação real pertencente ao contexto vivencial do discente, os experimentos surgem da necessidade de compreender e propor interpretações sobre a situação real investigada. Embora diferentes em suas naturezas, essas duas maneiras de fazer modelagem matemática são complementares e enriquecem o trabalho pedagógico em física.

No que diz respeito aos desafios do ambiente de modelagem matemática, é possível encontrar na literatura referências com relação: à insegurança do professor e também dos alunos; inadequação do currículo proposto pela escola com o currículo efetivamente estudado (BURAK; KLÜBER, 2007); o tempo extraclasse para desenvolver algumas tarefas. Além disso, ressaltamos a resistência de alguns alunos acostumados ao método tradicional, a infraestrutura escolar inadequada para realizar pesquisa (falta de livros, computador, *internet* etc.). Acreditamos que tais desafios não invalidam o uso pedagógico da modelagem matemática e, com boa vontade, muitos deles podem ser superados.

A característica aberta do ambiente de modelagem constitui-se, ao nosso ver, em uma de suas maiores potencialidades. Moutinho (2007) relaciona algumas consequências positivas em física: motivação dos alunos e do próprio professor; facilitação e significação da aprendizagem; aplicação nas mais variadas áreas do conhecimento; desenvolvimento do raciocínio, lógico e dedutivo; desenvolvimento do aluno como cidadão crítico, político e reflexivo; integração com assuntos do dia-a-dia e com fenômenos da natureza; facilita as interações entre professor-aluno e aluno-aluno; possibilita a criação de um modelo matemático que represente a situação estudada.

Embora tal ambiente tenha esse caráter aberto, isso não significa falta de sistematicidade. Ou seja, não quer dizer que não podemos estabelecer algumas “maneiras” de “fazer modelagem matemática”. Nesse sentido, Barbosa (2001), ao realizar um levantamento na literatura nacional e internacional, identificou três formas diferentes de organizar atividades de modelagem, chamadas de “Casos”:

Caso 1. Imaginemos que um professor apresente aos alunos uma situação-problema acerca da construção de um estacionamento numa avenida (da cidade), onde se pede a melhor forma de dispor os carros. A descrição da situação, os dados (reais) e o(s) problema(s) são trazidos pelo professor, cabendo aos alunos o processo de resolução. [...] Caso 2. O professor traz para a sala um problema não-matemático [...]. Os alunos devem coletar as informações qualitativas e quantitativas necessárias para resolver o problema: ao professor coube formular e apresentar o problema [...]. Caso 3. Outra forma de integrar modelagem ao currículo é o desenvolvimento de projetos desenvolvidos a partir de temas, que podem ser escolhidos pelo professor ou pelos alunos. Aqui o levantamento de informações, a formulação de problemas e a resolução destes cabem aos alunos. (BARBOSA, 2001, p.38-39)

Infere-se que os Casos de Barbosa enfatizam a relação professor x aluno. Ressalta-se que nos três Casos o professor atua como coparticipante na investigação dos alunos, dialogando com eles acerca de suas tarefas. No entanto, no Caso 1, o professor possui um papel mais ativo na organização das atividades, uma vez que ele fica responsável pela formulação da situação-problema. Por outro lado, no Caso 3, a atuação do professor é menor, pois os alunos assumem a maior parte das tarefas de modelagem.

Ao aprofundar a ideia de regiões de possibilidades em modelagem, Chaves (2012) combina algumas propostas didáticas, entre elas a de Burak (2004) e a de Barbosa (2001), e apresenta um quadro que relaciona etapas às possibilidades de ação professor x aluno. Tal quadro possui amplitude pedagógica e será utilizado como orientador da atividade de modelagem que relataremos na próxima seção.

Quadro 4 - Possibilidades para modelagem matemática na sala de aula.

Etapas do processo	Possibilidade		
	1	2	3
Escolha do tema	Professor	Professor	Prof./aluno
Elaboração da situação-problema	Professor	Professor	Prof./aluno
Coleta de dados	Professor	Prof./aluno	Prof./aluno
Simplificação dos dados	Professor	Prof./aluno	Prof./aluno
Tradução/resolução do problema	Prof./aluno	Prof./aluno	Prof./aluno
Análise crítica da solução/validação	Prof./aluno	Prof./aluno	Prof./aluno

Fonte: Chaves (2012, p. 41).

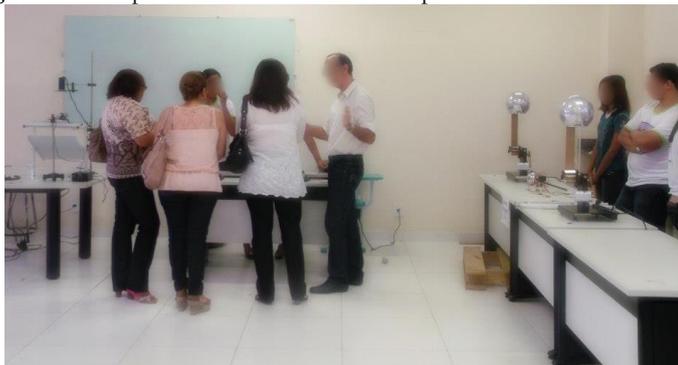
A proposta de Chaves (2012) representada no quadro acima chama a atenção pela quantidade de etapas relacionadas às possibilidades de ação professor x aluno. Se percorrermos as seis etapas de cima para baixo, veremos que as ações desenvolvidas pelos estudantes aumentam em complexidade. Da mesma maneira, se percorrermos da esquerda para a direita, isto é, na transição do Caso 1 para o Caso 3 ocorre aumento de recursos cognitivos mobilizados pelos estudantes, possibilitando maior ganho cognitivo. A escolha do caminho a ser percorrido vai depender do objetivo que se pretende alcançar, “[...] em outras palavras, o contexto e a finalidade, ou seja, o *onde* e o *para quê* a modelagem será utilizada são, em certa medida, determinantes para o *como* ou para a forma que vai ser planejada e desenvolvida” (CHAVES, 2012, p. 41, grifos da autora). A seguir, veremos como a alfabetização científica pode emergir em um ambiente educacional de modelagem matemática.

Entrelaçando discussões

Como podem emergir competências para alfabetização científica em um ambiente de experimentação com modelagem matemática? Para laçar respostas a essa pergunta, faremos

análise qualitativa sobre uma atividade realizada no segundo semestre do ano de 2014 por um dos autores do artigo. Creswell (2014), comenta que esse tipo de abordagem começa com pressupostos que caracterizam o problema de pesquisa, aborda significados que os sujeitos ou grupos atribuem a uma situação vivenciada. A coleta de dados ocorre em um contexto natural, ou seja, no momento e lugar em que o fato ocorre. A análise de dados é tanto indutiva quanto dedutiva e seu principal objetivo é produzir padrões ou temas.

Figura 2 – Grupo de estudantes durante experimento sobre eletricidade.



Fonte: Registro nosso.

Os sujeitos da pesquisa foram dezesseis (16) estudantes de uma turma de física do Instituto Federal de Educação do Pará, no município de Bragança-PA, durante uma disciplina Estágio Supervisionado III. A coleta de dados foi por meio de observação direta no contexto da pesquisa participante em que o pesquisador é corresponsável pela produção de dados empíricos (MALHEIROS, 2011). As falas dos sujeitos foram transcritas e interpretadas conforme técnicas da análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2016).

A atividade foi realizada tomando-se por base as seis etapas de modelagem de Chaves (2012) organizadas no Quadro 4, ou seja: escolha do tema; elaboração da situação-problema; coleta de dados; simplificação dos dados; tradução/resolução do problema e análise crítica da solução/validação. Por questão de limitação no espaço escrito, faremos análise de um episódio discursivo ocorrido nas etapas de coleta e de simplificação de dados.

A escolha do tema foi realizada pelo professor a partir de seus objetivos pedagógicos. O tema escolhido foi eletricidade, pois trata-se de um tema comum no cotidiano dos nossos alunos. A eletricidade é um tema propício para utilização da modelagem matemática com experimentação.

A situação-problema consistiu em investigar a resistência elétrica em um condutor elétrico. O material disponibilizado para os grupos constou de prancha com fios condutores, fios de ligação, voltímetro, amperímetro, papel quadriculado. Apresentamos no quadro branco o circuito elétrico a ser montado pelas equipes. Cada equipe montou seu circuito e, depois de concluído, o

professor era chamado para supervisionar. Na ocorrência de erros, provocávamos a equipe para resolver o problema. A construção do circuito elétrico necessitou que os estudantes comparassem nomes, conceitos, procedimentos; identificassem grandezas que pudessem ser alteradas ou controladas, tais como resistência elétrica, corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica; delineassem possíveis ações a serem realizadas posteriormente.

No decorrer da coleta e da simplificação dos dados, equivocadamente, uma equipe ligou o amperímetro em paralelo. Nesse momento, surgiu um episódio discursivo:

Quadro 5 – Episódio discursivo sobre o amperímetro.

Segmento discursivo	Marcadores (unidades de significado)
Professor: qual a resistência elétrica de um amperímetro? O que acontece quando ligamos o amperímetro em paralelo no circuito?	Resistência elétrica, ligação em paralelo.
E1: a resistência é zero...	Resistência elétrica.
E2: não... a resistência não é zero... porque não temos aparelho elétrico com resistência zero...	Resistência elétrica.
E1: então é quase zero...	
Professor: por que?	
E2: para que a corrente que passe por ele seja igual a do resistor...	Corrente elétrica.
Professor: e se for em paralelo... o que acontece?	Ligação em paralelo.
E3: queima tudo...	
E4: só vai passar corrente pelo amperímetro...	Corrente elétrica, amperímetro.
E3: não... o amperímetro não vai medir a corrente... porque não vai passar corrente... queima o aparelho...	Corrente elétrica.

Fonte: Elaboração nossa.

No episódio discursivo acima, o professor percebe que uma equipe ligou equivocadamente o amperímetro em paralelo quando era para ser ligado em série. Para suscitar discussão sobre a maneira correta de ligar o amperímetro no circuito elétrico, ele levanta duas perguntas. A primeira pergunta suscita a unidade de significado resistência elétrica: “qual a resistência elétrica de um amperímetro?”. A segunda suscita a unidade de significado ligação em paralelo: “o que acontece quando ligamos o amperímetro em paralelo no circuito?”.

Na tentativa de responder a essas perguntas, surge no segmento de discurso de E1 dois indicadores de alfabetização científica chamados por Sasseron (2010) de levantamento de hipótese e de classificação de informações:

O *levantamento* de hipóteses aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto na forma de uma afirmação quanto na de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).
A *classificação* de informações aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos, o que pode fazer com que essas informações sejam

apresentadas conforme uma hierarquia, embora o aparecimento dessa hierarquia não seja condição *sine qua non* para a classificação de informações. Constitui-se em um indicador voltado para a ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando, procurando uma relação entre eles (SASSERON, 2010, p. 19-20, *Grifos da autora*).

Ao expressar oralmente “a resistência é zero [...]” E1 faz uma afirmativa para levantar a suposição de que a resistência elétrica de um amperímetro deve ser zero, mas ele não apresenta justificativas para tal afirmativa. A habilidade para classificar informações pode ser inferida subjacente às respostas apresentadas por E1: “a resistência é zero...”, “então é quase zero...”. Nota-se que ele busca caracterizar de forma quantitativa o conceito de resistência elétrica em resistência zero e resistência quase zero. Ou seja, ele conclui, após a intervenção de E2, que a resistência elétrica de um amperímetro deve ser próxima de zero, mas não chega a zero.

Quando E2 intervém na resposta de E1 e faz uma negativa: “não... a resistência não é zero... porque não temos aparelho elétrico com resistência zero...” surgem dois indicadores de alfabetização científica chamado por Sasseron (2010) de explicação e de justificativa:

A *explicação* surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente, à explicação segue-se uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não possuem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

A *justificativa* aparece quando, em uma afirmação qualquer, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, torando-se mais segura (SASSERON, 2010, p. 20).

A explicação surge quando E2 toma por referência a hipótese levantada por E1 de que a resistência no amperímetro deveria ser zero e faz uma negativa: “não... a resistência não é zero...”. Contudo, E2 não se limita apenas a negar a suposição de E1, ele realça sua explicação com uma justificativa: “porque não temos aparelho elétrico com resistência zero...”. Tal justificativa representa uma garantia para sua negativa, garantia fundamentada no apoio científico de que não existe aparelho elétrico com resistência zero.

Quando o professor pergunta por que a resistência elétrica no amperímetro deve ser próxima de zero e E2 responde: “para que a corrente que passe por ele seja igual a do resistor...” evidencia-se um indicador para alfabetização científica chamado por Sasseron (2010) de previsão: O indicador da *previsão* é explicitado ao afirmar uma ação e/ou fenômeno ocorrendo em associação (e como decorrência) a certos acontecimentos (SASSERON, 2010, p. 20, *grifos da autora*). E2 mostra habilidade para associar a intensidade da corrente no amperímetro à intensidade do resistor do circuito, assim, ele consegue prever que a intensidade da corrente elétrica no amperímetro será igual à intensidade da corrente elétrica no resistor.

No momento em que o professor pergunta para o grupo o que aconteceria se o amperímetro fosse ligado em paralelo, ele obtém as respostas de E3: “queima tudo...”, “não... o amperímetro não vai medir a corrente... porque não vai passar corrente... queima o aparelho...” evidencia-se um indicador de alfabetização científica chamado por Sasseron (2010) de raciocínio proporcional que “[...] dá conta de apontar o modo como se estrutura o pensamento, além de se referir à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.” (SASSERON, 2010, p. 21). Desse modo, E3 expressou um pensamento que relacionou diretamente o tipo de ligação série/paralelo do amperímetro e a passagem de corrente elétrica, ou seja, a passagem de corrente elétrica no amperímetro está vinculada proporcionalmente à maneira como este equipamento é ligado no circuito.

Para a etapa de tradução e resolução do modelo matemático, fornecemos aos grupos uma tabela de duas colunas $U \times I$ com os valores de tensão elétrica (U) pré-estabelecidos de um a cinco volts. A intensidade de corrente (I) foi medida e coletada durante o experimento.

Após a coleta de dados, orientamos que os grupos acrescentassem uma terceira coluna na tabela para verificar se havia alguma relação matemática entre a tensão elétrica e a corrente elétrica. A relação matemática foi estabelecida após orientação para que procedessem a operação da divisão entre a tensão (U) e a corrente (I). Para cada fio, o valor da resistência (R) foi numericamente igual ou aproximado ao cociente entre a tensão (U) e a corrente (I). Assim, puderam estabelecer o seguinte modelo matemático:

$$R=U/I$$

Para a validação do modelo matemático, os alunos transportaram os dados coletados para um gráfico no sistema cartesiano. Montaram o gráfico fazendo as possíveis aproximações e análises. Os pontos que tiveram um grande desvio deveriam ser ignorados ou refeitos. Foi orientado que desenhassem uma reta que contemplasse o maior número possível de pontos e que a reta representasse uma média dos pontos representativos das grandezas medidas. Para calcular o coeficiente angular da reta, primeiramente, explicamos como esse procedimento seria feito. Após o cálculo, solicitamos que comparassem o valor encontrado com o valor médio da resistência calculado na tabela para validar o modelo matemático.

Considerações finais

Acreditamos ter alcançado, ao menos parcialmente, nosso objetivo geral na proposição desse artigo, o qual consistiu em analisar a emergência de competências para alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática no ensino de física. Nos concentramos em analisar um episódio argumentativo entre o professor e um grupo de estudantes durante a

realização de um experimento sobre eletricidade visando construir um modelo matemático para relacionar a tensão elétrica (U) com a corrente elétrica (I).

Utilizamos a análise textual discursiva para interpretar segmentos discursivos entre os estudantes e o professor no momento em que o grupo fazia medições utilizando um amperímetro. O quadro que segue, organiza as competências emergentes com relação à etapa da modelagem em que os discursos se desenvolveram.

Quadro 6 - Possibilidades para modelagem matemática na sala de aula.

Etapa da Modelagem (CHAVES, 2012)	Competências emergentes (SASSERON, 2010)	Segmentos discursivos
Coleta e simplificação dos dados.	Levantamento de hipótese	“a resistência é zero...”
	Classificação de informações	“a resistência é zero...”, “então é quase zero...”
	Explicação	“não... a resistência não é zero...”
	Justificativa	“porque não temos aparelho elétrico com resistência zero...”.
	Previsão	“para que a corrente que passe por ele seja igual a do resistor...”.
	Raciocínio proporcional	“queima tudo...”, “não... o amperímetro não vai medir a corrente... porque não vai passar corrente... queima o aparelho...”.

Fonte: elaboração nossa.

O quadro acima propõe que, na etapa de coleta e de simplificação de dados do ambiente de modelagem matemática (CHAVES, 2012), é possível emergir as competências de levantamento de hipótese, de classificação de informações, de explicação, de justificativa, de previsão e de raciocínio proporcional (SASSERON, 2010). Tais competências foram inferidas a partir de segmentos discursivos específicos envolvendo os conceitos de resistência elétrica e de corrente elétrica no contexto de um experimento sobre eletricidade. A importância desse quadro consiste em legitimar a conclusão de que procedimentos referentes a coleta e simplificação de dados em modelagem matemática pode favorecer o desenvolvimento das competências para alfabetização científica já referidas acima.

Contudo, ainda restam algumas perspectivas a serem colocadas em pauta. Uma delas diz respeito à validade da conclusão acima quando se quer modelar outros temas e abordar outros conceitos em física. Será que chegaríamos à mesma conclusão em um experimento sobre mecânica envolvendo, por exemplo, o conceito de força ou de energia? Acreditamos que sim, principalmente se levarmos em conta que procedimentos de classificação de informação,

levantamento de hipótese, explicação, justificativa, previsão e raciocínio proporcional são típicos do processo investigativo, especialmente quando se utiliza o ambiente experimental. Porém, somente na continuidade das pesquisas é que vamos poder fundamentar com fundamentos científicos nossas crenças.

O quadro acima refere-se a apenas duas etapas do ambiente de modelagem matemática apregoadas por Chaves (2012): a coleta e a simplificação de dados. Desse modo, abre-se uma agenda de pesquisa no sentido de completá-lo visando entender evidências de competências em alfabetização científica nas outras etapas, isto é, na escolha de temas, na elaboração da situação-problema, na tradução/resolução do problema e na análise crítica da solução/validação.

Por fim, a partir da interação com alunos envolvidos no relato desse artigo, os quais realizaram atividades de ensino em uma escola pública utilizando a modelagem matemática, notou-se um fator principal de obstáculo ao uso da modelagem: o compromisso em cumprir o conteúdo estipulado e sem fugir da ordem apresentada pelo plano da disciplina. Esse é um dos grandes desafios a ser superado quando se procura uma prática pedagógica inovadora, pois o educando não deve ser tolhido por um conteúdo pré-determinado. A alfabetização científica pode ser um caminho para a prática pedagógica que estamos almejando.

Agradecimento:

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

Referências

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

BASSANEZI, R. C. **Modelagem matemática: teoria e prática**. São Paulo: Contexto, 2015.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na educação matemática e na ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (Ensino Fundamental)**. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 17 ago 2017.

BURAK, D. Modelagem matemática e a sala de aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., 2004, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2004.

BURAK, D. ; KLUBER, T. E. Modelagem matemática na educação básica: uma trajetória. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007.

CARVALHO, G. S. Literacia científica: conceitos e dimensões. In: AZEVEDO, F.; SARDINHA, M. G. **Modelos e práticas em literacia**. Lisboa: Lidel, 2009, p.179-194.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 6 ed. Ijuí: Unijuí, 2014a.

_____. **Educação conSciência**. 2 ed. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2014b.

CHAVES, M. I. A. **Percepções de professores sobre repercussões de suas experiências com modelagem matemática**. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Instituto de Educação Matemática e Científica - IEMCI, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

CHAVES, M. I. A.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Modelagem matemática: uma concepção e várias possibilidades. **Boletim de Educação Matemática**. Rio Claro, ano 21, n. 30, Fev 2008. Disponível em <<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/bolema/article/view/1781/1568>>. Acesso em 07 ago 2016.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. 3 ed. Tradução: Sandra Mallmann da Rosa. Porto Alegre: Penso, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 46 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

HESTENES, D. Remodeling science education. **European Journal of Science and Mathematics Education**. vol. 1, n. 1, p. 13-22, 2013.

HURD, P. D. Science literacy: Its meaning for american schools. **Educational Leadership**. October, 1958, p. 13-16.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 3 ed. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2016, 224p.

MOUTINHO, P. E. C. **CTS e a modelagem matemática na formação de professores de física**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico –NPADC, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

OECD. **PISA 2015 Assessment and Analytical Framework**: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, 2016. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>>. Acesso em 02 abr 2017.

PERRENOUD, P. **Desenvolver competências ou ensinar saberes?** a escola que prepara para a vida. Trad. Laura Solange Pereira. Porto Alegre: Penso, 2013 (Livro digital Saraiva).

ROBERTS, D. A. Scientific literacy/science literacy. In: ABELL, S.K. e LEDERMAN, N.G. (Eds.). **Handbook of research on science education**, v. 2. pp. 729-780, 2007.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 1-27.

_____. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental**: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 265 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

_____. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17, p. 49-67, 2015. Número especial.