



ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Aprender com Modelagem: Relações entre Modelagem (Matemática) e Processos Criativos

Learn with Modelling: Relations between Modelling (Mathematics) and Creative Processes

Zulma Elizabete de Freitas Madruga^a; Valderez Marina do Rosário Lima^b

a Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil – betefreitas.m@gmail.com

b Escola de Humanidades, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil – valderez.lima@puers.br

Palavras-chave:

Aprender com modelagem.
Modelagem matemática.
Processos criativos.
Diversidade cultural.

Resumo: Este artigo teórico objetiva apresentar uma proposta metodológica, construída a partir de uma pesquisa que analisou as relações entre os processos criativos de diferentes profissionais e procedimentos de modelagem (matemática). A proposta, chamada *aprender com modelagem*, toma por base as ideias teóricas de Rodney Bassanezi e Maria Salett Biembengut. A pesquisa que originou este artigo foi realizada com 10 profissionais de diferentes ramos, seus resultados incentivaram a publicação dessa proposta teórica. Indicam-se caminhos para utilizar como prática pedagógica a modelagem, por meio do *aprender com modelagem*, na busca por desenvolver criatividade e comunicação, no intuito de valorar a cultura e o entorno do estudante. Como resultados apresentam-se as categorias: *Intenção* – escolha da temática a ser desenvolvida; *Projeção* – familiarização com o assunto, busca por subsídios; *Criação* – elaboração dos primeiros esboços e do ‘produto’ (modelo); *Produto* – validação e avaliação do modelo. Considerações e recomendações acerca da educação sugerem maneiras de utilizar o *aprender com modelagem* como alternativa pedagógica para qualquer ano de escolarização e disciplina.

Keywords:

Learn with modelling.
Mathematical modelling.
Creative processes.
Cultural diversity.

Abstract: This theoretical article aims to present a proposal methodological model, constructed from a research that analyzed the relationships between the creative processes of different professionals and modeling procedures (mathematics). The proposal, called *learning with modeling*, is based on the theoretical ideas of Rodney Bassanezi and Maria Salett Biembengut. The results of the research that originated this paper was carried out with 10 professionals from different branches, their results encouraged the publication of this proposal theoretical results. Pathways to use as a pedagogical practice are modeling, through learning with modeling, in the search to develop creativity and communication, in order to value the student's culture and surroundings. As results the categories are presented: *Intention* - choice of the theme to be developed; *Projection* - familiarization with the subject, search for subsidies; *Creation* - preparation of first sketches and 'product' (model); *Product* - validation and evaluation of the model. Considerations and recommendations about education suggest ways of using learning with modeling as a pedagogical alternative for any year of schooling and discipline.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Considerações Iniciais

A valorização das diferentes culturas é uma indicação dos documentos oficiais para toda a Educação Básica. Cultura, segundo o dicionário Aurélio¹, é o conjunto de hábitos sociais e religiosos, de manifestações intelectuais e artísticas, que caracterizam uma sociedade, ou seja, um sistema de ideias, conhecimentos, técnicas e artefatos, de padrões de comportamento e atitudes. De acordo com Giroux (1986, p. 137) “[...] a cultura é vista como um sistema de práticas, um modo de vida que constitui e é constituído por um jogo dialético entre comportamento específico de classe e circunstâncias de um determinado grupo social”.

Godoy (2015) afirma que a cultura, em termos sociológicos, ideológicos e tecnológicos é dependente da simbolização, que, por sua vez, é dependente do discurso articulado. “A origem da cultura foi consequência do exercício da capacidade humana de atribuir significado aos símbolos (simbolizar)” (GODOY, 2015, p. 88). O comportamento cultural trata-se de uma expressão que origina as artes e as técnicas como manifestações do fazer, integrando à realidade “artefatos e, por outro lado, as ideias, tais como religião, valores, filosofias, ideologias e ciência como manifestações do saber, que se incorporam à realidade na forma de ‘mentefatos’” (D'AMBROSIO, 1986, p. 47).

A cultura popular é constituída pelas formas de ser, agir, pensar e se expressar dos diferentes grupos. Suas práticas e ações sociais advêm de crenças, valores e regras morais que permeiam e identificam um agrupamento. A identidade cultural e a manifestação resultante em cada grupo derivam manifestações e festas populares diversas – que expressam a identidade própria –, advindas da mescla de diversas histórias, costumes, valores e culturas (MADRUGA; BIEMBENGUT, 2016).

Os profissionais que atuam nas diferentes manifestações culturais, produzem distintos produtos, e têm na *criatividade* o impulso para realização de seus trabalhos. Conforme Ostrower (2014), *criar* é conceber forma a algo novo, repleto de novas interpretações que se compõem na mente das pessoas, abarcando o relacionar, ordenar, configurar e significar. É dar existência, dar origem, gerar, inventar, produzir. A criação de algo acontece em todos os momentos, nas mais diversas profissões. A *arte* (atividade humana relacionada às manifestações de ordem estética) é expressa não somente nas manifestações populares, mas em todas as profissões.

A arte e os processos criativos são constantes em vários ramos profissionais. Dessa forma, busca-se conhecer o processo de criação de diversos profissionais para, posteriormente, poder dispor de indicações passíveis de serem postas em prática na Educação Básica, em particular, e, assim, instigar o interesse dos estudantes a aprender a pesquisar por

¹ Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/cultura/>>. Acesso em 02 de março de 2019.

meio da modelagem. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar um modelo metodológico construído a partir de uma pesquisa que analisou as relações entre os processos criativos de diferentes profissionais e procedimentos de modelagem (matemática).

Marco Teórico

Modelagem (Matemática)²

A modelagem na educação surge das ideias de modelagem matemática, propostas no Brasil inicialmente pelos professores/pesquisadores Aristides Camargo Barreto, Ubiratan D'Ambrosio e Rodney Bassanezi, os quais deram impulso significativo para a implantação da modelagem no cenário de ensino brasileiro³.

Modelagem matemática, na visão de Bassanezi (2010. p. 45), “trata-se de um processo dinâmico de busca de modelos adequados, que sirvam de protótipos de alguma entidade”. Para o autor, modelo matemático consiste em um conjunto de relações matemáticas e símbolos que, de alguma maneira, representam o objeto estudado. Ele afirma que esses modelos matemáticos podem ser formulados conforme a natureza dos fenômenos ou situações analisadas e classificadas de acordo com o tipo de matemática utilizada. O autor classifica como linear ou não linear, quando tem essas características conforme suas equações básicas; estática, quando representa a forma do objeto; e educacional, quando se baseia em número pequeno ou simples de suposições, tendo, na maioria das vezes, soluções analíticas.

De acordo com Bassanezi (2010), a modelagem (matemática) é um processo dinâmico, utilizado para obter e validar modelos (matemáticos). Ele a considera uma forma de abstração e generalização com intuito de prever tendências. “A modelagem consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual” (BASSANEZI, 2010, p. 24). O autor afirma que o benefício da modelagem (matemática) é possibilitar, por meio de cálculos, validar o modelo, efetuar previsões sobre o comportamento do sistema e tentar controlá-lo, uma vez que o processo permite uma aproximação da realidade sobre apresentações de um sistema ou parte dele.

De acordo com Biembengut (2014):

Modelagem é o processo envolvido na elaboração de modelo [...]. Trata-se de um processo de pesquisa. A essência deste processo emerge na mente de uma pessoa quando alguma dúvida genuína ou circunstância instigam-na a encontrar uma melhor forma para alcançar uma solução, descobrir um meio para compreender, solucionar, alterar, ou ainda, criar ou aprimorar algo. E em especial, quando a pessoa tem uma percepção que instiga sua inspiração. (BIEMBENGUT, 2014, p. 21).

² Salienta-se que o termo modelagem (matemática) escrito entre parênteses, é uma denominação das autoras, e não dos teóricos base deste estudo.

³ Disponível em: <http://www.furb.br/cremm/portugues/cremm.php?secao=Precusores> Acesso em 30 de julho de 2018.

Assim como Bassanezi (2010), Biembengut (2007) e Blum et al. (2007), por exemplo, outros autores afirmam que o processo de elaboração de modelos se dá por meio de muitas interações. Para iniciar um trabalho utilizando modelagem, é necessário dispor de uma situação-problema que, para solução, não se disponha de dados suficientes para utilizar uma fórmula ou um caminho de solução. Assim, requer um levantamento de possíveis situações de estudo, as quais devem ser, preferencialmente, abrangentes para que se possam proporcionar questionamentos em várias direções.

Começa-se a modelar a partir da *escolha do tema*, assunto ou situação-problema. Burak e Klüber (2011, p. 48) afirmam que essa escolha deve partir do interesse do grupo ou dos grupos de estudantes envolvidos. “Esses temas são inicialmente colocados pelos estudantes, segundo o interesse que manifestam, pela curiosidade ou mesmo para a resolução de uma situação-problema”. O professor tem papel importante no encaminhamento desta etapa, pois, ao conhecer a realidade econômica, cultural e social da região, pode fornecer subsídios importantes na tomada de decisão, conforme afirmam Burak e Klüber (2011).

Posteriormente a escolha do tema, passa-se à etapa de *coleta de dados* qualitativos ou quantitativos, os quais podem ser obtidos por meio de entrevistas e levantamento de dados executados com os métodos de amostragem aleatória, por meio de pesquisa bibliográfica, utilizando dados já obtidos e catalogados em livros e revistas, ou por meio de experiências programadas. “Os dados coletados devem ser organizados em tabelas que, além de favorecerem uma análise mais eficiente, podem ser utilizadas para a construção dos gráficos das curvas de tendências” (BASSANEZI, 2010, p. 46).

Para Blum et al. (2007), os dados devem ser coletados para providenciar mais informação na situação de interesse. Esses dados sugerem qual o tipo de modelo matemático é mais apropriado para resolver um problema em específico. De acordo com Biembengut (2014), ao interagir com os dados, torna-se mais clara a situação, e é importante, nesta etapa, efetuar uma detalhada descrição dos dados levantados, os quais serão utilizados durante todo o processo de modelagem.

Após estas etapas iniciais, busca-se: descobrir a configuração das questões, examinar fatos e amostragens, com a intenção de subsidiar alicerces para uma generalização; analisar a natureza e a extensão do problema, formulando hipóteses; arrolar as soluções viáveis ou as possíveis maneiras de se chegar a elas; determinar a escolha da solução que parecer mais conveniente.

Para Biembengut (2014), esta é a fase mais complexa e desafiadora, pois é nela que se dará a tradução da situação-problema para a linguagem matemática. Assim, intuição e criatividade são elementos indispensáveis. Para formular e validar as hipóteses, Biembengut considera necessário: a) classificar as informações (relevantes e não relevantes) identificando

fatos envolvidos; b) decidir quais os fatores a serem perseguidos – levantando hipóteses; c) identificar constantes envolvidas; d) generalizar e selecionar variáveis relevantes; e) selecionar símbolos apropriados para as variáveis; e f) descrever estas relações em termos matemáticos.

Ao final dessa etapa, deve-se obter um conjunto de expressões e fórmulas, ou equações algébricas, ou gráficos, ou representações, ou programa computacional que leve à solução ou permita a dedução de uma solução. Desta forma, o problema passa a ser resolvido com o ferramental matemático que se dispõe. Isto requererá um conhecimento razoável sobre as entidades matemáticas envolvidas na formulação do modelo. De acordo com Blum et al (2007), é por meio de um processo matemático que os objetos relevantes, dados, relações, condições e deduções do domínio mundo são então traduzidos para a matemática, resultando então em um modelo matemático apto para ser usado.

Após a formulação do modelo matemático, passa-se então para a resolução do problema a partir do modelo, interpretação da solução e validação do modelo – avaliação. No trabalho com modelagem, a análise crítica das soluções é um momento especial, pois abre espaço para as discussões, os debates acerca dos resultados e a reconstrução de processos. É o momento em que se discutem as soluções sob o ponto de vista da coerência e consistência lógica, da sua adequação à realidade, da sua pertinência.

De acordo com Bassanezi (2010), Blum et al. (2007) e Biembengut (2007), para utilização do modelo é preciso verificar em que nível ele se aproxima da situação-problema apresentada. Assim, a *interpretação do modelo* pode ser por meio da análise das implicações da solução, derivada do modelo que está sendo investigado, para, então, ser verificada sua adequabilidade, retornando à situação-problema estudada, *avaliando o quão significativa é a solução*. Se o modelo não atender às necessidades que o gerou, retorna-se ao processo, mudam-se hipóteses, dentre outras. A análise crítica das soluções abre espaço para as discussões, os debates acerca dos resultados e a reconstrução de processos. Para Blum et al (2007), durante o processo de modelagem, podem ser produzidos um ou mais modelos, que são partes integrantes do todo.

Blum (2003) classifica os processos de modelagem em cinco fases: 1) simplificação do problema real a um modelo real; 2) matematização do modelo real passando por um modelo matemático; 3) busca de uma solução a partir do modelo matemático; 4) interpretação da solução do modelo matemático; e 5) validação da solução matemática interpretando-a no contexto do problema real.

Biembengut (2016) delimitou um método para o ensino de ciências e matemática denominado ‘Modelagem na Educação’, dividido em três etapas: *percepção e apreensão*; *compreensão e explicitação*; e *significação e expressão*⁴.

Percepção e apreensão

De acordo com Mariotti (2007), a percepção é um fenômeno que ocorre na estrutura dos seres vivos. Para o autor, o mundo externo é o mesmo, mas o universo interno difere de pessoa para pessoa. Forgas (1971) define percepção como o processo pelo qual uma pessoa recebe ou extrai informações sobre o meio, e ainda define aprendizagem como o processo pelo qual essa informação é adquirida por meio da experiência, tornando-se, assim, parte do armazenamento de fatos da pessoa.

Para George (1973, p. 27), “percepção de uma forma geral significa o processo completo de recebimento de informações (seja sua proveniência do meio interno e/ou do meio externo)”. Ainda conforme o autor, trata-se do processo de interpretação dos estímulos provenientes do meio ambiente. Segundo George, “percepção pode ser considerada como estreitamente relacionada com o pensamento, resolução de problemas e processos decisórios” (GEORGE, 1973, p. 51).

Percepção é um processo complexo que consiste em receber, identificar e classificar informações provenientes do meio ou do próprio corpo. “A percepção implica na capacidade de captar eventos ou ideias, misturar, selecionar e relacionar com as que dispomos” (BIEMBENGUT, 2003, p. 6). A percepção é a primeira fonte de conhecimento necessária para que se possa fazer uma descrição do meio, uma decodificação e representação. Posteriormente, a percepção tem relação com o pensamento, com a resolução de problemas e com os processos de decisão das pessoas.

Após o processo de percepção, segundo Biembengut (2016), a pessoa começa a apreender, ou seja, entender mentalmente o que foi inicialmente percebido, para posteriormente compreender sobre um fato, entender o significado de alguma coisa. A apreensão consiste na busca por subsídios teóricos que sustentem a ideia inicial, e que propiciem a elaboração de esboços mentais.

Compreensão e explicitação

Nem tudo que a pessoa percebe é compreendido. A maioria das percepções não chega a este segundo estágio, sendo excluídas pela mente por serem irrelevantes ou não merecerem maior atenção. A compreensão é a etapa que une a percepção ao conhecimento. A partir da

⁴ Estas etapas são utilizadas neste artigo conforme a nomenclatura utilizada por Biembengut (2016).

compreensão, um fato percebido adquire significado e, por consequência, torna-se conhecimento.

Ao se deparar com uma nova percepção, a mente busca explicar e relacionar com algo conhecido e, a partir disso, deduzir fenômenos derivados. O cérebro separa as informações recebidas dos órgãos dos sentidos. “Grande parte da nossa compreensão daquilo que as nossas sensações combinadas percebem depende da ocorrência simultânea de acontecimentos” (SKURNIK; GEORGE, 1967, p. 23).

A compreensão pode ser considerada a ligação entre a percepção e o conhecimento. Compreender significa expressar, mesmo que intuitivamente, uma sensação. “Uma vez tendo sido sensibilizado com o fato apresentado, a mente procura explicar, relacionar com algo já conhecido e deduzir os fenômenos que daí derivam” (BIEMBENGUT, 2003, p. 8). A autora afirma que as informações e os estímulos são percebidos e podem ser compreendidos pela mente, que procura explicar ou explicitar, delineando símbolos ou fragmentos de símbolos:

Um processo, que envolve a classificação dos estímulos ou informações, a novas combinações e/ou a (re)cognição de estímulos familiares, e ainda uma forma de linguagem na qual os diferentes códigos dos sentidos (visão, audição, etc.) são traduzidos para poderem comunicar-se. O processo cognitivo consiste em variar as observações e as medidas, em formular hipóteses verificáveis, ou seja, em saber discernir os elementos essenciais da situação observada. Processos que serão tanto mais refinados quanto maior for a vivência e a experiência. (BIEMBENGUT, 2003, p. 8).

As percepções ou informações recebidas são selecionadas pela mente que, sobretudo, processa o que for interessante ou que está disponível para gerar ideias, compreensões e entendimentos.

Significação e expressão

Depois de compreendidas e explicitadas as informações ou percepções, há uma busca para representá-las ou traduzi-las. Estas representações são feitas por meio de símbolos ou modelos, e podem ser mentais ou externas. As representações internas são aquelas que a pessoa constrói na mente – modelos mentais, conforme já explicitado anteriormente. E as externas são as que a pessoa consegue expressar ou produzir externamente por meio de produções artísticas, por exemplo.

Quando uma compreensão passa a ser significativa para a mente, pode-se dizer que se transformou em conhecimento, ou seja, ocorreu a aprendizagem. Não são todas as percepções que geram aprendizagem, pois aprender significa mais do que armazenar informações, implica ter conhecimento. Conhecimento é o ato ou efeito de conhecer, capacidade da mente em significar ou modelar um evento ou informação e utilizá-lo quanto necessitar.

Pressupostos metodológicos

Este artigo apresenta resultados teóricos de uma pesquisa qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 2010), a qual foi utilizado como procedimento metodológico o mapeamento na pesquisa educacional (BIEMBENGUT, 2008). Os dados advieram de duas fontes: pessoas e documentos. A fonte desta pesquisa é oriunda principalmente das pessoas, 10 profissionais que atuam em diferentes áreas. Destas pessoas advieram: 1) as *entrevistas*, que perfizeram um total de aproximadamente 40 horas de gravação; 2) os dados coletados por meio de cerca de 60 visitas de *observações* das pessoas no processo de criação; e 3) os *documentos* e produções por elas fornecidas. Dessa forma, para melhor explicitar, organizaram-se os dados coletados em: entrevistas, observações e documentos.

As *entrevistas*, por meio de narrativas, foram realizadas na maioria dos casos nos locais de trabalhos dos entrevistados, onde cada profissional narrou seu processo de criação, assim como histórias de vida. Em alguns casos, foi necessário mais de um momento de entrevista. Em um primeiro momento, o profissional falou sobre suas experiências e seu trabalho e, em outro momento, foi realizada uma entrevista mais direcionada, em que algumas perguntas foram feitas pela pesquisadora de modo a facilitar a análise do processo de cada uma das pessoas colaboradoras da pesquisa.

As *observações* realizadas nos espaços de trabalho, criação e produção de cada um dos profissionais entrevistados foram um dos tipos de levantamento de dados utilizado nesta pesquisa. Biembengut (2008) afirma que “pode ser utilizado em situações em que se busca compreender uma determinada ação em um determinado contexto no que tange ao tempo real ou ao tempo passado, quando a opção for produzida” (BIEMBENGUT, 2008, p. 105). Segundo a autora, a observação precisa ser acurada suficientemente para que se possa ampliar e qualificar os elementos que estão sendo pesquisados.

Nesta pesquisa, foram selecionados como colaboradores 10 profissionais que criam em diferentes áreas. Cinco deles têm relação direta com a manifestação cultural carnavalesca, por se tratar de um ambiente rico em criações, todos os colaboradores, de uma forma ou de outra, faziam parte das relações interpessoais da pesquisadora, e por tratarem-se de pessoas que criam em seus ramos profissionais.

Em todos os casos, foram realizadas observações do trabalho destas pessoas durante seus processos de criação. A seguir, no Quadro 1, explicita-se quem são estas pessoas colaboradoras, quais os locais onde atuam e o que foi observado em cada local de atuação.

Quadro 1 - Síntese das observações realizadas em diferentes espaços

	PROFISSIONAL	LOCAL	OBSERVAÇÕES
1	Carnavalesco	Barracão de escola de samba	Criação de alegorias de carnaval e demais adereços que iriam compor os desfiles.
2	Figurinista	<i>Atelier</i> de costura	Criação e acompanhamento de seus modelos.
3	Escultor	Barracão de escola de samba	Criação de escultura em espaço reservado para produção do profissional.
4	Coreógrafo	Quadra de ensaios de escola de samba	Apresentação ao público e ensaios em demais espaços (incluindo a avenida de desfile).
5	Compositor	Quadra de ensaios de escola de samba	Apresentação ao público durante os festivais de samba enredo.
6	<i>Designer</i> de unhas artísticas	Casa de cliente e espaço onde trabalha (salão)	Criação de desenhos em unhas postiças e de clientes.
7	Arquiteta	Espaço de trabalho (escritório)	Criação e desenvolvimento de projetos de edificações.
8	Modista	<i>Atelier</i>	Criação de moldes e confecção de roupas para cliente específico e/ou produção.
9	Pesquisador área ciências humanas	Universidade	Criação de produtos como artigos e livros na área das ciências humanas.
10	Pesquisador área ciência exatas	Universidade	Criação de produtos como artigos e livros na área das ciências exatas.

Fonte: Madruga (2016)

Os *documentos* analisados nesta pesquisa advieram de duas fontes: oriundos de busca teórica realizada pela pesquisadora e fornecidos pelas pessoas colaboradoras. Esses documentos basicamente consistem em: modelos e esboços, fotografias diversas (tanto de esboços como da produção finalizada), projetos e apostilas.

Aliados às observações (fotos, vídeos e anotações no diário de campo); os documentos cedidos por cada um dos entrevistados (modelos por eles elaborados, principalmente); e as entrevistas por narrativas, foram suficientes para a análise.

Síntese dos resultados

Para análise, considerando as observações e percepções da pesquisadora durante as entrevistas, foram pensadas em quatro categorias *a priori*: intenção, projeção, criação e produto. Estas, foram comparadas as etapas de modelagem (matemática) proposta por Biembengut (2016). Em um primeiro momento, o processo de todos os profissionais entrevistados, partem da escolha de determinada temática, ou problema, e passa: pela busca por subsídios ou levantamento de dados; pela construção (na maioria dos casos) de modelos mentais; por esboços, rascunhos e/ou protótipos; por modelos físicos expressos por meio de desenhos e/ou esquemas; e pela construção (quando necessário) do material que será apresentado às pessoas para avaliação e validação. A avaliação é feita não apenas no momento final, mas no decorrer de todo processo, e, caso haja necessidade, volta-se à(s) fase(s) anterior(es) para reformulações e/ou adaptações.

Estes procedimentos utilizados pelas pessoas para criar um produto, são similares aos processos de modelagem (matemática), conforme teoria exposta anteriormente. Sintetizando estas relações, e comparando-as com as categorias de análise tem-se:

- *Intenção* – escolha do tema (BASSANEZI, 2010); interação: reconhecimento da situação-problema – delimitação do problema (BIEMBENGUT, 2007); percepção e apreensão (BIEMBENGUT, 2016).

- *Projeção* – familiarização do assunto – coleta de dados e formulação de modelos (BASSANEZI, 2010); familiarização com o assunto a ser modelado – referencial teórico e matematização – formulação do problema – hipóteses (BIEMBENGUT, 2007); percepção e apreensão; e, compreensão e explicitação (BIEMBENGUT, 2016).

- *Criação* – formulação do problema e resolução (BASSANEZI, 2010); matematização – formulação do modelo matemático – desenvolvimento e resolução do problema a partir do modelo – aplicação (BIEMBENGUT, 2007); compreensão e explicitação; e, significação e expressão (BIEMBENGUT, 2016).

- *Produto* – validação e avaliação (BASSANEZI, 2010); modelo matemático – interpretação da solução e validação do modelo – avaliação (BIEMBENGUT, 2007); significação e expressão (BIEMBENGUT, 2016).

Dessa forma, pode-se dizer que os procedimentos utilizados pelos profissionais entrevistados na execução de seus trabalhos criativos, expressos pelas categorias *intenção*, *projeção*, *criação* e *produto*, são similares aos procedimentos utilizados por diversos autores na modelagem matemática. Entende-se que tanto os processos de modelagem prescritos por Bassanezi (2010, 2015) e Biembengut (2003, 2007, 2014, 2016), quanto o “*aprender com modelagem*”, descrito pelas categorias – ‘*intenção*’, ‘*projeção*’, ‘*criação*’ e ‘*produto*’–, não são disjuntos, ou seja, não se tratam de processos lineares que consistem na superação de etapas. Contrariamente, trata-se de um processo análogo a uma engrenagem, no qual as ‘correias’ se juntam e trabalham em sintonia. Isso quer dizer que há um entrelaçamento entre as etapas que possibilita um ‘ir e vir’ conforme necessidade. A Figura 1 apresenta esta ideia:

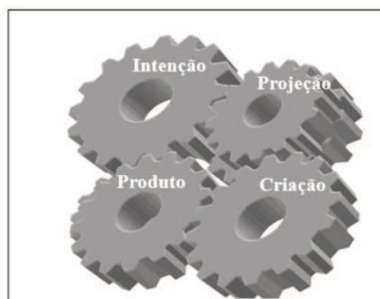


Figura 1 - Entrelaçamentos do “*aprender com modelagem*”.

Fonte: Madruga (2016)

Acredita-se que a utilização destes procedimentos no planejamento escolar, ou seja, da modelagem como método de ensino com pesquisa, pode possibilitar ao estudante se interessar, também, por saber fazer, saber criar, isto é, saber pesquisar para produzir algo que possa contribuir com o meio que vive ou pretende atuar (MADRUGA; BIEMBENGUT, 2016). Isso implica que os conteúdos programáticos não serão postos ‘enfileirados’, cada um ‘limitado’ e ‘fechado em sua disciplina’, ‘destinados’ a permanecerem em uma memória de curto ou médio prazo, e esquecidos ou apagados pela mente, tão logo não mais sejam necessitados.

Discussão teórica dos resultados

Com base na análise, constatou-se que os profissionais entrevistados produzem um modelo que, para Jacoby e Kowalik (1980), é uma aproximação de um protótipo, podendo ser objeto, sistema ou processo, utilizado por muitos profissionais, tais como artistas plásticos, arquitetos, engenheiros, escultores, desenhistas, economistas, administradores, cientistas, pesquisadores, coreógrafos, compositores, figurinistas, carnavalescos, entre outros.

[...] a ação de uma pessoa em suas atividades, seus trabalhos, de certa forma, faz parte de um processo social no qual ela está inserida. Isto é, apresenta aspectos relacionados com a sua etnologia no fazer, no explicar eventos, no resolver problemas, bem como, no criar modelos. (MADRUGA; BIEMBENGUT, 2016, p. 153).

A análise possibilitou a identificação das três fases do processo de modelagem (matemática) utilizadas para solucionar ou compreender uma situação-problema ou um fenômeno. Segundo Biembengut (2003), as pessoas em seu trabalho de criação recebem vários tipos de informação de fontes diversas que, uma vez selecionadas e reorganizadas, podem gerar novos conhecimentos frente a novas necessidades impostas pelo meio, sejam econômicas, sociais, históricas ou culturais.

As representações internas (modelos mentais) e externas (modelos físicos) analisadas por meio das narrativas dos profissionais colaboradores da pesquisa mostraram que, embora singulares, os processos por eles desenvolvidos apresentam similaridades, tanto entre si, como com os processos de modelagem (matemática).

A modelagem (matemática) já é uma área consolidada da Educação Matemática, com diversas pesquisas que comprovam sua eficácia no ensino e na aprendizagem da disciplina, sendo utilizada por muitos professores, principalmente no que se refere à matemática aplicada. É verdade que ainda há certo receio por parte de alguns professores em utilizar a modelagem (matemática) na Educação Básica, alegando principalmente a insegurança e o “engessamento” do currículo, que impossibilitam tal prática.

No entanto, pode-se dizer que a modelagem, de uma maneira geral, é eficaz em muitos casos, inclusive em razão de as pessoas utilizarem seus princípios mesmo sem terem tal conhecimento. Nos diversos ramos profissionais, conforme análise das narrativas, as pessoas utilizaram a modelagem para resolver seus problemas e externalizar suas criações. *Se as pessoas fazem uso da modelagem em diferentes ramos profissionais, será que este método não é profícuo também na escola, no ensino e na aprendizagem de qualquer disciplina?*

Tem-se a convicção que sim. Acredita-se que a modelagem, utilizada não somente na disciplina de matemática, como também em qualquer outro componente curricular, pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, bem como desenvolver o senso criativo nos estudantes e, dependendo da temática, valorizar a cultura e o entorno onde vivem.

Há pessoas que têm um potencial ou senso criativo inerente, sendo esse expresso em seus fazeres, fruto de suas origens culturais. A Lei nº 4.024 (1961) já assegurava às pessoas uma educação formal inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, os quais requeriam preparo das pessoas e da sociedade para o domínio dos recursos científicos e tecnológicos que as permitissem aprimorar-se e, especialmente, preservar e expandir o patrimônio humano, social e cultural.

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC traz a ideia da criação de situações de trabalho mais colaborativas, que se organizem com base nos interesses dos estudantes e favoreçam seu protagonismo. Uma delas é o desenvolvimento dos processos criativos e colaborativos, baseados nos interesses de pesquisa dos estudantes e na “investigação das corporalidades, espacialidades, musicalidades, textualidades literárias e teatralidades presentes em suas vidas e nas manifestações culturais das suas comunidades, articulando a prática da criação artística com a apreciação, análise e reflexão sobre referências históricas, estéticas, sociais e culturais” (BRASIL, 2017, p. 472).

A valorização da criatividade e das diferentes manifestações culturais é indicação dos documentos oficiais para toda a Educação Básica. Conforme Lubart (2007), “o contexto cultural age não somente sobre a concepção e o nível de atividade criativa, mas também sobre as formas que vai tomar a expressão criativa em cada área”.

Segundo Giroux e Simon (2011), a cultura popular encontra-se no campo do cotidiano, enquanto a pedagogia atesta e propaga a linguagem, os códigos e os valores da cultura soberana. É na cultura popular que há apropriação pelo estudante, confirmando suas práticas e experiências, enquanto a pedagogia preocupa-se com a validação do saber adulto, do educador e da instituição escolar (GIROUX; SIMON, 2011).

As pessoas têm, em suas raízes culturais e na criatividade, o impulso para realização de seus trabalhos. A criação de algo acontece em todos os momentos, nas mais diversas

profissões. A *arte*, uma atividade humana relacionada às manifestações de ordem estética, é expressa não somente nas manifestações populares, mas em todas as profissões.

A arte e os processos criativos são constantes em vários ramos profissionais. As diferentes manifestações artísticas podem contribuir com os processos educacionais nas mais diversas disciplinas. O estudo de distintos processos criativos, por exemplo, permite ao estudante interar-se de conceitos de diferentes áreas do conhecimento e, ao mesmo tempo, conhecer e valorar a cultura de cada grupo social.

D'Ambrosio (1986) destaca elementos essenciais da evolução da matemática e seu ensino, elementos arraigados a fatores socioculturais. “Isto nos conduz a atribuir à Matemática o caráter de uma atividade inerente ao ser humano, praticada com plena espontaneidade, resultante de seu ambiente sociocultural e conseqüentemente determinada pela realidade material na qual o indivíduo está inserido” (D'AMBROSIO, 1986, p. 36).

Embora um grande número de pesquisas questione as práticas tradicionais na escola e aponte outros caminhos, muitos professores ainda utilizam tais metodologias ultrapassadas no ensino de diversas disciplinas. Cabe ao professor utilizar estratégias metodológicas que estimulem o desenvolvimento da aprendizagem do estudante. “É fundamental abrir espaço, dentro do contexto escolar, para que diferentes formas de expressão e aprendizagem sejam respeitadas e valorizadas por seu significado no processo de assimilação cultural e de construção do indivíduo na sociedade” (AROUCA, 2012, p. 19).

A educação formal, baseada na transmissão de explicações e teorias (ensino teórico e aulas expositivas) e no adestramento em técnicas e habilidades (ensino prático com exercícios repetitivos), é totalmente equivocada, como mostram os avanços mais recentes de nosso entendimento dos processos cognitivos. Não se pode avaliar habilidades cognitivas fora do contexto cultural. Obviamente, capacidade cognitiva é própria de cada indivíduo. Há estilos cognitivos que devem ser reconhecidos entre culturas distintas, no contexto intercultural, e também na mesma cultura, no contexto intracultural. (D'AMBROSIO, 2001, p. 81).

Aprendizagens dissociadas de sentido, de identificação pessoal e/ou sem relação com as vivências dos estudantes – sua cultura – tornam-se discursos vazios e irrelevantes. A cultura refere a conjuntos e pensamentos, condutas, tradições, valores e símbolos transmitidos de geração para geração, afirma Lubart (2007). “Os estudos indicam que a cada cultura corresponde uma concepção própria do ato criativo e que o quadro cultural age bem mais sobre o nível de atividade criativa do que sobre as oportunidades de expressão, variáveis em função das áreas” (LUBART, 2007, p. 83).

A escola, ambiente formal de ensino, é apontada como uma das causas do declínio criativo nos estudantes durante toda sua escolarização. Metodologias inadequadas, bem como a própria organização curricular por meio de disciplinas que fragmentam o conhecimento e dificultam a compreensão dos problemas cotidianos, contribuem para a diminuição do potencial criativo. Currículos não preocupados com os sujeitos os quais representam,

tornando-se meros documentos sem voz ativa, colaboram para este declínio. A escola, que deveria ser um espaço de motivação, criação, desvela-se como um ambiente em que o sujeito é desencorajado quanto ao uso de suas capacidades. Em meio a estas situações, percebe-se a necessidade de voltar-se à complexificação dos problemas, buscando ‘um olhar’ para o todo, por soluções. Eis a necessidade da criatividade na busca por essas ideias.

A utilização dos princípios de modelagem mostra-se como uma possibilidade, buscando a formação de sujeitos capazes e sensíveis na identificação e na solução das questões atuais. Além disso, ambientes que proporcionem esses atributos são potenciais espaços para o desenvolvimento da criatividade. Garantir esses espaços em ambientes formais de ensino deve ser tarefa a ser cumprida na composição curricular.

Os documentos oficiais estimulam a valorização do potencial criativo nas escolas e orientam as práticas pedagógicas e o currículo, para que sejam organizados de forma que contemplem aos estudantes o desenvolvimento da ética, da autonomia, do pensamento crítico e criativo, além do respeito, da cooperação e da solidariedade entre as pessoas. Além disso, a escola é orientada a primar por esse multiculturalismo.

Madruga e Biembengut (2016) consideram que a educação escolar não pode se omitir perante essa condição e, por conseguinte, o conhecimento acadêmico precisa ser desenvolvido de tal forma a ser inter/transdisciplinar. Para isso, é necessário que a escola seja o lugar que prime pelo respeito, pela solidariedade e pela cooperação (D’AMBROSIO, 1997). Dessa forma, pode-se permitir a expansão das aprendizagens por meio do compartilhamento e enriquecimento que somente o convívio e a discussão são capazes de proporcionar. Um ambiente escolar acolhedor, que não promova disputas, mas cooperação, que não compartimentalize, mas unifique ideias, torna-se um ambiente fértil e motivador à criatividade.

Como utilizar o aprender com modelagem em sala de aula

A modelagem (matemática), teoria ‘pano de fundo’ desta pesquisa, possui diferentes concepções. Nesta pesquisa, desde o início assumem-se as ideias de Biembengut (2016) que, por sua vez, são baseadas na concepção de Bassanezi (2010), pois se considera que esta forma de pensar a modelagem vem ao encontro dos objetivos da educação, proporcionando um método que pode ser aplicado no ensino e na aprendizagem não só de matemática, mas também dos demais componentes curriculares.

A ideia inicial de modelagem matemática é a de “um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos [...] consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual” (BASSANEZI, 2010, p. 24). Essa ideia serviu como base

para diferentes autores. Em obras posteriores, Bassanezi aprimora este conceito de modelagem: “um processo de criação de modelos em que são definidas as estratégias de ação do indivíduo sobre a realidade, mais especificamente sobre a sua realidade” (BASSANEZI, 2015, p. 15).

De acordo com Bassanezi (2015), a utilização da modelagem no processo de ensino e de aprendizagem propicia a oportunidade de exercer a criatividade, não apenas em relação às aplicações das habilidades matemáticas, mas, principalmente, na formulação de problemas originais. A partir das ideias de Bassanezi (2015), Biembengut (2016) começa a ampliar o conceito de modelagem matemática para modelagem nas ciências e modelagem na educação – modelação, e, ainda, aperfeiçoa as fases, conforme descrito anteriormente, em: *percepção e apreensão; compreensão e explicitação; e significação e expressão*. Biembengut (2016) também traz a ideia de utilizar modelagem desde o início da Educação Básica, com o intuito de potencializar e desenvolver a criatividade nos estudantes desde os anos iniciais.

A proposta deste artigo, a partir dos resultados de que as pessoas nas mais diferentes áreas de atuação recorrem a modelos e utilizam a modelagem em suas tarefas usuais e criações, é ampliar a proposta de Biembengut para que a ‘modelagem’ possa ser utilizada em qualquer disciplina e ainda de uma forma transdisciplinar, com foco na realidade do estudante, sua cultura e no desenvolvimento da criatividade.

Observando em campo o trabalho dos 10 entrevistados nesta pesquisa, assim como analisando suas narrativas, pode-se perceber que há um padrão seguido por estas pessoas em suas criações. Esse padrão divide-se basicamente em quatro etapas: intenção, projeção, criação e produto; e são similares aos procedimentos de modelagem matemática nas concepções de Bassanezi (2010) e Biembengut (2016).

Com base nestas similaridades, propõe-se que o padrão utilizado por profissionais de diversas áreas de atuação seja vinculado às ideias de modelagem matemática e, assim, levado à escola com o intuito de aprimorar a criatividade nos estudantes, valorizar os contextos culturais e sociais nos quais estão inseridos e possibilitar a potencialização da aprendizagem, não apenas na disciplina de matemática, mas sim em todos os componentes curriculares.

Para isso, propõe-se um “*aprender com modelagem*”, ou seja, utilizar as ideias de modelagem (matemática) para promover a aprendizagem dos estudantes de qualquer disciplina com vistas ao desenvolvimento de modelos, sejam eles matemáticos ou não, instigando a criatividade e a pesquisa em sala de aula.

O “*aprender com modelagem*”, conforme se sugere, é dividido em quatro etapas, as quais foram observadas no trabalho dos profissionais entrevistados: *intenção, projeção, criação e produto*. A saber:

- *Intenção*: é a fase inicial. O momento em que as ideias emergem e surge o tema que será desenvolvido. Todo processo criativo parte de um tema, de uma intenção. Da mesma forma, para “*aprender com modelagem*” é necessário que haja uma temática, seja ela específica e relacionada a algum conteúdo curricular (o que não é recomendável), ou relacionada a qualquer temática do interesse dos estudantes, sejam elas culturais, sociais, econômicas, ambientais, ou um problema específico de qualquer natureza enfrentado pela comunidade na qual a escola está inserida. Essas últimas são as mais recomendadas, pois, além de instigarem o interesse dos estudantes, estão inseridas em suas realidades e, dessa forma, podem possibilitar o estudo de conceitos disciplinares contextualizados e distanciados das ‘caixinhas’ das disciplinas e diferentes do corriqueiro nas rígidas organizações escolares.

Conforme Mosé (2015, p. 49):

A vida escolar, ainda hoje, organiza-se em séries, e os saberes se dividem em diversos conteúdos isolados, sem conexão uns com os outros. [...] Gramática, literatura, álgebra, geometria, genética, citologia, ótica, mecânica, saberes que são ministrados isoladamente, cada um retratando um fragmento do saber que nunca se relaciona com os outros e com a vida.

Acredita-se que, utilizando os procedimentos do “*aprender com modelagem*” pode-se superar essa fragmentação mencionada por Mosé (2015) e, ainda, relacionar os conteúdos programáticos entre si, por meio da transdisciplinaridade, e com os contextos dos estudantes.

Para que estes ‘contextos’ sejam contemplados, o professor precisa atentar à escolha do tema, ou seja, à intenção da atividade de modelagem que será desenvolvida sob a concepção do “*aprender com modelagem*”.

Sobre a escolha do tema, Burak e Klüber (2011) afirmam que o professor tem papel importante no encaminhamento desta etapa, pois “ao conhecer o potencial econômico da região da cidade, de um bairro, pode fornecer subsídios importantes para uma tomada de decisão” (BURAK; KLÜBER, 2011, p. 48). E continuam ao enfatizar que: “o interesse dos estudantes pode recair nos esportes, nas brincadeiras, nos serviços, nos temas atuais que as formas de comunicação possibilitam, como, por exemplo, corrupção, terremotos, desabamentos, entre outros” (BURAK; KLÜBER, 2011, p. 48).

Seja qual for a *intenção* do estudante, cabe ao professor encaminhá-lo e auxiliá-lo a focar em determinado(s) ponto(s), pois, como em uma pesquisa científica, um tema por si só é em demasia amplo e precisa ser lapidado para que se possa produzir algum tipo de modelo.

O ideal é que o estudante escolha a temática, a *intenção*, e, com base nesta definição, o professor assuma seu papel importante de orientador e o auxilie no decorrer das demais etapas. Cabe também ao professor a tarefa de conduzir a ação de “*aprender com modelagem*” e de, no decorrer das fases, direcioná-la, por meio de indagações e orientações para os conteúdos curriculares das diversas disciplinas envolvidas. Esses conteúdos não aparecem de

forma enfileirada, como nos currículos escolares, mas, sim, devem ser estudados na medida em que vão emergindo.

Tanto no processo de modelagem (matemática) como na proposta do “*aprender com modelagem*”, é fundamental o trabalho do professor, de estar atento e direcionar o aluno da melhor forma possível. Nesse sentido, esta primeira fase é de suma importância para o processo, pois, a partir desta escolha, que deve ser discutida e bem elaborada, pode-se seguir para as etapas seguintes.

Como a indicação do “*aprender com modelagem*” pode ser aplicada em qualquer fase de escolarização, desde a Educação Básica até o Ensino Superior, faz-se necessário, por vezes, que o professor intervenha também nesta etapa de *intenção*, principalmente nos primeiros anos escolares. Muitas vezes, a criança, principalmente, sente-se perdida e não consegue escolher uma temática para o estudo. Cabe ao professor ter a sensibilidade e o poder de observação para sugerir temas que venham ao encontro dos anseios e problemas enfrentados pelos alunos. Para isso, o professor deve ‘mergulhar’ nos contextos dos estudantes e entender seus problemas e realidades para que possa propor temáticas pertinentes e que façam sentido para eles. Conforme D’Ambrosio (2001), o cotidiano está impregnado de saberes e fazeres próprios da cultura. “A todo instante, os indivíduos estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo, e, de algum modo, avaliando, usando os instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura” (D’AMBROSIO, 2001, p.22).

A partir da *intenção* definida, ou seja, da temática escolhida, começa-se a segunda etapa a ser desenvolvida pelos estudantes, juntamente com o professor: a *projeção*.

- *Projeção*: é a fase em que o estudante começa a inteirar-se com a temática do estudo, ou seja, com a *intenção*, em que há uma busca por subsídios que sustentem teoricamente a pesquisa. Nesta etapa inicia a fase em que os conteúdos, não de forma linear, começam a emergir, e os estudantes passam a se inteirar dos diversos temas. É uma pesquisa teórica acerca do tema, em que professor e alunos investigam juntos e coletam o maior número possível de dados.

Nesta etapa, dependendo da temática, os estudantes podem realizar entrevistas, questionários, assistir a palestras e/ou aulas de especialistas, realizar saídas de campo, além, é claro, de buscar bibliografia. O professor deve orientar os estudantes quanto à confiabilidade dos dados, principalmente no que se refere a buscas *online*.

Burak e Klüber (2011) denominam essa fase, na modelagem matemática, *pesquisa exploratória*. Segundo os autores, é uma fase que acontece naturalmente após a escolha do tema. “Observa-se, muitas vezes, que, dependendo do nível de ensino em que estejam sendo

trabalhados, os temas são escolhidos por curiosidade, pelo desejo de se conhecer mais e melhor aquele assunto” (BURAK; KLÜBER, 2011, p. 48). De acordo com os autores:

O conhecimento sobre o tema e a busca de informações no local onde está o interesse do grupo de pessoas envolvidas, além de se constituírem em uma das premissas para o trabalho nessa visão de Modelagem, são uma etapa importante na formação de um estudante mais crítico, mais atento. (BURAK; KLÜBER, 2011, p. 49).

Nesta etapa, Biembengut e Hein (2011) sugerem que os estudantes façam um estudo, levantamentos de dados, a fim de se familiarizarem com o tema escolhido. Posteriormente, que sejam levantadas questões sobre esta temática e seja elaborada uma síntese do tema, além da realização de entrevistas com especialistas no assunto.

Nesta etapa de *projeção* é quando os dados, além de serem coletados, começam a fazer sentido para o estudante: familiarização com o assunto (BASSANEZI, 2010; BIEMBENGUT, 2007). É a etapa em que professor e alunos investigam juntos e começam a delinear o caminho para o ensino e a aprendizagem dos diferentes conteúdos envolvidos. E também quando ocorre a formulação do problema (BASSANEZI, 2010; BIEMBENGUT, 2007).

Na *projeção* é quando a criatividade começa a fluir e são tomadas decisões importantes que os acompanharão até o final do processo. Nesta etapa começa a se delinear o caminho que os estudantes seguirão, é quando surge na mente a projeção do produto (modelo) que irão criar, seja este produto uma invenção nova e requintada; uma maquete que mostre suas realidades; uma equação matemática; uma composição musical; uma peça de teatro; uma dança; um artigo científico; um texto simples; uma peça de roupa; um desfile de escola de samba; um desenho; um mapa de sua realidade; um projeto de qualquer âmbito (social, cultural, ambiental, entre outros); uma sugestão de melhora para sua escola ou bairro; entre tantos outros; enfim, depende da criatividade dos estudantes.

As diferentes expressões artísticas e culturais devem ser levadas em consideração, pois:

O ser humano se percebe e se reconhece naquilo que cria, transformando as coisas, dando-lhes um sentido, um significado. E, ao transformar as coisas, os seres humanos se transformam. Somos todos criadores potenciais, e a arte, em suas múltiplas dimensões, é um campo incomensurável de possibilidades para o exercício da criação. A arte nos proporciona poder vivenciar a diversidade cultural e possibilita que nos (re)conheçamos nesse processo criativo. (FARIA; GARCIA, 2003, p. 48).

Acredita-se que o “*aprender com modelagem*” pode contribuir para o desenvolvimento da criatividade no estudante e, dependendo da *intenção* e *projeção*, contemplar a diversidade e valorização cultural, pois: “a escola, cada vez mais deverá ser um espaço aberto, e a educação, inevitavelmente vinculada à cultura” (MOSE, 2015, p. 82).

- *Criação*: é a fase em que o estudante efetivamente ‘cria’ seus modelos. É quando os primeiros esboços deixam de ser representações mentais e passam a ser físicos. Momento em que aparecem as primeiras produções por meio de ‘tentativas’ (esboços, rascunhos, desenhos, etc.), para posteriormente serem elaboradas de maneira definitiva. É a etapa de formulação e resolução do modelo (BASSANEZI, 2010; BIEMBENGUT, 2007).

Esta é a fase em que os estudantes ‘passam para o papel’ tudo o que projetaram na fase anterior, momento em que os conteúdos curriculares começam a emergir, em que há uma sistematização de conceitos, mediados e auxiliados pelo professor, que assume o papel de ‘figura secundária’ no processo, deixando o ‘protagonismo’ para o estudante. Nesta etapa é necessário o auxílio de outros professores especialistas, dependendo da temática em questão, o que sugere um trabalho coletivo por parte dos professores na aprendizagem do estudante.

Na verdade, mais que um trabalho coletivo, um trabalho inter/transdisciplinar, pois a ‘*intenção*’ do ‘*aprender com modelagem*’ é justamente a superação do conhecimento fragmentado, possibilitando o trabalho transdisciplinar na escola, em que os professores especialistas atuam no sentido de orientar seus alunos, relacionando conteúdos e potencializando o desenvolvimento da criatividade, assim como da criticidade nos estudantes.

Para a aprendizagem, bem como para o desenvolvimento da criatividade e criticidade nos estudantes, é preciso que o professor desenvolva certas características como, por exemplo, encorajar a aprendizagem independente do estudante; desenvolver atividades cooperativas; motivar os estudantes a aprender fatos a fim de adquirir as bases sólidas para um pensamento divergente; encorajar o pensamento flexível; evitar julgar as ideias dos estudantes antes que elas não tivessem sido consideradas; favorecer a autoavaliação das ideias; ouvir as questões e sugestões dos estudantes; auxiliar os estudantes a ultrapassar frustrações; estar disponível para colaborar, mediar e orientar o estudante em seu processo de aprendizagem.

Considera-se que o ‘*aprender com modelagem*’ pode auxiliar neste processo, possibilitando a transformação da escola tradicional em uma escola em que realmente haja produção intelectual por parte dos estudantes e onde eles aprendam de maneira autônoma, criativa e valorizando seu entorno, sua cultura, sua história.

A modelagem matemática e, conseqüentemente, o ‘*aprender com modelagem*’ podem apresentar-se como estratégias que auxiliem no processo de produção de saberes, bem como de pesquisa e de criatividade no espaço escolar. Para Biembengut e Hein (2011), na medida em que se estão formulando questões, “ao suscitar um conteúdo matemático para a continuidade de um processo e obtenção de um resultado, interrompe-se a exposição e desenvolve-se a matemática necessária, retornando no momento adequado” (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 21). Conforme os autores, o tempo de interrupção depende da abrangência do

conteúdo. “Outra coisa a considerar é que nesse processo, muitas vezes, o conteúdo programático mostra-se insuficiente, apontando assim uma reestruturação do programa, na ênfase e na sequência, em particular” (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 21).

Assim como na modelagem (matemática), no ‘*aprender com modelagem*’ são utilizados os mesmos princípios, com a única diferença de não se restringir somente à matemática, estendendo-se a todas as outras disciplinas. Dessa forma, depois do desenvolvimento do conteúdo necessário e suficiente para responder ou resolver esta etapa, pode-se propor exemplos análogos para que o conteúdo não se restrinja ao modelo.

De acordo com Biembengut e Hein (2011 p. 21), “os exemplos análogos darão uma visão mais clara sobre o assunto, suprimindo deficiências, preenchendo possíveis lacunas quanto ao entendimento do conteúdo”. A modelagem, em todas as suas concepções e diferentes entendimentos, propicia o estímulo pelo gosto de aprender, “o que significa entender que a fome de saber, a vontade de conhecer é mais eficiente para o processo de aprendizagem do que a manutenção dos deveres cumpridos” (MOSÉ, 2015, p. 57). Para que isso ocorra, Mosé (2015) afirma que é necessário transformar as tarefas escolares, “hoje repetitivas e desinteressantes, e vincular o aprendizado à ação, o que significa que a aprendizagem deve ser importante no presente pelo seu valor de uso, não pelos benefícios prometidos para o futuro” (MOSÉ, 2015, p. 57).

- *Produto*: é a fase em que ocorre a validação e avaliação do modelo elaborado pelos estudantes (BASSANEZI, 2010; BIEMBENGUT, 2016). Cabe salientar que não se trata apenas da avaliação da aprendizagem, pois esta ocorre durante todo processo, desde a fase de intenção. A avaliação que se menciona nesta fase é a do produto, ou seja, do modelo elaborado, para verificar se ele é válido e responde ao problema inicialmente proposto.

Se a solução, ou seja, o *produto* não for satisfatório, pode-se voltar a qualquer uma das etapas anteriores e rever a *criação*, a *projeção*, ou até mesmo a *intenção*. Dessa forma, o ‘*aprender com modelagem*’ não se configura como um processo linear, muito pelo contrário, é um processo que pode ser cíclico, articulando as fases na medida em que haja necessidade.

Luckesi (2011) apresenta um modelo de avaliação que pode ser aplicado à ideia de “*aprender com modelagem*” durante todo seu processo. Este modelo – “contexto, entrada, processo e produto” – destina-se à avaliação de acompanhamento de uma ação, dividida em quatro momentos: 1) avaliação do *contexto*, que diagnostica o âmbito em que uma ação vai ser desenvolvida, tendo em vista a definição das especificações do projeto, ou seja, antes da ação; 2) avaliação de *entradas*, que diagnostica os insumos, os recursos que serão utilizados na ação; 3) avaliação do *processo* de execução da ação, que diagnostica e acompanha e, se

necessário for, reorienta o seu curso; e 4) avaliação do *produto* obtido, que diagnostica e testemunha a qualidade dos resultados (LUCKESI, 2011, p. 366).

Além da validação do produto, modelo elaborado pelos estudantes, realizada pelo grupo juntamente com o professor, há outro tipo de avaliação que cabe destacar: a avaliação da aprendizagem, ou seja, a avaliação do estudante. O “*aprender com modelagem*”, assim como a modelação (BIEMBENGUT, 2014), requer uma avaliação que seja diagnóstica, processual e de resultados:

- A avaliação *diagnóstica* implica em saber, antes de iniciar um processo de ensino, o que o estudante conhece, quanto conhece e o que ainda necessita conhecer.
- A *processual* requer contínua observação e identificação de como os estudantes estão se inteirando das proposições e das respostas ou expressões realizadas por eles durante o processo de ensino.
- E a avaliação de *resultados* a partir do que e como respondem por escrito às questões e concluem seus trabalhos. (BIEMBENGUT, 2014, p.57).

Para Biembengut (2014, p. 56), “o processo de ensino e aprendizagem para os estudantes supõe: orientação adequada, formalização dos conteúdos e estímulo aos sentidos crítico e criativo”. Nesse sentido, o professor deve acompanhar o processo do “*aprender com modelagem*” avaliando continuamente o seu desenvolvimento. Não se pode, em hipótese alguma, avaliar os estudantes de forma tradicional, ou seja, após o processo, fazer “uma prova” dos conteúdos trabalhados no decorrer das etapas. Este instrumento é totalmente ineficaz para a alternativa pedagógica adotada.

O professor deve realizar uma avaliação contínua, em que cada esforço, cada questionamento, cada criação e cada avanço seja considerado, daí a importância do acompanhamento durante todo o processo. De acordo com Arouca (2012), o professor deve ter claro quais são os indicadores possíveis para serem avaliados dentro do processo desenvolvido, e esses critérios devem ser compartilhados com os estudantes antes do início das etapas. “É muito importante que os estudantes saibam previamente no que estão sendo avaliados para que possam orientar sua ação na busca do êxito escolar” (AROUCA, 2012, p. 113).

É importante também que os estudantes expressem seus produtos e modelos para os demais, por meio de seminário, exposições, feiras, entre outros. Biembengut e Hein (2011, p. 26) afirmam a necessidade de divulgar o trabalho: “pode-se planejar um ou mais dias para a divulgação dos trabalhos aos demais colegas de classe ou à comunidade escolar, ou ainda, se for o caso, a quem possa interessar”. Ao finalizar o processo, é relevante expressar os resultados, a fim de que possa valer a outras pessoas que tenham interesse no assunto, assim como para o próprio estudante (BIEMBENGUT, 2014).

Por meio do “*aprender com modelagem*” tem-se a convicção de que se podem aprofundar questões potencializadoras da criatividade, na busca por valorização do

conhecimento cultural das comunidades, primando pelo desenvolvimento do potencial criativo dos estudantes e, com isso, possibilitando que aprendam conceitos de todas as disciplinas curriculares em qualquer fase de escolarização. “Estudar, cada vez mais, será, antes de tudo, entender onde a gente mora, que relações predominam ali, que tipo de vida impõe, para saber até que ponto queremos seguir trilhas prontas ou inventar as nossas” (MOSÉ, 2015, p. 83).

Considerações finais

Este artigo teve como objetivo apresentar um modelo metodológico construído a partir de uma pesquisa que analisou as relações entre os processos criativos de diferentes profissionais e procedimentos de modelagem (matemática). A análise dos resultados de uma pesquisa que serviu de base para essa discussão teórica, (MADRUGA, 2016) comprova que as pessoas, em variadas profissões, utilizam as etapas da modelagem (matemática). Observou-se que os 10 profissionais entrevistados, embora apresentando várias diferenças – profissionais, sociais, culturais e de escolaridade –, recorrem ao mesmo processo para produzir o seu modelo, o seu produto.

Desse modo, nos parece evidente que a escola também as utilize no processo de ensino e aprendizagem. Assim, a proposta desta discussão é ampliar as ideias de Biembengut (2016), bem como a dos demais pesquisadores da área, e tratar a modelagem na educação de uma forma ampla, que possa ser utilizada em qualquer componente curricular, desde os anos iniciais da Educação Básica até o Ensino Superior.

A ideia é trabalhar com as raízes de modelagem de Bassanezi (2010) e com a concepção de Biembengut (2016) que traz a ideia da modelagem como um método de ensino com pesquisa aplicado à educação em qualquer área do conhecimento, propondo novas fases que fazem consonância com as de Biembengut (2007, 2014), organizando as fases em agrupamentos que explicitam a linha tênue que as separam e por vezes se confundem, evidenciando que não são etapas estanques, e sim que se entrelaçam durante o processo, gerando uma rede de engrenagens que demonstra que as etapas não são disjuntas, podendo voltar às etapas anteriores para serem refeitas quantas vezes for necessário.

A proposta em questão é trabalhar com qualquer modelo, e não apenas com modelos matemáticos, e que possam ser utilizados por qualquer pessoa. A pesquisa mostrou que as pessoas recorrem a modelos e produzem algo que será avaliado e apreciado por diversas pessoas. Cada pessoa traz consigo valores culturais. E cabe à educação formal fazer essa ponte entre a modelagem e a cultura.

Assim, ideia é apresentar um novo olhar, ampliar a concepção de modelagem, e mostrar que ela é utilizada em diversos ramos profissionais, instigando assim sua aplicação e

desenvolvimento em qualquer ano de escolaridade, tendo em seu viés a questão da cultura, bem como o desenvolvimento da criatividade.

É preciso que a escola, por meio do planejamento dos professores, preocupe-se em fomentar a criatividade nos estudantes trabalhando com a modelagem e a cultura, pois, ao integrar à educação escolar as questões do dia a dia, pode-se inclusive identificar diversas ações com fins de contribuir para aprendizagem dos estudantes. Os elementos culturais podem contribuir no desenvolvimento dos programas escolares de uma forma diferenciada e motivadora.

O processo de modelagem, seja ele com as concepções de Bassanezi (2010), com as reformulações de Biembengut (2016), ou com as ideias de nomenclatura de fases que as autoras propõem, é o mesmo processo que os profissionais executam nas mais diferentes áreas de atuação. Dessa forma, parece-nos claro que este é o processo que deve ser desenvolvido na escola por parte dos professores.

Então se propõe que o planejamento dos professores de qualquer disciplina, em qualquer ano de escolaridade, contemple os passos da modelagem, quais sejam: *percepção e apreensão; compreensão e explicitação; e significação e expressão*. Ou ainda que sigam os passos de pensar em: *'intenção', 'projeção', 'criação' e 'produto'*. É fundamental que o professor saiba, em seu planejamento, quais são as ações características de cada fase, com o intuito de estimular a criatividade e propiciar que os alunos produzam modelos, sejam quais forem os modelos. Considera-se que este tipo de planejamento com modelagem na educação, que siga estas etapas, propicia que o professor utilize conceitos de várias disciplinas ao mesmo tempo, ou seja, estimula uma ideia transdisciplinar, não apresentando estes conteúdos de forma enfileirada, mas sim conjunta, abrangendo uma ideia plena em que os conceitos das diferentes disciplinas se perpassam.

Destaca-se a importância da cultura, do cenário no qual o estudante está imerso. É importante que a escola valorize a cultura local, valorize o seu entorno, traga as manifestações culturais deste entorno, da comunidade, para dentro da escola. E a partir daí estimule a formação de pessoas criativas, seja ele um professor, um pesquisador, um arquiteto, um compositor, um escultor, um dançarino, um carnavalesco, entre tantos outros. Que a escola forme profissionais atuantes em seu meio, que possam mudar o seu contexto social e a realidade da comunidade onde vivem.

Referências

AROUCA, C. A. C. *Arte na escola: como estimular um olhar curioso e investigativo nos alunos dos anos finais do ensino fundamental*. São Paulo: Editora Anzol, 2012.

- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática*. 3ª Ed. São Paulo: Contexto, 2010.
- BASSANEZI, R. C. *Modelagem Matemática teoria e prática*. São Paulo: Contexto, 2015.
- BIEMBENGUT, M. S. *Mapeamento na Pesquisa Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.
- BIEMBENGUT, M. S. Modelagem & Processo Cognitivo.. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: UNIMEP, 2003.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem matemática & Implicações no Ensino e Aprendizagem de Matemática*. 3ª ed. Blumenau: Edifurb, 2007.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem Matemática no Ensino Fundamental*. Blumenau: Editora da FURB, 2014.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem na Educação Matemática e na Ciência*. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- BIEMBENGUT, M.S.; HEIN, N. *Modelagem Matemática no Ensino*. 5ª ed. 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2011.
- BLUM, W. Icm study 14: Applications and modelling in mathematics education — discussion document. In: *Educational studies in mathematics*, 51, p.149–171, 2003.
- BLUM, W.; GALBRAITH, P. L.; HENN, H-W.; NISS, M. *Modelling and Applications in Mathematics Education*. New York: Springer, 2007.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto, Portugal: Editora Porto, 2010.
- BRASIL. *LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, que estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/fontes_escritas/6_Nacional_Desenvolvimento/ldb%20lei%20no%204.024,%20de%2020%20de%20dezembro%20de%201961.htm Acesso em 05 de junho de 2015.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular - BNCC*. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso: 3 jun.2017.
- BURAK, D.; KLÜBER, T. Encaminhamentos didático-pedagógicos no contexto de uma atividade de modelagem matemática para a Educação Básica. In: ALMEIDA, L. M. W; ARAÚJO, J. L.; BISOGNIN, E. *Práticas de Modelagem Matemática na Educação Matemática*. Londrina: Eduel, 2011. p. 44-64.
- D'AMBROSIO, U. *Da Realidade à Ação: reflexões sobre educação e matemática*, São Paulo: Summus, 1986.
- D'AMBROSIO, U. *Etnomatemática. Elo entre as tradições e a modernidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.
- D'AMBROSIO, U. *Transdisciplinaridade*. São Paulo: Palas Athena, 1997.

FARIA, H.; GARCIA, P. *Arte e identidade cultural na construção de um mundo solidário*. 2.ed. São Paulo: Instituto Pólis, 2003.

FORGUS, R. H. *Percepção: o processo básico do desenvolvimento cognitivo*. Tradução Nilce Pinheiro Mejias. São Paulo: Universidade de Brasília, 1971.

GEORGE, F. *Modelos de Pensamentos*. Trad. Mário Guerreiro. Petrópolis, RJ: Vozes, 1973.

GIROUX, H. *Teoria crítica e resistência em educação: Para além das teorias de reprodução*. Trad. Ângela Maria B. Biaggio. Petrópolis: Vozes, 1986.

GIROUX, H.; SIMON, R. Cultura Popular e Pedagogia Crítica: a vida cotidiana como base para o conhecimento curricular. In.: MOREIRA, A. F.; SILVA, T. T. (Orgs.). *Currículo, Cultura e Sociedade*. São Paulo: Cortez, 2011. p. 93-124.

GODOY, E. V. *Currículo, cultura e educação matemática*. Campinas: Papyrus, 2015.

JACOBY, S. S.; KOWALIK. *Mathematical modelling with computers*. NJ: Prentice Hall, 1980.

LUBART, T. *Psicologia da criatividade*. Trad. Márcia Conceição Machado Moraes. Porto Alegre: Artmed, 2007.

LUCKESI, C. *Avaliação da aprendizagem componente do ato pedagógico*. 1ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MADRUGA, Z. E. F. Processos criativos e valorização da cultura: possibilidades de aprender com modelagem. *Tese de Mestrado*. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2016.

MADRUGA, Z. E. F.; BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem & Aleg(o)rias: um enredo entre cultura e educação*. Curitiba: Appris, 2016.

MARIOTTI, H. *Os operadores cognitivos do pensamento complexo*. 2007. Disponível em <http://www.humbertomariotti.com.br/imagens/trabalhosfoto/402007_operadores.pdf> Acesso em 03 de junho de 2015.

MOSE, V. *A escola e os desafios contemporâneos*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.

OSTROWER, F. *Criatividade e processos de criação*. Petrópolis: Vozes, 2014.

SKURNIK, L. S. GEORGE, F. *Iniciação à Psicologia*. Trad. Deny Felix Fonseca. Rio de Janeiro: Zahar, 1967.

SOBRE AS AUTORAS

ZULMA ELIZABETE DE FREITAS MADRUGA. Doutora em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS (2016), com período de estágio doutoral realizado na Universidade de Salamanca (USAL), Espanha. Possui Mestrado em Educação em Ciências e Matemática (2012), Especialização em Educação Matemática (2010), Especialização em Educação - Ênfase em Gestão de Polos (2013). Licenciatura em Matemática (2003) e Licenciatura em Pedagogia (2018). Possui

experiência na Educação Básica, Ensino Fundamental e Médio. Atualmente é professora visitante na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) - Ilhéus, Bahia, atuando como docente permanente do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática (PPGEM_UESC). É líder do Grupo de Pesquisa Educação Matemática e Diversidade Cultural (GPEMDiC). Linha de Investigação: Aprendizagem e Formação de Professores; Tendências da Educação Matemática, em especial Modelagem Matemática e Etnomatemática.

VALDEREZ MARINA DO ROSÁRIO LIMA. Possui graduação em Licenciatura em Ciências Primeiro Grau (1977), graduação em Licenciatura em Ciências Habilitação em Biologia (1980), mestrado em Educação (1998) e doutorado em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2003). Atualmente é professora adjunta da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, com atividades docentes no Curso de Pedagogia da Escola de Humanidades. É professora permanente dos Programas de Pós-Graduação em Educação (Escola de Humanidades) e em Educação em Ciências e Matemática (Escola de Ciências). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação em Ciências, desenvolvendo pesquisas nos seguintes temas: educar pela pesquisa, ciências, feiras e clubes de Ciências, educação e avaliação, formação continuada de professores.

Recebido: 03 de setembro de 2018.

Revisado: 05 de março de 2019.

Revisado: 22 de maio de 2019.

Aceito: 18 de julho de 2019.