



EXPERIMENTAÇÃO EM ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA: UMA ANÁLISE À LUZ DAS PESQUISAS ATUAIS

Paulo Henrique Hideki Araki
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
phh.araki@gmail.com

Karina Alessandra Pessoa da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
karina.silva@utfpr.edu.br

Resumo: Neste artigo examinamos trabalhos que tematizam a experimentação no âmbito do desenvolvimento de atividades de modelagem matemática visando à apresentação de um retrato com relação à questão: Como a experimentação se faz presente no âmbito do desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática nos relatos de pesquisa da área de Educação Matemática? Para tanto, analisamos trabalhos de três eventos. Dos duzentos e cinquenta trabalhos pesquisados, em vinte e sete deles os autores fazem uso da experimentação no decorrer do ciclo de modelagem. Ainda, dos trabalhos selecionados, três se enquadram nos moldes de um experimento de demonstração, sete fazem alusão aos experimentos de verificação e dezessete à experimentação investigativa. A partir da análise desses trabalhos podemos inferir que a experimentação, associada a uma atividade de modelagem, além de constituir o problema a ser analisado, possibilita que o professor relacione conhecimentos construídos em diferentes áreas do conhecimento, a partir de uma abordagem matemática.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Experimentação. Estado da Arte.

INTRODUÇÃO

As dificuldades e os problemas que afetam o processo de ensino e de aprendizagem em Matemática constituem um tópico de discussão recorrente no âmbito da Educação Matemática. Segundo Fiorentini (1995), diversos pesquisadores têm voltado os seus esforços à investigação das relações existentes entre o aluno, o professor e o saber matemático, denotando o surgimento de diversas tendências voltadas tanto para o ensino de Matemática como para a pesquisa em Educação Matemática. Dentre essas tendências que emergiram no decorrer das últimas décadas podemos destacar as contribuições e discussões que vêm sendo promovidas pela Modelagem Matemática.

Para Biembengut (2016, p. 98), a Modelagem¹ é “um método para solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno utilizando-se de alguma teoria

¹ Atribuimos ao termo Modelagem o mesmo significado de Modelagem Matemática.

(matemática)”. Assim, partindo de um conjunto de hipóteses levantadas acerca da situação inicialmente definida é possível se subsidiar a determinação de um modelo matemático.

Acerca de modelo matemático, Bassanezi (2002) afirma tratar-se de um sistema artificialmente constituído, com base em um conjunto de símbolos e relações matemáticas, de modo a representar determinada situação problemática. Por meio do modelo matemático torna-se possível a realização de inferências e predições sobre o fenômeno em questão.

Nesse sentido, Almeida, Silva e Vertuan (2012) afirmam que uma atividade de modelagem:

pode ser descrita em termos de uma situação inicial (problemática), de uma situação final desejada (que representa uma solução para a situação inicial) e de um conjunto de procedimentos e conceitos necessários para passar da situação inicial para a situação final. Nesse sentido, relações entre realidade (origem da situação inicial) e Matemática (área em que os conceitos e os procedimentos estão ancorados), servem de subsídio para que conhecimentos matemáticos e não matemáticos sejam acionados e/ou produzidos e integrados (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p. 12).

Dada a sua grande aplicabilidade, os modelos matemáticos podem ser encontrados naturalmente difundidos em áreas de conhecimento alheias à Matemática, com destaque às Ciências da Natureza. Segundo Barbosa (2009), os modelos são elementos fundamentais em teorias advindas de ciências como a Física, a Química e a Biologia, contribuindo para a descrição e o entendimento de fenômenos, bem como na definição de conceitos e leis que constituem tais teorias.

Essa relação existente entre a Educação Matemática e a Educação Científica, por intermédio da Modelagem, é evidente ao analisarmos as contribuições descritas na literatura (CURY, 2003; LOZADA et al, 2006; CHAVES; SANTO, 2008; COSTA, 2009). Uma das principais relações destacadas vem a ser a partir da promoção de experimentação em atividades de modelagem.

Para Cury (2003, p. 15), a associação entre Modelagem e experimentação possibilita “trazer questionamentos a alunos e professores, despertando a reflexão e o espírito crítico [...] ao invés de treinamento para resolução de problemas padronizados”. Corroborando com esse pensamento, Carreira e Baioa (2015) defendem que a experimentação auxilia no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático do aluno, culminando em uma alternativa de se interpretar aspectos advindos da realidade por meio da Matemática, e vice-versa.

Tendo em vista essas considerações iniciais, debruçamo-nos em analisar a seguinte questão norteadora: Como a experimentação se faz presente no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática nos relatos de pesquisa da área de Educação Matemática?

Para tanto, lançamos um olhar sobre as pesquisas desenvolvidas, bem como os relatos de experiência de professores e pesquisadores, buscando identificar associações que se fazem presentes entre a Modelagem e a experimentação.

Nesse sentido, nosso artigo contempla, para além dessa introdução, três seções subsequentes. Na primeira fazemos uma incursão nas perspectivas teóricas referentes à experimentação, suas classificações e relações evidenciadas com a Modelagem. Em seguida, apresentamos um mapeamento dos trabalhos consultados, identificando-os de acordo com as áreas de conhecimento que originaram o trabalho experimental, bem como o nível de ensino ao qual a atividade foi desenvolvida. Na terceira seção tratamos das análises dos trabalhos, apresentando algumas considerações a respeito dos aspectos metodológicos, ponderações e intuítos ao se eleger a experimentação no desenvolvimento de uma atividade de modelagem. Finalizamos apresentando nossas considerações a respeito da experimentação em atividades de modelagem.

SOBRE A EXPERIMENTAÇÃO VINCULADA AO ENSINO

As práticas experimentais desempenham um papel fundamental no ensino, dadas as suas potencialidades no contexto de sala de aula. Segundo Malheiro (2009), a experimentação se constitui enquanto ferramenta indissociável para a dinâmica estabelecida entre teoria e prática. O professor encontra na experimentação uma ferramenta para a abordagem de conteúdos diversos, contribuindo para a visualização e melhor compreensão de fenômenos reais, podendo servir enquanto agente motivador a serviço do professor.

Entretanto, Laburú (2006) afirma que uma atividade experimental precisa, além da questão da motivação do aluno, ser estabelecida de maneira a induzi-lo a uma aprendizagem significativa. Assim, a passagem do abstrato para o concreto, que deve ser o objetivo principal de uma atividade experimental, não seria deflagrada diante de um contexto acrítico e aproblemático para o aluno.

Para Suart e Marcondes (2009), o contexto para a experimentação surge a partir da identificação de um problema a ser solucionado, de modo a mobilizar o processo reflexivo e de tomada de decisões acerca de uma sequência lógica a ser seguida. De tal modo, caso um “problema” apresente solução iminente e imediata aos olhos de quem o soluciona, não pode e nem deve ser considerado como tal.

O contexto em que a experimentação ocorre em sala de aula deve levar em consideração o encaminhamento a ser proposto e o grau de direcionamento desejado. Segundo

Araújo e Abib (2003), uma atividade experimental pode ser classificada em três tipos: (1) experimentos de demonstração ou observação, utilizados para elucidar alguns aspectos referentes a um fenômeno específico e inédito, cujos conceitos são introduzidos à medida que o aluno progride na experimentação; (2) experimentos de verificação, recomendados para a validação de leis oriundas de conteúdos recentemente contemplados, contribuindo para a capacidade de se efetuar generalizações acerca do fenômeno estudado e (3) experimentos investigativos, a partir da resolução de problemas, tomando como base os conhecimentos construídos sobre o assunto e frequentemente associados a aspectos oriundos do cotidiano.

Em se tratando da Modelagem Matemática, Heidemann (2012) aponta que a experimentação pode se constituir enquanto elemento do ciclo de modelagem, servindo enquanto situação problemática a ser estudada. Logo, com base na análise das informações, das variáveis e dos dados coletados empiricamente, torna-se possível estudar um fenômeno observado experimentalmente a partir de um viés matemático, permitindo, inclusive, a realização de previsões sobre o mesmo.

Corroborando com esse entendimento, Carreira e Baioa (2011) afirmam que a experimentação pode corresponder a um tipo particular de Modelagem, com base em três fatos:

- (1) Os alunos têm a oportunidade de aprender fazendo (enquanto executam manipulação e experimentação reais, se engajam em conjecturar e validar).
- (2) Trabalhar com materiais físicos concretos é uma maneira de investigar as propriedades matemáticas dos objetos.
- (3) Investigar por meio da experimentação reflete sobre ações mentais e sobre a aprendizagem subsequente de ideias matemáticas e se torna uma maneira de desenvolver compreensão de modelos matemáticos (CARREIRA; BAIOA, 2011, p. 214).

Uma vez elucidadas, embora de forma abreviada, algumas ideias referentes às perspectivas teóricas sobre a experimentação no ensino, apresentamos na seção seguinte um mapeamento dos trabalhos que versam sobre a experimentação no contexto de uma atividade de modelagem matemática.

O USO DA EXPERIMENTAÇÃO EM ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Neste artigo analisamos as produções que versam sobre Modelagem Matemática, partindo do pressuposto de realização de experimentações, buscando apresentar um retrato sobre a questão: Como a experimentação se faz presente no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática nos relatos de pesquisa da área de Educação Matemática?

Do ponto de vista metodológico, trata-se de uma pesquisa de caráter inventariante, denominada de estado da arte. Ferreira (2012) define que esse tipo de pesquisa possui como elementos principais o mapeamento e discussão de determinada temática e o levantamento de categorias e facetas identificadas nos trabalhos, tanto de maneira individual como ao se considerar o conjunto como um todo. Assim, busca-se identificar perspectivas que, apesar de serem aparentemente autônomas, contribuam para a integração ou confrontação das ideias de diferentes autores.

Considerando o alcance de nossa análise, bem como a quantidade de trabalhos que versam sobre Modelagem disponíveis na literatura, optamos em filtrar nossa pesquisa elegendando como base de dados: os trabalhos provenientes dos anais do 7º Encontro Paranaense sobre Modelagem na Educação Matemática (EPMEM), de 2018; as comunicações científicas e relatos de experiência apresentados na 10ª Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM), de 2017, e as pesquisas decorrentes da 17ª edição do International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA), também de 2017. Nossa escolha por essas fontes parte do pressuposto de se tratar das edições mais recentes dos principais eventos voltados para a Modelagem Matemática na Educação Matemática, em nível regional, nacional e internacional.

Com base em uma análise preliminar dos aspectos metodológicos, da descrição e análise de dados dos duzentos e cinquenta arquivos pesquisados, observamos que em vinte e sete trabalhos os autores fazem uso da experimentação no decorrer da atividade de modelagem. A distribuição dos trabalhos selecionados para a análise, com base no evento pesquisado e na modalidade do texto, encontra-se disposta no Quadro 1.

Evento	Total de pesquisas	Pesquisas que abordam a experimentação
EPMEM	37 comunicações científicas (CC) 46 relatos de experiência (RE) 15 práticas de sala de aula ² (PSA)	2 comunicações científicas 7 relatos de experiência 2 práticas de sala de aula
CNMEM	54 comunicações científicas 46 relatos de experiência	5 comunicações científicas 8 relatos de experiência
ICTMA	52 capítulos	3 capítulos

Quadro 1 – Levantamento bibliográfico

Fonte: os autores

O Quadro 2 apresenta as informações a respeito dos trabalhos selecionados, os autores, o evento no qual se encontra o texto e sua modalidade, quando essa divisão se aplica.

²As práticas de sala de aula correspondem a uma modalidade exclusiva do EPMEM, na qual os trabalhos submetidos foram desenvolvidos por professores que atuam na Educação Básica, apresentando práticas com Modelagem Matemática realizadas nas escolas.

Referimo-nos aos trabalhos utilizando a letra que identifica o seu evento de origem seguida de um número subscrito para a ordenação dos trabalhos. Assim, a letra E corresponde a um texto encontrado nos anais do EPMEM, C a um texto da CNMEM e I um texto referente ao ICTMA.

Identificação	Autores	Título	Modalidade
E ₁	SILVA, K. A. P.; DALTO, J. O.	Avaliação formativa na construção de um portfólio de atividades de modelagem matemática	CC
E ₂	SOUZA, D. C. ROSA, C. C.	Modelagem matemática e sua influência nas representações sociais acerca da trigonometria	CC
E ₃	BRUM, E. S. B. OLIVEIRA, I. B. M. LEITE, V. D.	“Tinha um barranco no meio do caminho, no meio do caminho tinha um barranco”: investigando e aprendendo por meio da modelagem matemática	RE
E ₄	ARAKI, P. H. H. SILVA, K. A. P.	Modelagem matemática no contexto de uma atividade experimental investigativa	RE
E ₅	VIDOTTI, D. B. MELO, P. A. P. KATO, L. A.	A mobilização de conceitos do cálculo na construção de modelos matemáticos para superfícies	RE
E ₆	SILVA, R. T. BORSSOI, A. H. REIS, C. B. O.	A videoanálise em fluidos: antecipação para uma atividade de modelagem matemática	RE
E ₇	SANTOS, C. T. B. CALHEIROS, K. J. M. CARVALHO, F. J. R.	Modelagem matemática no Ensino Fundamental: uma possibilidade para explorar o conceito de área	RE
E ₈	FERREIRA, M. C. PEREIRA, L. P. R. SOUZA, B. N. P. A.	Uma atividade de modelagem matemática para a análise da germinação de semente do pepino	RE
E ₉	REMOR, A. V. GONÇALVES, D. SCHRENK, S.	Como fazer a pedra quicar na água?	RE
E ₁₀	PERON, C. K.	Desperdício da água do ar condicionado	PSA
E ₁₁	COUTINHO, L. TORTOLA, E. SILVA, K. A. P.	Modelagem matemática na educação infantil: uma atividade com brigadeiros	PSA
C ₁	LITTIG, J. LORENZONI, L. L.	O desenvolvimento do conhecimento reflexivo no ambiente de modelagem matemática a partir das discussões matemáticas, técnicas e reflexivas	CC
C ₂	MENEGUELLI, L. REZENDE, O. L. T. LORENZONI, L. L.	Desenvolvimento de competências estatísticas numa atividade de modelagem matemática	CC
C ₃	RONCHETTI, W. A. OLARIO, E. M. V. REZENDE, O. L. T. LORENZONI, L. L.	As ações cognitivas e a atividade de modelagem matemática na aprendizagem de funções	CC
C ₄	BRITO, D. S. ALMEIDA, L. M. W.	Aprendizagem na modelagem matemática: em busca de uma compreensão fenomenológica	CC
C ₅	SOUZA, H. C. T. OLIVEIRA, C. F. ALMEIDA, L. M. W.	O seguir regras em uma atividade de modelagem matemática	CC
C ₆	BECK, M. M.	Uma experiência de modelagem matemática no ensino por ciclos no município de Porto	RE

		Alegre	
C ₇	MENDONÇA, S. C. MERLI, R. F.	Um estudo da propagação do fogo em palitos de fósforo	RE
C ₈	SCHWERTNER, A. E. WILLE, J. L. VERTUAN, R. E.	Pilhas eletroquímicas: uma abordagem didática com modelagem matemática	RE
C ₉	MENEZES, R. O. DUARTE, W. E. BRAGA, R. M. SANTO, A. O. E.	Atividades desenvolvidas no laboratório experimental de modelagem matemática	RE
C ₁₀	SANTOS, M. L. DIAS, C. M.	Experimento prático didático de modelagem usando o sistema massa-mola	RE
C ₁₁	SILVA, J. M. G. SILVA, K. A. P.	Conceitos químicos numa atividade de modelagem matemática: uma proposta	RE
C ₁₂	DIAS, C. M. SANTOS, M. L. NASCIMENTO, P. J. S.	Compreendendo o conceito de erro: um experimento prático pela Lei de Hooke	RE
C ₁₃	SCHRENK, M. J. VERTUAN, R. E.	Do voo de um avião de papel à uma atividade de modelagem matemática: o relato de uma experiência	RE
I ₁	CARON, F. PINEAU, K.	L'Hospital's weight problem: testing the boundaries between Mathematics and Physics and between application and modeling	
I ₂	KAWAKAMI, T.	Combining models related to data distribution through productive experimentation	
I ₃	ORTEGA, M. PUIG, L.	Using modelling and tablets in the classroom to learn quadratic functions	

Quadro 2 – Textos pesquisados cujos autores utilizam experimentação investigativa
Fonte: os autores

Embora outros textos pesquisados tragam algumas considerações acerca do papel heurístico da Modelagem a partir da coleta de dados empíricos, optamos em desconsiderar de nossa análise aqueles nos quais a experimentação não se constitui enquanto etapa da atividade de modelagem.

A partir da análise dos indivíduos modeladores apresentados nos textos selecionados, podemos evidenciar que existe uma predominância de trabalhos no ensino superior, conforme representado no Quadro 3.

Nível	Trabalhos	Quantidade de trabalhos
Educação Infantil	E ₁₁	1
Anos iniciais do Ensino Fundamental	I ₂	1
Anos finais do Ensino Fundamental	E ₄ , E ₇ , E ₁₀ , C ₄ , C ₆	5
Ensino Médio	E ₂ , C ₁ , C ₂ , C ₃ , I ₃	5
Ensino Superior - Graduação	E ₁ , E ₅ , E ₈ , E ₉ , C ₇ , C ₉ , C ₁₀ , C ₁₁ , C ₁₂ , C ₁₃ , I ₁	11
Ensino Superior – Pós-graduação	C ₅ , C ₈ , E ₃ , E ₆	4

Quadro 3 – Distribuição quanto aos níveis de ensino dos modeladores
Fonte: os autores

O uso de experimentação como estratégia de ensino nos diferentes níveis de ensino tem sido apontado por diversos pesquisadores como uma alternativa prolífica de se minimizar as dificuldades evidenciadas no decorrer do processo de ensino e de aprendizagem (GIORDAN, 1999; GASPAR; MONTEIRO, 2005; MALHEIRO, 2009; ETKINA et al, 2012;). Em comum, tais pesquisadores destacam as contribuições fornecidas pela experimentação para a estruturação do pensamento crítico e científico do aluno.

Analogamente, Burak (2014, p. 4) afirma que é possível “compreender, pesquisar e fazer modelagem matemática” em diferentes níveis de ensino. Para esse autor, a forma como a Modelagem é trabalhada em cada nível de ensino pode se diferir quanto aos objetivos por trás de sua aplicação: na Educação Infantil e nos anos iniciais do Ensino Fundamental, as atividades de modelagem favorecem a formação de ideias e conceitos matemáticos e a construção do simbolismo na estrutura cognitiva dos estudantes; nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio pode se relacionar à construção do conhecimento matemático, a partir de práticas educativas que fomentem novas possibilidades de se relacionar diferentes disciplinas, rompendo com a barreira estabelecida pela visão linear dos fatos; no Ensino Superior pode estar relacionada com a análise de modelos clássicos advindos da Matemática Aplicada.

No que tange às áreas de conhecimento que fundamentam as experimentações, podemos verificar que os experimentos relatados, em sua totalidade, fazem referência a conceitos advindos da Química, da Física, da Biologia e da Matemática. O Quadro 4 traz uma distribuição dos trabalhos analisados quanto à área de conhecimento da experimentação.

Área do conhecimento	Trabalhos	Quantidade de trabalhos
Química	E ₁ , E ₁₀ , C ₈ , C ₉ , C ₁₁	5
Física	E ₄ , E ₆ , E ₉ , C ₂ , C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₉ ³ , C ₁₀ , C ₁₂ , C ₁₃ , I ₁ , I ₂ , I ₃	14
Biologia	E ₈	1
Matemática	E ₂ , E ₃ , E ₅ , E ₇ , E ₁₁ , C ₁ , C ₃ , C ₄	9

Quadro 4 – Distribuição quanto às áreas de conhecimento do experimento

Fonte: os autores

ANÁLISE DOS TRABALHOS

No primeiro momento desta análise, conforme apresentado na seção “O uso da experimentação em atividades de Modelagem Matemática”, realizamos a codificação dos

³ O trabalho C₉ apresenta três propostas de atividades experimentais realizadas, sendo duas originárias da Química e uma da Física e, portanto, optamos em representa-lo sob as duas áreas de conhecimento.

trabalhos que compõem o escopo de nossa análise. Esse momento foi de fundamental importância para compreendermos a extensão do papel da experimentação nos relatos de pesquisa selecionados.

A classificação proposta por Araújo e Abib (2003) nos permitiu inferir em que contexto a experimentação se faz presente no decorrer das atividades de modelagem. Nosso entendimento a partir do arcabouço teórico considerado é que, dos vinte e sete artigos selecionados, três trabalhos remetem ao contexto de experimentos de demonstração ou observação, em sete deles os autores utilizam experimentos de verificação e dezessete trabalhos recorrem à experimentação investigativa. O Quadro 5 organiza os trabalhos de acordo com o tipo de experimentação observada.

Tipo de experimentação	Trabalhos	Quantidade de trabalhos
Demonstração/Observação	E ₇ , C ₁₀ , I ₃	3
Verificação	E ₂ , E ₅ , E ₉ , C ₃ , C ₆ , C ₁₂ , I ₁	7
Investigação	E ₁ , E ₃ , E ₄ , E ₆ , E ₈ , E ₁₀ , E ₁₁ , C ₁ , C ₂ , C ₄ , C ₅ , C ₇ , C ₈ , C ₉ , C ₁₁ , C ₁₃ , I ₂	17

Quadro 5 – Distribuição quanto ao tipo de experimentação
Fonte: os autores

O principal indicativo dos trabalhos aqui indicados como experimentação para demonstração ou observação vem a ser a formalização de conceitos no decorrer da atividade. No trabalho E₇, os autores apresentam uma proposta de atividade de modelagem a partir da aferição da área dos espaços comuns de uma escola, com o auxílio de um molde confeccionado em jornal em formato de um quadrado com um metro de lado. À medida que os alunos iam desenvolvendo a atividade, o conceito de área, até então relacionado pelos alunos como sendo uma relação de “base vezes altura”, foi sendo aprimorado.

Similarmente, o trabalho I₃ apresenta indícios de experimento de observação, ao passo que os estudantes se envolviam com uma atividade onde era requerida a determinação da altura de uma bola em movimento de queda livre. Como os alunos não haviam tido contato com as questões referentes à cinemática, no decorrer da atividade alguns conceitos foram elucidados, corroborando para o entendimento do fenômeno.

Segundo Etkina et al (2002), os experimentos de demonstração ou observação estão frequentemente relacionados com o início de uma sequência didática, contribuindo para a compreensão conceitual do fenômeno observado experimentalmente.

No que se refere aos experimentos de verificação, percebemos que, em sua grande maioria, fazem alusão a aspectos trabalhados anteriormente, na busca por uma validação da

teoria estudada. No trabalho E_2 , por exemplo, a partir das indagações dos alunos de onde utilizar a trigonometria, assunto que estava sendo trabalhado em Matemática, foi proposta a utilização de um teodolito⁴ para a aferição da altura da caixa d'água do colégio.

O mesmo pode ser observado no trabalho C_3 , no qual os alunos, partindo da conceituação de razão áurea, buscaram identificar relações tidas como perfeitas no corpo humano, a partir da mensuração de diferentes partes.

No trabalho E_5 evidenciamos que a experimentação originou-se a partir de um minicurso que, dentre outros aspectos, buscou relacionar conceitos observados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral. Para tanto, a partir do conhecimento construído no decorrer do minicurso, bem como do conhecimento prévio de seus participantes, buscou-se analisar o volume de uma laranja, a partir da aferição de suas dimensões e relações com a geometria.

No âmbito da Física, observamos uma predileção para experimentos de verificação de conceitos da Mecânica. No trabalho E_9 , as autoras buscaram relacionar conceitos para o lançamento ideal para que uma pedra quicasse na água. Já o trabalho C_6 apresenta um experimento referente à influência da massa de um projétil em um lançamento oblíquo. Ainda no que tange à Mecânica, os autores do trabalho I_1 relatam um experimento embasado no problema de otimização proposto por L'Hospital, no qual, com base no conhecimento sobre vetores de força, geometria e trigonometria, buscava identificar a posição de equilíbrio de um peso, mediante um sistema de polias.

Quanto à análise dos experimentos investigativos, identificamos a ocorrência de duas situações: atividades cuja motivação surgiu a partir de situações reais e cotidianas (E_3 , E_{10} , E_{11} , C_1 , C_2 e C_9) e atividades originárias da investigação de um marco conceitual (E_1 , E_4 , E_6 , E_8 , C_4 , C_5 , C_7 , C_8 , C_9 , C_{11} , C_{13} , I_2).

Quanto aos trabalhos que fazem alusão a uma situação real e cotidiana, o experimento utilizado em E_3 partiu de uma situação real (deslizamento de um talude), no qual se buscou determinar a quantidade de terra necessária para a contenção de um barranco, utilizando-se de princípios da geometria. No caso do trabalho E_{10} , a autora retrata um experimento que teve como princípio a questão da umidade relativa do ar e o desperdício da água proveniente do funcionamento de aparelhos de ar condicionado.

Os autores do trabalho E_{11} apresentam uma prática que ocorreu com alunos da Educação Infantil, no qual a turma deveria estimar as dimensões ideais de um brigadeiro, de modo que nenhum aluno ficasse sem o doce. Já nos trabalhos C_1 e C_2 , a experimentação

⁴ Instrumento de precisão utilizado na mensuração de ângulos verticais e horizontais, frequentemente utilizado na topografia e na geofísica.

estava relacionada com o ambiente escolar, avaliando a quantidade de água necessária para a irrigação de um canteiro e os níveis de ruído e de temperatura de uma escola, respectivamente.

No que se refere aos trabalhos que partiram a partir de um marco conceitual, os autores do trabalho E₁ apresentam, dentre outras propostas de modelagem, uma atividade no qual o tempo de reação de uma pastilha efervescente foi analisado com base na variação da massa do comprimido, disposta em certo volume de água. Já o trabalho E₄ relata um experimento realizado no âmbito da calorimetria, no qual os alunos investigaram a quantidade de calorias de amostras de alimento, partindo do princípio do calor liberado a partir de sua combustão.

O trabalho C₅ buscou investigar o movimento circular uniforme delimitado a partir do movimento de pedalada de uma bicicleta, com o auxílio de um *software* de análise de vídeo. O artigo E₆ analisa um experimento motivado pelo efeito de diferentes líquidos, de densidades diferentes, no tempo que uma esfera leva para atingir o fundo de um recipiente.

No trabalho E₈, o único a investigar um conceito oriundo da Biologia, os autores buscaram investigar o efeito aleopático⁵ de plantas daninhas no processo de germinação e desenvolvimento do pepino.

O experimento apresentado no trabalho C₄ buscou identificar a relação entre o volume de líquido no interior de uma lata de refrigerante e sua capacidade de permanecer em equilíbrio, ao ser apoiada de maneira inclinada. Os autores do trabalho C₇ buscaram identificar as possíveis relações existentes entre a geometria e a propagação do fogo, com base em um experimento utilizando fósforos.

No caso do trabalho C₈, os autores relatam uma atividade experimental para a investigação do funcionamento de duas pilhas caseiras: uma pilha feita com solução de zinco e cobre e uma pilha feita com refrigerante. Um dos experimentos relatados no trabalho C₉ também utilizou o conceito de concentração de soluções, ao investigar a concentração de sal presente em um fluxo de escoamento contínuo de água, comparando resultados obtidos de uma amostra obtida na entrada e na saída de um sistema de escoamento.

Os autores do trabalho C₁₁ buscaram investigar experimentalmente as propriedades físicas e químicas do leite, comparando os resultados obtidos antes e após o seu aquecimento.

Os trabalhos C₁₃ e I₂ apresentaram estratégias similares. No primeiro, os autores investigaram a distância percorrida por um avião de papel, a partir da variação do ângulo

⁵ Efeito inibitório que uma planta, que apresenta maior dominância vegetal, apresenta com relação à outra, interferindo em sua germinação.

observado em sua ponta, enquanto no segundo, o autor apresenta uma proposta de investigação do tempo de voo de helicópteros de papel, lançados a partir de uma altura fixa, com base no comprimento de suas lâminas.

Com base na análise dos diferentes trabalhos podemos evidenciar, também, que um mesmo conteúdo foi abordado utilizando-se de três tipos diferentes de experimento. Os trabalhos C_9 , C_{10} e C_{12} relataram a análise de um oscilador massa-mola com base em um experimento de investigação, de demonstração e de verificação, respectivamente.

No primeiro, a proposta de atividade surgiu a partir de uma situação real que fazia alusão à colisão de uma balsa em uma ponte e que, ultimamente, acarretou em sua queda. Com base em uma investigação, acreditava-se que o colapso ocorreu graças ao movimento de vibração gerado pela colisão. No segundo caso, os alunos foram instruídos a analisar um sistema composto por uma massa e uma mola. Todavia, como não haviam tido contato com esse conteúdo anteriormente, foi apresentada a Lei de Hooke, que relaciona a força exercida pela mola à sua deformação, de modo diretamente proporcional. Já no caso do trabalho C_{12} , o experimento apresentado teve como objetivo analisar o comportamento de duas molas, submetidas a diferentes massas, buscando a validação da função que caracteriza a Lei de Hooke, conceito já trabalhado anteriormente.

Em termos gerais, a nossa análise com relação aos trabalhos que tratam da experimentação em um contexto de atividade de modelagem conclui que, ao se optar por um ambiente de coleta de dados empíricos, os autores consideram a experimentação enquanto elemento do ciclo de modelagem, fazendo referência aos aspectos apontados em pesquisas da área e elucidados neste artigo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de pesquisa empregada nesse artigo possibilitou a compreensão da forma como a experimentação encontra-se difundida no âmbito do desenvolvimento de atividades de modelagem matemática de relatos de pesquisa advindos de eventos voltados para a Educação Matemática.

Nas publicações selecionadas, vinte e sete trabalhos trazem a experimentação como etapa de uma atividade de modelagem, ao passo que em três trabalhos os experimentos relatados são de demonstração, sete fazem uso de experimentos de verificação e dezessete tratam de experimentação investigativa.

Percebemos que nos trabalhos que apresentam experimentos de cunho demonstrativo, um dos principais motivadores para a realização de tal atividade vem a ser a busca por metodologias inovadoras de se apresentar determinado conteúdo. Quanto aos experimentos de verificação, os autores se embasam na prerrogativa de solidificar o conhecimento construído acerca de determinado fenômeno. Já no que se refere aos experimentos investigativos, uma característica a ser destacada vem a ser a promoção da capacidade de pensamento crítico e reflexivo no que tange situações vivenciadas no cotidiano.

A partir da análise evidenciamos que, embora haja a mobilização de diferentes áreas do conhecimento e de diferentes níveis de ensino, o objetivo em comum em todos os trabalhos vem a ser a promoção de uma maneira de se entender os fenômenos, reais ou conceituais, por intermédio da Matemática. De tal forma, podemos concluir que, ao optar pela utilização de experimentos no decorrer de uma atividade de modelagem, não apenas existe a possibilidade de se compreender o fenômeno a partir de um ponto de vista matemático, mas também a própria Matemática encontra na experimentação e na Modelagem uma forma de promover a sua contextualização.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2012.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BARBOSA, J. C. Modelagem e modelos matemáticos na educação científica. **Alexandria**, v. 2, n. 2, p. 69-85, 2009.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.

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

BURAK, D. Modelagem matemática nos diferentes níveis de ensino: uma perspectiva. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2014, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: SBEM/PR, 2014. Disponível em: <<http://sbemparana.com.br/arquivos/anais/epremxii/ARQUIVOS/MESAS/MT004.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

CARREIRA, S.; BAILOA, A. M. Students' Modelling Routes in the Context of Objects Manipulation and Experimentation in Mathematics. In: KAISER, G.; BLUM, W.;

BORROMEO FERRI, R.; STILLMAN, G. (Eds). **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling**. New York: Springer, 2011. p. 211-220.

COSTA, H. R. A modelagem matemática através de conceitos científicos. **Ciência & Cognição**, v. 14, n. 3, p. 114-133, 2009.

CURY, H. N. Modelagem matemática e problemas em ciências: uma experiência de um curso de mestrado. **Revista Perspectiva**, v. 27, n. 98, p. 75-86, 2003.

ETKINA, E.; VAN HEUVELEN, A.; BROOKES, D. T.; MILLS, D. Role of experiments in Physics instruction – a process approach. **The Physics Teacher**, v. 40, n. 6, p. 351-355, 2002.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. **Educação & Sociedade**, v. 23, n.79, p. 257-272, 2002.

FIORENTINI, D. Alguns modos de ver e conceber o ensino da Matemática no Brasil. **Zetetiké**, v. 3, n. 1, p. 1-37, 1995.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 224-254, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

HEIDEMANN, L. A. 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**, v. 29, n. especial 2, p. 965-1007, 2012.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

LOZADA, C. O.; ARAÚJO, M. S. T.; MORRONE, W.; AMARAL, L. H. A modelagem matemática aplicada ao ensino de Física no Ensino Médio. **Revista LOGOS**, n. 14, p. 2-12, 2006.

MALHEIRO, J. M. S. A resolução de problemas por intermédio de atividades experimentais investigativas relacionadas à Biologia: uma análise das ações vivenciadas em um curso de férias em Oriximiná (PA). 2009. 314 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2009.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciência & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.