

## **Discutindo a Dimensão Crítica/Reflexiva da Modelagem Matemática**

**Daniel Clark Orey** 

**Milton Rosa** 

---

### **Resumo**

---

Dentre as diversas e inovadoras metodologias de ensino, é importante destacar a utilização da dimensão crítica/reflexiva para o desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática direcionado para a solução de situações-problema que afligem a sociedade contemporânea. Nas últimas três décadas, a Modelagem Matemática, particularmente, as pesquisas relacionadas com a dimensão crítica/reflexiva dessa tendência em Educação Matemática, tem buscado a sua identidade, definindo os seus objetivos e desenvolvendo um senso sobre a sua natureza, bem como sobre a potencialidade de seus métodos de pesquisa, que visam legitimar uma ação pedagógica comprometida com a justiça social. Assim, discutimos nesse artigo a importância das perspectivas filosófica e teórica encontradas na dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática, bem como a importância do desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem que auxilie os alunos no desenvolvimento de sua eficiência crítica/reflexiva ao analisarem situações-problema oriundas da própria realidade.

**Palavras-chave:** Ação Pedagógica, Ciclo Crítico/Reflexivo, Dimensão Crítica/Reflexiva, Eficiência Crítica/Reflexiva, Modelagem Matemática.

## **Discussing the Critical/Reflective Dimension of Mathematical Modelling**

**Daniel Clark Orey**

**Milton Rosa**

### ***Abstract***

---

Among the various and innovative teaching methodologies, it is important to highlight the use of the critical/reflective dimension for the development of the mathematical modelling process for the solution of problem situations that afflict contemporary society. In the last three decades, mathematical modelling, particularly, research related to the critical/reflective dimension of this trend in mathematics education has been seeking its identity by defining its objectives and developing a sense of its nature, as well as the potentiality of its research methods that aim to legitimize a pedagogical action committed to social justice. Thus, in this article, we discuss the importance of philosophical and theoretical perspectives found in the critical/reflective dimension of mathematical modelling, as well as the importance of developing a learning environment that helps students to develop their critical/reflective efficiency when analyzing problems and situations that arise from their own reality.

**Keywords:** Pedagogical Action, Critical/Reflective Cycle, Critical/Reflective Dimension, Critical/Reflective Efficiency, Mathematical Modelling.

## **Considerações Iniciais**

Um dos principais objetivos das escolas está relacionado com o desenvolvimento da criatividade, da criticidade e da reflexão nos alunos, pois visa auxiliá-los na utilização de diferentes ferramentas e instrumentos matemáticos para que possam resolver os problemas enfrentados em seu cotidiano. Assim, o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas também pode auxiliar os alunos a refletirem sobre os fenômenos presentes na realidade dos membros de grupos culturais distintos e comunidades que compõem a sociedade contemporânea.

Contudo, na maioria dos casos, essas metas são estabelecidas no ambiente institucional sem a participação das comunidades escolares no planejamento de ações pedagógicas e no desenvolvimento de atividades curriculares e, desse modo, a desvinculação das escolas com essas comunidades pode contribuir para o desenvolvimento de um processo educacional autoritário que auxilia na promoção da desmotivação, do desinteresse e da passividade nos alunos (D'AMBROSIO, 2001).

Contudo, esse contexto possibilita que Meyer (2020) destaca que “evidentemente há muitos exemplos animadores de uma Matemática ensinada e aprendida que visa uma formação cidadã, que é atual e necessária e até, em alguns casos, motivante e divertida, mas a regra geral é outra” p.(. 142).

Dessa maneira, é importante que o foco educacional esteja vinculado à realidade dos alunos, pois tem como objetivo prepará-los para serem participantes ativos no *mundo glocalizado*<sup>2</sup>. Entretanto, para que possamos atingir esse objetivo, é necessário que os professores promovam processos de ensino e aprendizagem que auxiliem os alunos a desenvolverem a sua eficiência crítica/reflexiva que objetiva o desenvolvimento de uma sociedade mais justa.

Então, é necessário que os professores sejam estimulados na adoção de ações pedagógicas que possibilitam aos alunos o desenvolvimento de uma análise crítica das situações-problema e das práticas originadas em seu próprio contexto sociocultural. Por conseguinte, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática está enraizada nas condições sociais que influenciam as experiências dos alunos em seu próprio entorno, pois pode auxiliá-los na identificação de problemas comuns com o objetivo de desenvolver

---

<sup>2</sup>O mundo glocalizado possibilita o desenvolvimento de processos ativos, interacionais e dialógicos, que exigem uma negociação permanente entre o conhecimento matemático, científico, tecnológico e de engenharia local e global por meio do desenvolvimento de um dinamismo cultural. A glocalização requer que os membros de grupos culturais distintos desenvolvam conhecimentos e habilidades relacionadas com os seus contextos socioculturais para: a) analisar e sintetizar informações, b) respeitar e colaborar com o pensamento dos membros de outras culturas, e c) utilizar a tecnologia de maneira eficaz para que esses membros possam se comunicar adequadamente e se apropriar de seu próprio aprendizado (ROSA; OREY, 2016).

coletivamente as estratégias e as técnicas para resolvê-los por meio da elaboração de modelos (ROSA, 2000).

Destacamos que uma característica fundamental do processo de ensino e aprendizagem em Matemática para a sua eficiência crítica/reflexiva em salas de aula está relacionada com a ênfase na análise crítica/reflexiva dos alunos sobre as estruturas de poder e o papel da Matemática na sociedade por meio do desenvolvimento da Modelagem Matemática. Nesse direcionamento, Bassanezi (2002) afirma que o:

(...) importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas caminhar seguindo etapas em que o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado (...). Mais importante do que os modelos obtidos são o processo utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sociocultural. O fenômeno modelado deve servir de pano de fundo ou motivação para o aprendizado das técnicas e conteúdos da própria Matemática. As discussões sobre o tema escolhido favorecem a preparação do estudante como elemento participativo na sociedade em que vive (p. 38).

Esse processo pode ser considerado como um tipo de aprendizagem transformadora que se baseia em experiências selecionadas com os *conhecimentos tácitos*<sup>3</sup> dos alunos, haja vista que o objetivo dessa abordagem é criar condições que auxiliem os alunos a desafiar as visões de mundo e os valores dominantes na sociedade (ROSA; OREY, 2020). Consequentemente, por meio de suas experiências, os alunos refletem criticamente sobre os problemas enfrentados no cotidiano para que possam desenvolver o seu discurso racional, desenvolvendo os significados necessários para a transformação estrutural da sociedade (FREIRE, 2000).

Essa abordagem está relacionada com uma transformação racional que envolve a análise crítica e reflexiva dos fenômenos sociais por meio da elaboração de modelos matemáticos. Destacamos que, nesse tipo de ensino; o discurso, o trabalho consciente, a intuição, a criatividade e a emoção são elementos importantes para auxiliar os alunos no desenvolvimento de sua eficiência crítica/reflexiva.

Nesse contexto, Rosa e Orey (2007) afirmam que a Modelagem Matemática é uma metodologia de ensino que tem como foco o desenvolvimento da eficiência crítica/reflexiva dos alunos ao envolvê-los em um processo de ensino e aprendizagem contextualizado nas atividades cotidianas, possibilitando o seu envolvimento na construção do significado sociocultural do mundo.

---

<sup>3</sup>O conhecimento tácito está embebido na experiência pessoal e nas vivências dos membros de grupos culturais distintos. Esse conhecimento é subjetivo, contextualizado e análogo, pois é adquirido e acumulado por meio da vivência individual ao envolver fatores intangíveis como crenças, perspectivas, percepções, sistemas de valores, ideias, emoções, normas, pressentimentos e intuições (ROSA; OREY, 2012).

A dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática está fundamentada na compreensão dos fenômenos cotidianos por meio da reflexão, análise e ação crítica sobre os fenômenos presentes na realidade. Por exemplo, quando se tomam emprestados os sistemas retirados da realidade, os alunos iniciam o seu estudo de uma maneira simbólica, sistemática, analítica, crítica e reflexiva (FREITAS, OREY; ROSA, 2017).

Assim, a partir do estudo de situações-problema retiradas da realidade, os alunos podem formular hipóteses, testá-las e corrigi-las, com o objetivo de generalizar, analisar, elaborar inferências e tomar decisões sobre o objeto em estudo, com o objetivo da tomada de decisões (FREITAS et al., 2017).

Desse modo, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática busca explicar as diferentes maneiras de trabalharmos com a realidade. Por conseguinte, refletir criticamente sobre a realidade torna-se uma ação transformadora que busca reduzir a sua complexidade, possibilitando que os alunos possam compreendê-la e gerenciá-la para encontrar soluções para os problemas que emergem das atividades realizadas no cotidiano.

A Modelagem Matemática pode ser considerada como um ambiente de aprendizagem que utiliza exemplos retirados da vida cotidiana para possibilitar o desenvolvimento do trabalho pedagógico a ser realizado em sala de aula (ROSA; OREY, 2003). Então, essa tendência em Educação Matemática pode ser definida como um “ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da Matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (BARBOSA, 2001, p. 6).

Em concordância com esse ponto de vista, a Modelagem Matemática pode oportunizar para os alunos uma discussão crítica e reflexiva sobre o papel da Matemática e dos modelos matemáticos no contexto sociocultural dos alunos, possibilitando que essa área do conhecimento seja percebida como uma disciplina dinâmica e como um empreendimento humanista (ROSA; OREY, 2020).

Portanto é importante discutir o papel da Matemática na sociedade contemporânea para que os alunos possam refletir criticamente sobre os problemas enfrentados cotidianamente com o objetivo de buscar e analisar as soluções obtidas na interpretação dos modelos (ARAÚJO, 2009). Para isso, é necessário que os professores elaborem atividades relacionadas com os problemas enfrentados pela comunidade escolar, pois possibilita o desenvolvimento de uma reflexão crítica sobre os aspectos matemáticos envolvidos na situação-problema escolhida para estudo (ROSA; OREY, 2007).

Essa é uma característica importante da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática, pois propicia o desenvolvimento de condições para que os alunos entendam, compreendam e atuem em determinado fenômeno presente em sua vida diária (ROSA; REIS; OREY, 2012). Para Barbosa (2001), essa abordagem pode despertar o interesse dos alunos,

principalmente, quando existe a preocupação em se discutir a natureza e o papel dos modelos matemáticos para auxiliá-los na resolução de problemas enfrentados pela sociedade na realização de suas atividades diárias.

### **Conceitualizando a Eficiência Crítica/Reflexiva da Modelagem Matemática**

Para Rosa (2010), uma das características mais importantes do processo de ensino e aprendizagem em Matemática para o desenvolvimento da eficiência crítica/reflexiva nos alunos está relacionada com a ênfase na análise aprofundada dos fenômenos que ocorrem diariamente. Uma característica importante dessa ação pedagógica está relacionada com as reflexões críticas que os alunos elaboram sobre os elementos sociais que sustentam uma sociedade cada vez mais *glocalizada*<sup>4</sup>.

Assim, é importante discutir como as perspectivas críticas e reflexivas podem promover a conscientização sobre as condições sociais que afetam a vivência dos alunos ao auxiliá-los na identificação dos problemas comuns e no desenvolvimento coletivo de estratégias para resolvê-los (ROSA, 2010).

Para D'Ambrosio (2015), essa ação pedagógica está vinculada a um processo de ensino e aprendizagem em Matemática que é transformador, haja vista que está fundamentado nas experiências vivenciadas anteriormente pelos alunos em seu cotidiano. Essa ação pedagógica busca promover o desenvolvimento de condições que os auxiliam a desafiar as visões de mundo, os paradigmas e os valores predominantes na sociedade por meio de uma análise detalhada dos dados previamente coletados.

Conseqüentemente, esse processo é desencadeado de acordo com o desenvolvimento de análises críticas e interpretações reflexivas das próprias experiências, pois se fundamentam nos dados coletados e na reflexão crítica da interpretação dos resultados relacionados com essas experiências. Conforme esse contexto, os alunos adquirem as informações matemáticas necessárias para que possam desenvolver o seu próprio discurso racional, que tem como objetivo criar significados necessários para a transformação da sociedade (D'AMBROSIO, 2015).

O discurso racional é uma forma especial de diálogo em que todas as partes têm os mesmos direitos e deveres para reivindicar e testar a validade de seus argumentos em um ambiente livre de preconceito, de medo, de dominação social e imposição política. Nesse contexto, o discurso racional promove a elaboração de um plano de ação que possibilita aos

---

<sup>4</sup>Para Robertson (1995), a glocalização é um conceito cunhado pelos japoneses, na década de 1970, no campo dos negócios, que se relaciona com a produção de mercadorias para o mercado global, contudo, personalizados para se adequarem às culturas e aos gostos locais por meio do dinamismo cultural. Nesse contexto, Rosa e Orey (2020) afirmam que a “glocalização representa uma interação contínua entre a globalização e a localização, pois oferece a perspectiva de que ambas as abordagens são elementos importantes de um mesmo fenômeno” (p. 265).

participantes o desenvolvimento de diálogos que buscam resolver conflitos por meio de seu envolvimento nesse processo de uma maneira comunicativa, colaborativa e cooperativa (ROSA; OREY, 2020).

Desse modo, com o progresso desse tipo de discurso, os participantes consensuem, por meio do diálogo, a resolução de conflitos e de problemas conforme um conjunto de regras específicas que foram previamente acordadas. Assim, esse tipo de diálogo busca promover a evolução consciente da honestidade intelectual, da eliminação de preconceitos e da análise crítica e reflexiva dos fatos e dos dados necessários para a resolução de problemas, pois são aspectos importantes que possibilitam que o diálogo seja desencadeado de uma maneira racional, *simétrica*<sup>5</sup> e com *alteridade*<sup>6</sup> (ROSA; OREY, 2017).

No contexto de uma comunicação de risco e/ou conflituosa, o discurso racional promove o desenvolvimento de um plano de ação para que os participantes do diálogo resolvam os conflitos cooperativamente e/ou se empenhem colaborativamente na resolução de situações-problema por meio da utilização de um conjunto específico de normas e regras previamente consensuadas. Conseqüentemente, Rosa e Orey (2007) argumentam que, “nesse tipo de discurso, a honestidade intelectual, a supressão dos preconceitos e a análise crítica dos fatos são aspectos fundamentais para que o diálogo aconteça racionalmente” (p. 205).

Esse contexto está relacionado com uma transformação racional que envolve a análise crítica dos fenômenos socioculturais. Nesse tipo de ambiente educacional, o discurso, o trabalho consciente, a intuição, a criatividade, a criticidade, a reflexividade e a emoção são elementos importantes que auxiliam os alunos no desenvolvimento da própria eficiência crítica/reflexiva.

### **Processo de Ensino e Aprendizagem para o Desenvolvimento da Eficiência Crítica/Reflexiva da Modelagem Matemática**

A educação para uma eficiência crítico/reflexiva por meio da Modelagem posiciona os alunos no centro do processo de ensino e aprendizagem em Matemática. Desse modo, as salas de aula são consideradas como *ambientes de aprendizagem democráticos*<sup>7</sup>, nos quais os

---

<sup>5</sup>De acordo com Freire (2000), no diálogo simétrico há o desenvolvimento da socialização das ideias, procedimentos e conhecimentos tacitamente adquiridos pelos membros de grupos culturais distintos, que pode gerar uma mudança comportamental nesses membros por meio da evolução de ações transformadoras na sociedade.

<sup>6</sup>Para Rosa e Orey (2017), a palavra alteridade é derivada do termo em latim *alter* que está relacionado com a qualidade de ser diferente, haja vista que esse conceito é considerado como um princípio filosófico de trocar a própria perspectiva de *ser* pela dos *outros* para que os membros de grupos culturais distintos possam se colocar em seu lugar para que possam se conscientizar sobre a qualidade de serem *diferentes*.

<sup>7</sup>Conforme Rosa (2010), as salas de aula podem ser consideradas como ambientes democráticos de aprendizagem quando possibilitam o crescimento pessoal, social, cultural e acadêmico dos alunos ao disponibilizar ações pedagógicas que visam o seu desenvolvimento como cidadãos transformadores da sociedade. Nesse ambiente, os alunos realizam experimentos e simulações com o objetivo de investigar e observar os padrões presentes em

professores auxiliam e/ou orientam os alunos no desenvolvimneto da própria criatividade e do senso de criticidade e de reflexão ao utilizaram ações pedagógicas que buscam a transformação da sociedade (ROSA; OREY, 2007).

No entanto, para que essa ação pedagógica seja implantada e implementada nas salas de aula, é necessário que os educadores descartem as abordagens pedagógicas tradicionais transmissivas, haja vista que o processo de ensino e aprendizagem é uma atividade social e cultural que possibilita introduzir os alunos no desenvolvimento do próprio conhecimento matemático ao invés de serem passivamente receptores de sua (re)transmissão (ROSA, 2010).

Essa abordagem mostra que as ações pedagógicas transformadoras podem ser consideradas como a antítese de propostas pedagógicas tradicionais que buscam transformar os alunos em recipientes passivos repletos de informações acadêmicas que, de acordo com Freire (2000), podem ser conideradas como um processo educativo fundamentado na modalidade de *educação bancária*<sup>8</sup> (ROSA, 2010).

Para Rosa (2010), o debate entre essas duas abordagens no processo de ensino e aprendizagem, *tradicional*<sup>9</sup> e *progressista*<sup>10</sup>, continua predominante na Educação Matemática, pois estão centradas em relação aos componentes curriculares a serem ensinados/ministrados/transmitidos para os alunos, contudo, esses debates são limitados em relação ao tempo necessário para o desenvolvimento do ensino desses conteúdos. Nessa discussão, é preciso elaborar um currículo matemático que promova a sua análise crítica, bem como a participação ativa e a reflexão dos alunos sobre o papel da Matemática e dos modelos na sociedade.

De acordo com Rosa e Orey (2007), existe a necessidade da proposição de alterações curriculares que buscam preparar os alunos para se tornarem cidadãos críticos, reflexivos e socialmente responsáveis. Essa abordagem objetiva encontrar soluções práticas para os

---

procedimentos e práticas matemáticas que, posteriormente, podem ser representados por meio da elaboração de modelos matemáticos que representam os sistemas retirados da realidade e contextualizados em salas de aula.

<sup>8</sup>A educação bancária possibilita que o desenvolvimento da criatividade dos alunos seja sufocado, pois promove a ascensão de um processo metódico de memorização que compartimentaliza o conhecimento como depósitos que são realizados durante o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Nessa visão bancária da educação, os alunos são entendidos como seres adaptáveis que ajustam o conhecimento por meio do arquivamento de depósitos que são realizados em suas mentes, impossibilitando o desenvolvimento da consciência crítica/reflexiva, cujo resultado está em oposição à sua inserção no mundo como transformadores sociais (FREIRE, 2000).

<sup>9</sup>O ensino tradicional se estruturou por meio de uma ação pedagógica que está fundamentada no método expositivo, na memorização e na repetição. Essa ação pedagógica se organiza por meio da preparação, da apresentação, da comparação, da assimilação, da generalização e da aplicação de conteúdos curriculares, que utilizam uma metodologia rígida, cujo princípio transmite um conhecimento estagnado que impossibilita a exposição do pensamento crítico/reflexivo. Nesse direcionamento, o principal objetivo do processo de ensino e aprendizagem tradicional é uniformizar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos por meio da automação e da subordinação acrítica ao processo educacional (SAVIANI, 1991).

<sup>10</sup>O ensino progressista é um paradigma educacional que propõe a transformação social por meio da educação. Os pressupostos desse ensino caminham no sentido de propiciar que os alunos questionem os conceitos transmitidos pelas instituições escolares por meio do estudo crítico e reflexivo dos temas socioculturais, cujo objetivo é a transformação da sociedade por meio de sua participação ativa na resolução dos problemas diários que afligem a população (FREIRE, 2000).



problemas enfrentados pela sociedade. Contudo, essas soluções devem estar de acordo com os valores, as crenças e os comportamentos praticados pelos membros dos grupos culturais distintos que compõem o tecido social das comunidades. Conforme Rosa (2010), esse contexto destaca a impossibilidade de ensinar os conteúdos matemáticos ou outros componentes curriculares de maneira neutra e sensível à realidade vivenciada e experienciada pelos alunos.

Assim, um objetivo importante para as escolas em uma sociedade democrática, globalizada e em transição, é propiciar as informações necessárias que os alunos necessitam para que possam desenvolver atividades contextualizadas na própria realidade. Nessa abordagem, por meio do diálogo, os alunos desenvolvem as competências comunicativas para que possam analisar crítica e reflexivamente os conteúdos curriculares e, ao mesmo tempo, resolver as situações-problema e os fenômenos cotidianos enfrentados na vida diária.

Em nosso ponto de vista, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática pode ser considerada como uma metodologia de ensino direcionada para uma eficiência crítica/reflexiva dos alunos, pois os envolve na resolução de atividades relevantes e contextualizadas, possibilitando o seu envolvimento na construção do próprio conhecimento matemático.

### **Determinando uma Epistemologia para a Dimensão Crítica/Reflexiva da Modelagem Matemática**

De acordo com Rosa e Orey (2015), não há um consenso sobre a utilização de uma epistemologia específica para a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática. No entanto, o desenvolvimento dessa epistemologia pode ser descrita como um processo que envolve a elaboração, a análise crítica/reflexiva e a validação de um modelo matemático que representa um sistema retirado da realidade.

Desse modo, a Modelagem Matemática pode ser considerada como uma ação pedagógica que possibilita a elaboração de modelos que exigem dos modeladores o desenvolvimento de conhecimentos matemáticos internos e externos à comunidade escolar, bem como a utilização de um processo intuitivo e criativo para que os alunos possam interpretar o próprio contexto sociocultural por meio da elaboração e análise crítica e reflexiva dos resultados obtidos nos modelos matemáticos (ROSA; OREY; 2012).

Conseqüentemente, é importante que os alunos desenvolvam as suas atividades educacionais em ambientes de aprendizagem democráticos que proporcionem o desenvolvimento do interesse e da motivação necessárias para que eles possam exercitar a própria criatividade por meio da análise crítica e reflexiva da geração e produção de conhecimento matemático. Assim, os estudos relacionados com a dimensão crítica/reflexiva

da Modelagem Matemática podem ser definidos a partir do estabelecimento de sua natureza e do potencial de seus métodos de pesquisa e investigações.

Na dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática, a intersecção da teoria com a prática auxilia os alunos na compreensão de sistemas retirados da própria realidade e na aquisição de conhecimentos matemáticos que possibilitam o desenvolvimento pleno do exercício da cidadania e da participação ativa na sociedade.

Por exemplo, para Rosa e Orey (2012), os principais objetivos dessa abordagem estão relacionados com a utilização de uma ação pedagógica que possibilite aos alunos o desenvolvimento de habilidades relacionadas com a ação, a modificação, a alteração e a transformação da própria realidade.

Assim, o processo de ensino e aprendizagem em Matemática pode, a partir dos contextos sociais e culturais da comunidade escolar, proporcionar a oportunidade de os alunos praticarem e desenvolverem o raciocínio lógico e a criatividade ao resolverem situações-problema contextualizadas em seu cotidiano.

Essa ação pedagógica possibilita o desenvolvimento do aprendizado de conceitos que podem auxiliar os alunos na aquisição de conhecimentos matemáticos, cujos objetivos estão vinculados à compreensão holística dos contextos social, histórico, econômico, político, ambiental e cultural, nos quais eles vivenciam as próprias experiências em suas vivências diárias (ROSA; OREY, 2007).

A utilização da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática se fundamenta na compreensão e no entendimento da realidade por meio da ação, reflexão e análise crítica dos fenômenos que ocorrem no cotidiano. Por exemplo, Rosa e Orey (2015) afirmam que a utilização dos sistemas retirados da realidade possibilitam que os alunos utilizem os conhecimentos matemáticos de uma maneira simbólica, sistemática, analítica e crítica.

Consequentemente, a partir de uma dada situação-problema, os alunos desenvolvem hipóteses para, posteriormente, testá-las e corrigi-las, bem como para elaborar inferências com o objetivo de generalizar, analisar, concluir e tomar decisões sobre os fenômenos em estudo (ROSA; OREY, 2015).

Nesse contexto, a Modelagem Matemática é uma ação pedagógica que busca desenvolver um ambiente de aprendizagem democrática, por meio do qual os alunos são incentivados a utilizarem os conteúdos matemáticos para indagar e investigar os problemas e os fenômenos oriundos de outras diversas áreas da realidade.

Nesse ambiente, os alunos trabalham com problemas presentes na realidade por meio da utilização da Matemática como uma linguagem que possibilita a compreensão, a simplificação e a resolução dessas situações-problema de maneira interdisciplinar.

Para Rosa e Orey (2015), essa abordagem mostra que a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática é uma ação pedagógica, cuja proposta busca apreender e transpor o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos matemáticos como um dos modos de utilização da realidade no currículo matemático em salas de aula.

Por conseguinte, essa ação pedagógica possibilita uma intervenção na realidade dos alunos por meio da elaboração de representações matemáticas das situações-problema retiradas do cotidiano e, também, por meio de discussões críticas e reflexivas em relação ao desenvolvimento de modelos matemáticos (OREY; ROSA, 2015).

Em nosso entendimento, a partir da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática, de acordo com Barbosa (2001), existem três práticas distintas de Modelagem Matemática que podem ser utilizadas em salas de aula, denominadas de *Caso 1*, *Caso 2* e *Caso 3*, que podem ser implantados e implementados no currículo matemático escolar. Essas práticas distintas relacionadas aos três casos da Modelagem Matemática são discutidas, detalhadamente, a seguir.

### **Caso 1: Os Professores Escolhem a Situação-Problema ou o Fenômeno**

Na ação pedagógica proposta no *Caso 1*, os professores escolhem uma situação-problema ou um fenômeno para, em seguida, descrevê-los para os alunos. De acordo com o conteúdo matemático curricular a ser desenvolvido, os professores providenciam para os alunos os conceitos e conteúdos matemáticos necessários e adequados para a elaboração de modelos matemáticos para a resolução das situações-problema propostas em salas de aula (ROSA; OREY, 2007).

Por exemplo, para determinar a altura de um determinado objeto, os professores escolhem um problema, uma situação ou um fenômeno para, posteriormente, descrevê-lo para os seus alunos em termos matemáticos. Nesse caso, o conhecimento matemático é utilizado para estimular as habilidades dos alunos por meio da utilização de técnicas de resolução de problemas durante o processo de Modelagem Matemática.

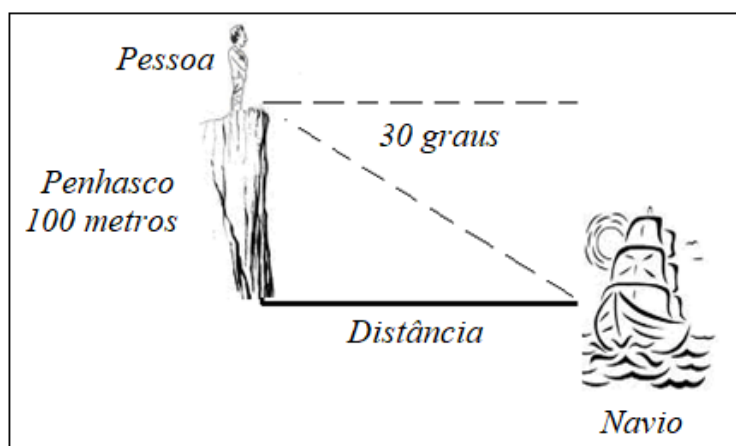
Nesse direcionamento, para Shiraman e Kaiser (2006), nessa ação pedagógica, os problemas, as situações e os fenômenos são autênticos, pois também podem ser retirados da realidade de outras áreas do conhecimento.

Para exemplificarmos esse caso, consideraremos um exercício típico utilizado em livros didáticos sobre conteúdos trigonométricos: *Do alto de um penhasco, cuja altura é de 100 m, uma pessoa vê um navio sob um ângulo de depressão de 30°. Determine a distância aproximada entre o navio e o penhasco.*

Para a resolução dessa situação-problema, os alunos podem utilizar a razão trigonométrica na qual a tangente do ângulo é determinada pela razão entre a medida do cateto

oposto e a medida do cateto adjacente ao ângulo agudo de um triângulo retângulo, que pode ser representado pela fórmula:  $tg30^\circ=100/d$ , para determinar a distância da base do penhasco ao navio. A figura 1 mostra a representação dessa situação-problema que é apresentada para os alunos para o desenvolvimento do *Caso 1*

Figura 1: Representação da situação-problema apresentada para os alunos para o desenvolvimento do *Caso 1*



Fonte: Adaptado de Rosa, Reis e Orey (2012, p. 166)

Essa equação trigonométrica representa um modelo matemático simples que demonstra uma aplicação da trigonometria que ilustra a utilização de um determinado conteúdo matemático para resolver uma situação-problema que pode ocorrer na realidade.

Contudo, é importante discutirmos com os alunos sobre os pressupostos que foram previamente estabelecidos por meio de uma análise crítica/reflexiva da solução do problema escolhida pelos professores, haja vista que esse é um aspecto importante da elaboração de um modelo matemático.

Nesse direcionamento, ressaltamos que, durante o desenvolvimento do processo de matematização dessa situação-problema, há o estabelecimento implícito de simplificações generalizadas da realidade que devem ser discutidas criticamente e, também, refletidas com os alunos nas atividades curriculares propostas em salas de aula.

Conforme Rosa, Reis e Orey (2012), na resolução dessa situação-problema, os participantes desse processo podem elaborar uma série de suposições, como, por exemplo:

- a) o oceano é plano.
- b) o penhasco é perfeitamente vertical à linha reta escolhida para representar a distância da e sua base ao navio.
- c) uma linha reta pode aproximar razoavelmente a distância da base do penhasco até o navio.

d) a curvatura da Terra é ignorada. Em uma pequena escala, esse fato não é problemático, porém, em uma escala maior essas suposições podem provocar desvios significativos no processo de elaboração e de resolução de modelos matemáticos.

Nesse processo resolutivo, crítico e reflexivo, assume-se também que:

a) a altura da pessoa é, aproximadamente, 1,70 metros; medida que pode ser considerada como desprezível em relação à altura do penhasco, que é de 100 metros.

b) o ângulo de depressão foi medido com exatidão.

c) o navio está a uma distância significativa do penhasco, pois um ponto pode representar razoavelmente a sua posição no oceano. Contudo, destacamos que esse ponto também pode adquirir outro significado matemático conforme o navio se aproxima do penhasco (ROSA et al., 2012).

Essas suposições são consideradas como simplificações lógicas do problema, pois possibilitam o desenvolvimento de uma estimativa razoável na determinação da distância entre a base do penhasco e o navio.

Conseqüentemente, é importante discutirmos com os alunos que as respostas para esses tipos de situações-problema ou fenômenos nem sempre são absolutamente precisas, haja vista que correspondem aos modelos matemáticos que representam sistemas retirados da realidade por meio da utilização de variáveis diversas (ROSA et al. 2012).

Desse modo, a análise e a resolução desses modelos possibilitam que os alunos determinem soluções com a utilização de representações da realidade. Assim, essas suposições estão relacionadas com o:

a) desenvolvimento do pensamento crítico proposto por Halpern (1996) que envolve uma ampla gama de habilidades de raciocínio que podem direcionar os alunos na obtenção dos resultados.

b) pensamento reflexivo proposto por Dewey (1997) que se concentra no processo de elaboração de julgamentos sobre os acontecimentos da realidade.

Essa ação pedagógica possibilita que os alunos resolvam essas situações-problema ao configurar as fórmulas ou equações matemáticas que buscam contextualizá-las na realidade em termos matemáticos, por meio da observação de padrões, do teste de conjecturas e da estimativa de resultados, que têm como objetivo auxiliá-los a matematizarem os fenômenos presentes na realidade.

## **Caso 2: Os professores Sugerem as Situações-Problema e os Alunos Formulam as Questões e Buscam os Dados**

Na ação pedagógica proposta no *Caso 2*, os alunos investigam uma determinada situação-problema ao: a) coletarem os dados, b) formularem as questões de investigação e c)

elaborarem as modificações necessárias para possibilitar o desenvolvimento dos modelos matemáticos. Desse modo, os alunos são os responsáveis pela condução das atividades curriculares propostas para o desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática.

Conforme esse contexto, Rosa et al. (2012) destacam que uma das etapas mais importantes do processo de Modelagem Matemática se refere à elaboração de um conjunto de questões que tem como objetivo simplificar e resolver os modelos matemáticos propostos nessa ação pedagógica.

Dessa maneira, Rosa et al. (2012) destacam sobre a necessidade de que os alunos se envolvam em atividades curriculares baseadas na dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática ao relacioná-las com a situações-problema enfrentadas diariamente em suas comunidades. Por exemplo, os professores podem propor a seguinte situação-problema:

*Uma empresa despeja os seus efluentes<sup>11</sup> em um rio que está localizado próximo às suas instalações. Sabe-se que as águas desse rio contêm substâncias químicas dissolvidas que podem afetar o meio ambiente no qual está inserido.*

De acordo com essa situação-problema, Rosa et al. (2012) afirmam que, com a mediação dos professores, os alunos podem formular as seguintes questões norteadoras: a) *Como podemos determinar a concentração de poluentes no rio?* e b) *Como podemos ter certeza de que as concentrações no rio estão abaixo dos limites padrão permitidos por lei?*

Então, os alunos iniciam a investigação dessa situação-problema por meio da coleta de dados, sendo os responsáveis pela realização das atividades propostas para o desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática (ROSA; OREY, 2015).

Nessa etapa, os alunos podem elaborar um conjunto de suposições que tem como objetivo a simplificação e a resolução dos modelos matemáticos a serem elaborados, bem como o desenvolvimento de uma reflexão crítica sobre os dados coletados em sua pesquisa (ROSA; OREY, 2015).

Nesse direcionamento, é importante discutirmos com os alunos algumas suposições que podem ser analisadas durante a realização desse processo de matematização, como, por exemplo, o que ocorrerá se:

- a) a velocidade média e a vazão da água do rio são constantes.
- b) houver uma mudança sazonal no nível da água do rio.
- c) a taxa de concentração da poluição do rio for constante.

---

<sup>11</sup>Efluentes são os resíduos provenientes das indústrias, dos esgotos e das redes pluviais, que são lançados no meio ambiente, na forma de líquidos ou de gases, que podem prejudicar e poluir o meio ambiente (FIGUEIREDO, 2011).

- d) os poluentes e a água são completamente *miscíveis*<sup>12</sup> independentemente das mudanças de temperatura.
- e) houver mais precipitação durante o período de coleta de dados.
- f) o poluente e a água se misturaram completamente.
- g) o poluente não se solidificar nos sedimentos do rio.
- h) as partículas sólidas forem depositadas nos sedimentos do rio.
- i) o poluente for volátil porque pode ser reduzido a gás ou vapor à temperatura ambiente.
- j) o poluente for quimicamente reativo.
- k) o formato do leito do rio for irregular.

A discussão dessas suposições possibilita que os alunos possam determinar as soluções das principais questões que afetam a concentração final de poluentes no rio, bem como a taxa de fluxo de poluentes em suas águas (OREY; ROSA, 2015).

Essa atividade tem como objetivo possibilitar o desenvolvimento de uma reflexão crítica sobre os aspectos matemáticos envolvidos nessa situação-problema, possibilitando a compreensão dos fenômenos presentes no cotidiano.

Desse modo, os alunos se conscientizam sobre os problemas enfrentados na vida diária ao refletirem criticamente sobre uma determinada situação-problema analisada por meio de informações coletadas nos dados, que possibilitam a sua utilização na elaboração de modelos matemáticos que visam a compreensão dos fenômenos presentes na própria realidade.

### **Caso 3: Os Professores são os Mediadores do Desenvolvimento do Processo de Modelagem Matemática**

Para o desenvolvimento da ação pedagógica proposta no *Caso 3*, com relação à situação-problema sobre: *As Curvas do Muro da Escola*, que será discutida posteriormente, Rosa et al. (2012) comentam sobre a importância de que os professores incentivem os alunos na escolha de um tema que seja de interesse comum dos membros de cada grupo.

Em seguida, em seus grupos, os alunos são motivados a serem os responsáveis por todas as etapas da condução da Modelagem Matemática e da elaboração dos modelos matemáticos, como, por exemplo, a: a) escolha do tema, b) formulação dos problemas, c) a elaboração dos modelos matemáticos, d) validação dos problemas, e) solução do problema e f) interpretação do resultado na realidade.

---

<sup>12</sup>As substâncias miscíveis podem se misturar ou têm facilidade em se misturar com outras substâncias, formando uma mistura homogênea.

De acordo com Rosa e Orey (2015), a mediação dos professores no desenvolvimento do *Caso 3* é uma atividade constante durante a condução do processo de Modelagem Matemática, cuja relação dialógica possibilita que os alunos possam se tornar estudantes críticos, reflexivos e engajados nas atividades curriculares propostas em salas de aula ao elaborarem os modelos matemáticos contextualizados na própria realidade.

Nesse direcionamento, existe a necessidade de que os alunos realizem atividades, experimentos, investigações, simulações e projetos que os motivem e os estimulem a se interessarem na elaboração desses modelos. Assim, as escolhas das práticas pedagógicas utilizadas pelos professores dependem dos conteúdos matemáticos envolvidos nos processos de matematização e, também, no nível de maturidade dos alunos com esse tipo de proposta educacional no ambiente escolar (ROSA; OREY, 2013).

Essa ação pedagógica também está fundamentada na utilização do processo de Modelagem Matemática pelos professores de uma maneira crítica que possibilita aos alunos o desenvolvimento de uma ação reflexiva com relação aos resultados obtidos na elaboração dos modelos, bem como uma compreensão de seu papel na resolução dos problemas que afligem a sociedade contemporânea.

Por exemplo, os resultados de uma discussão que ocorreu durante uma caminhada matinal com os alunos ao longo de uma rua na cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais, incentivaram a exploração de modelos matemáticos que possibilitaram a compreensão das ideias, procedimentos e práticas matemáticas que buscaram compreender as conexões entre os *saberes* e *fazer*es matemáticos dos membros da comunidade local com os conhecimentos matemáticos estudados nos ambientes escolares e acadêmicos.

Desse modo, observando a arquitetura da fachada de uma determinada escola, os professores e os alunos discutiram e exploraram sobre as formas das curvas construídas em seu muro, com o objetivo de relacioná-las com 3 (três) tipos de funções: exponencial, parabólica e catenária (OREY; ROSA, 2015). A figura 2 mostra as curvas do muro da escola.



Figura 2: Curvas no muro da escola



Fonte: Orey e Rosa (2015, p. 595)

Durante o desenvolvimento desse processo, após a análise dos dados coletados com a medição das curvas no muro dessa escola, os alunos matematizaram essa situação-problema e elaboraram modelos matemáticos que estavam relacionados com as funções exponenciais e quadráticas. Contudo, após a análise desses modelos, houve a necessidade de melhor compreender essa situação-problema por meio da elaboração de modelos matemáticos relacionados com as curvas catenárias.

Por conseguinte, após a análise desses modelos, os alunos concluíram que essas curvas se aproximavam de catenárias. Essa abordagem possibilitou que esses estudantes refletissem sobre os aspectos sociais, culturais, econômicos e político da sociedade na época da construção do muro, haja vista que a escola foi construída há mais de 100 anos.

Nesse contexto, durante o desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática, existe a necessidade de que os problemas sugeridos pelos professores ou selecionados pelos alunos estejam relacionados com:

- a) o contexto local.
- b) a interdisciplinaridade.
- c) o acesso e utilização da tecnologia.
- d) com a discussão crítica e reflexiva das questões ambientais, econômicas, políticas e sociais da comunidade local.

No *Caso 3*, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática está relacionada com a abordagem emancipatória do currículo matemático, haja vista que as ações pedagógicas propostas em salas de aula possibilitam o desenvolvimento de tarefas curriculares contextualizadas nas atividades realizadas no cotidiano da comunidade escolar.

Nesse exemplo, os alunos utilizaram conhecimentos matemáticos que possibilitaram a elaboração de modelos matemáticos relacionados às curvas do muro de uma maneira crítica e reflexiva à medida que avançavam em direção à formulação de questões com objetivo de interpretar as soluções obtidas nesse processo resolutivo na perspectiva da comunidade local.

Em concordância com esse contexto, Barbosa (2001) argumenta que o papel mediador dos professores é extremamente importante durante o desenvolvimento do processo de Modelagem Matemática, com o objetivo de auxiliar os alunos na elaboração de modelos matemáticos que podem representar a situação-problema sob estudo em virtude da natureza aberta dessas atividades.

Por exemplo, os estudos conduzidos por Rosa e Orey (2015) corroboram com essa asserção, pois essa ação pedagógica propicia o desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem democrático que possibilitar o desenvolvimento de sua eficiência crítica/reflexiva.

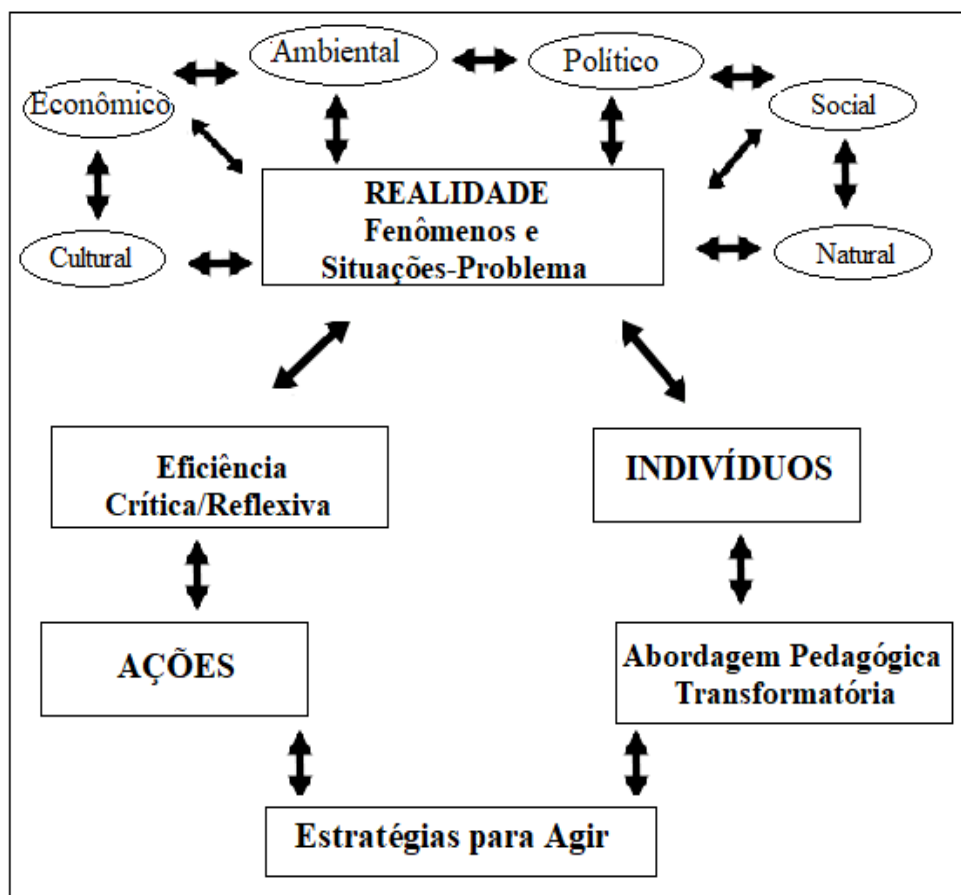
### **Desenvolvendo a Dimensão Crítica/Reflexiva da Modelagem Matemática**

Existe a necessidade de que os alunos desenvolvam a própria capacidade de resolver problemas, tomar decisões, trabalhar de maneira cooperativa e colaborativa e de se comunicarem de um modo eficaz. Essa abordagem se baseia em fundamentos emancipatórios que auxiliam os alunos no enfrentamento aos desafios impostos pela sociedade contemporânea, com o objetivo de transformá-los em cidadãos flexíveis, adaptativos, reflexivos, críticos e criativos.

Essa perspectiva também está relacionada com as características socioculturais da Matemática, que estão intrinsecamente associadas ao Programa Etnomatemática (D'AMBROSIO, 1990). Esse aspecto demonstra o poder e o papel da Matemática na sociedade ao destacar a necessidade de analisar a relevância do pensamento crítico e do raciocínio reflexivo sobre a natureza dos modelos matemáticos, bem como sobre a importância do processo de Modelagem Matemática para resolver os desafios cotidianos presentes na sociedade contemporânea.

Por exemplo, Orey e Rosa (2015) destacam que a Modelagem Matemática é utilizada para analisar, simplificar e resolver as situações-problema cotidianas a fim de prever os resultados ou modificar as características desses fenômenos, possibilitando o desenvolvimento do ciclo da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática (figura 3).

Figura 3: Ciclo da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática



Fonte: Adaptado de Orey e Rosa (2015)

Conforme essa perspectiva, Shiraman e Kaiser (2006) afirmam que a Modelagem Matemática promove oportunidades para que os alunos possam discutir o papel da Matemática, bem como a natureza dos modelos matemáticos na sociedade por meio da utilização de uma linguagem simplificadora que é aplicada no estudo, na compreensão e no entendimento das situações-problema ou fenômenos enfrentados diariamente pelos membros de uma determinada comunidade.

Assim, um dos principais objetivos da Modelagem Matemática nesse processo é desenvolver nos alunos as competências críticas e reflexivas que possibilitam a análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos por meio da elaboração de modelos matemáticos que representam os sistemas retirados da realidade (OREY; ROSA, 2015).

Nesse direcionamento, a reflexão crítica sobre a realidade torna-se uma ação transformadora que busca reduzir o seu grau de complexidade por meio da escolha de um sistema que possa representar um determinado fenômeno. Essa ação pedagógica possibilita que os alunos possam formular e testar as questões de investigação com o objetivo de

desenvolver e verificar a eficácia dos modelos matemáticos que representam as situações-problema contextualizadas na realidade (OREY; ROSA, 2015).

Esses sistemas possibilitam que os alunos elaborem representações da própria realidade por meio do desenvolvendo de técnicas e estratégias que os auxiliam a explicar, entender, gerenciar, analisar e refletir sobre os elementos que compõem esses sistemas.

Essa ação pedagógica tem com objetivo apoiar a otimização das condições educacionais do processo de ensino e aprendizagem em Matemática para que os educadores possam capacitar os alunos a compreenderem um determinado fenômeno e atuarem efetivamente para transformá-lo conforme as necessidades da comunidade.

Assim, Rosa e Orey (2012) afirmam que a utilização da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática possibilita que a Matemática seja percebida como um componente curricular dinâmico e humanizado, pois esse processo fomenta a abstração e a criação de novas ferramentas matemáticas, bem como a formulação de conceitos e bases teóricas inovadoras.

Por conseguinte, esse aspecto é um elemento teórico/metodológico relevante para introduzir os alunos ao processo de Modelagem Matemática, visando conduzi-los à compreensão de uma ampla variedade de questões, problemas e temas relacionados com fenômenos cotidianos (ROSA; OREY, 2012).

Então, é importante considerar que, na condução desse processo, os alunos formulem questões sobre os temas estudados para que possam explicar ou elaborar previsões sobre os problemas enfrentados diariamente em seu cotidiano. Dessa maneira, a elaboração de modelos matemáticos significa a utilização de um conjunto de variáveis que propiciam representações qualitativas e/ou análises quantitativas desses sistemas, que são entendidos como aproximações da realidade (ROSA; OREY, 2013).

Conforme esse contexto, a ação de modelar pode ser entendida como um processo que possibilita a seleção de variáveis de uma maneira crítica para a elaboração de modelos de acordo com a sua inter-relação com os contextos holísticos do cotidiano, haja vista que não é possível explicar, conhecer, compreender, gerir e lidar com a realidade fora dos contextos holísticos (D'AMBROSIO, 1990).

Para Rosa e Orey (2007), essa ação pedagógica possibilita o acesso dos alunos à criatividade, à elaboração conceitual e ao desenvolvimento do pensamento lógico, reflexivo e crítico. De acordo com essa perspectiva, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para que os alunos possam desempenhar um papel transformador na sociedade como cidadãos ativos nesse processo de transformação social.

## **Considerações Finais**

A característica fundamental do processo de ensino e aprendizagem em Matemática para o desenvolvimento de uma eficiência crítica/reflexiva é a ênfase na análise dos problemas enfrentados na sociedade contemporânea de uma maneira holística. Assim, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática possibilita que os alunos se conscientizem sobre as condições sociais, políticas, ambientais e econômicas que afetam as suas experiências e vivências diárias.

Nesse contexto, a Modelagem Matemática pode auxiliar os alunos na identificação dos problemas diários, bem como no desenvolvimento coletivo de estratégias para resolvê-los de uma maneira crítica e reflexiva. É importante destacar que esse paradigma educacional incorpora o desenvolvimento de uma aprendizagem transformadora que, conforme Freire (2000), visa criar condições que podem auxiliar os alunos a desafiar as suas visões de mundo, bem como compreender os valores dominantes da sociedade.

Essa ação pedagógica possibilita que os alunos possam refletir criticamente sobre as próprias experiências cotidianas para desenvolver um discurso racional baseado em dados com o objetivo de criar os seus próprios significados matemáticos, que são necessários para a transformação da sociedade. Destacamos que essa abordagem promove uma transformação racional, pois envolve a análise crítica dos fenômenos socioculturais por meio da elaboração de modelos matemáticos contextualizados na realidade.

Assim, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática pode ser considerada como uma ação pedagógica que se concentra no desenvolvimento da eficiência crítica/reflexiva dos alunos ao envolvê-los em processos de ensino e aprendizagem contextualizados, com o objetivo de possibilitar uma compreensão profunda e ativa dos significados sociais presentes no mundo ao seu redor.

Em concordância com esse contexto, a dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática está fundamentada na compreensão e no entendimento das atividades contextualizadas no cotidiano. Então, a retirada dos sistemas da realidade pelos alunos propicia o início da elaboração de modelos matemáticos por meio da análise das variáveis de uma maneira sistemática, analítica, crítica e reflexiva.

Dessa maneira, é a partir das situações-problema propostas em salas de aula que os alunos podem formular questões de investigação, testá-las e corrigi-las, bem como inferir, generalizar, analisar e tomar decisões com relação aos resultados das situações-problema propostas em seus grupos em salas de aula.

Consequentemente, em nosso ponto de vista, refletir criticamente sobre a realidade torna-se uma ação transformadora que busca reduzir a sua complexidade ao permitir que os

alunos expliquem, compreendam, administrem e encontrem soluções para os problemas enfrentados em seu cotidiano.

De acordo com esse contexto, a utilização da dimensão crítica/reflexiva da Modelagem Matemática auxilia os alunos na explicação dos diversos modos de lidarem com a realidade por meio de uma ação transformadora que possibilita a compreensão do papel da Matemática e dos modelos na sociedade.

## **Referências**

- ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: A perspectiva da educação matemática crítica. **Alexandria**, v.2, n. 2, p. 55-68, 2009.
- BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática**: concepções e experiências de futuros professores Tese de Doutorado em Educação Matemática. Rio Claro, SP: UNESP, 2001.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo, SP: Contexto, 2002.
- D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática**: arte ou técnica de explicar e conhecer. São Paulo, SP: Editora Ática.
- D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática**: elo entre as tradições e a modernidade. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2001.
- D'AMBROSIO, U. Mathematical modelling as a strategy for building-up systems of knowledge in different cultural environments. In: STILLMAN, G. A., BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (Eds.). **Mathematical modelling in education research and practice**: cultural, social, and cognitive influences (pp. 35-44). New York, NY: Springer, 2015.
- DEWEY, J. **How we think**. Garden City, NY: Dover Publication, 1997.
- FIGUEIREDO, C. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Kindle Edition. Lisboa, Portugal: Livraria Bertrand, 2011.
- FREIRE, P. **Pedagogy of the oppressed**. New York, NY: Continuum, 2000.
- FREITAS, J. F. R. B., OREY, D. C.; ROSA, M. Modelagem matemática como um ambiente virtual de aprendizagem. **Boletim do Labem**, v. 8. n.14, p. 35-55, 2017.
- HALPERN, D. F. **Thought and knowledge: an introduction to critical thinking**. Mahwah, NJ: L. Erlbaum Associates, 1996.
- MEYER, J. F. C. A. Modelagem matemática: o desafio de se “fazer” a matemática da necessidade... **Com a Palavra o Professor**, v. 5, n. 11, p. 140-149, 2020.
- OREY, D. C.; ROSA, M. Modelling the wall: the mathematics of the curves on the wall of Colégio Arquidiocesano in Ouro Preto. In: SILLMAN, G. A., BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (Eds.). **Mathematical modelling in educational research and practice**:

- cultural, social, and cognitive influences (pp. 593-603). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2015.
- ROBERTSON R. Glocalization: time–space and homogeneity–heterogeneity. In: Featherstone, M., Lash, S.; Robertson, R. (Eds). **Global modernities**. London, England: Sage, 1995. pp. 25–54.
- ROSA, M. **From reality to mathematical modelling**: a proposal for using ethnomathematical knowledge. Master thesis. College of Education. Department of Teacher Education. Sacramento, CA: California State University, Sacramento - CSUS, 2000.
- ROSA, M. **A mixed-methods study to understand the perceptions of high school leaders about English Language Learners (ELL) students**: The case of mathematics. Doctorate dissertation. College of Education. Department of Teacher Education. Doctorate in Educational Leadership Program. California, CA: California State University, Sacramento – CSUS, 2010.
- ROSA, M; OREY, D. C. Vinho e queijo: etnomatemática e modelagem! **BOLEMA**, v. 16, n. 20, p.1–16, 2003.
- ROSA, M.; OREY, D. C. A dimensão crítica da modelagem matemática: ensinando para a eficiência sociocrítica. **Horizontes**, v. 25, n. 2, p. 197-206, 2007.
- ROSA, M.; OREY, D. C. A modelagem como um ambiente de aprendizagem para a conversão do conhecimento matemático. **Bolema**, v. 26, n. 42A, p. 261-290, 2012.
- ROSA, M.; OREY, D. C. The mathematics of the curves on the wall of the colégio Arquidiocesano and its mathematical models: a case for ethnomodelling. **Journal of Mathematical Modelling and Application**, v. 1, n. 8, p. 42-62, 2013.
- ROSA, M.; OREY, D. C. Social-critical dimension of mathematical modelling. In: SILLMAN, G. A., BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (Eds.). **Mathematical modelling in educational research and practice**: cultural, social, and cognitive influences (pp. 386-395). Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2015.
- ROSA, M.; OREY, D. C. Ethnomodelling: exploring glocalization in the contexts of local (emic) and global (etic) knowledges. **International Journal for Research in Mathematics Education**, v. 6, n. 1, p. 196-218, 2016.
- ROSA, M.; OREY, D. C. **Etnomodelagem**: a arte de traduzir práticas matemáticas locais. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2017.
- ROSA, M.; OREY, D. C. Etnomodelagem como um movimento de glocalização nos contextos da etnomatemática e da Modelagem. **Com a Palavra o Professor**, v. 5, n. 11, p. 258-283, 2020.

ROSA, M.; REIS, F. S.; OREY, D. C. A modelagem matemática crítica nos cursos de formação de professores de matemática. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 2, p. 159-184, 2012.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**. 24<sup>a</sup> Ed. São Paulo, SP: Editora Cortez, 1991.

SHRIRAMAN, B.; KAISER, G. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM**, v. 3, n. 3, p. 302-310, 2006.

### **Biografia Resumida**

---

**Daniel Clark Orey** é Professor Emérito da California State University, Estados Unidos. Foi professor da Educação Básica e universitário no Brasil, na Guatemala, no México, no Nepal e nos Estados Unidos. Foi educador *Fulbright Senior Specialist* no Brasil, em 1998 e, no Nepal, em 2007. É professor no Departamento de Educação Matemática (DEEMA) e no Curso de Licenciatura em Matemática, no Centro de Educação Aberta e a Distância (CEAD), sendo também professor permanente e orientador do Programa de Mestrado Acadêmico em Educação Matemática, na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), com vários orientandos e pesquisas relacionadas com a Educação Matemática, Etnomodelagem, Educação a Distância e Educação Multicultural.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3262412993549456>

**Contato:** [oreydc@ufop.edu.br](mailto:oreydc@ufop.edu.br)

**Milton Rosa** possui mestrado em Educação Matemática e doutorado em Educação pela California State University e Pós-Doutorado em Educação pela Universidade de São Paulo. É professor do Departamento de Educação Matemática (DEEMA) e do Centro de Educação Aberta e a Distância (CEAD), na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), onde exerce a função de coordenador e professor do Curso de Licenciatura em Matemática, na modalidade a distância. É presidente *International Study Group on Ethnomathematics* (ISGEm). É professor orientador do Mestrado Acadêmico em Educação Matemática da UFOP, com vários orientandos e pesquisas relacionadas com a Educação Matemática, Etnomodelagem,



Educação a Distância, Educação Inclusiva e Liderança  
Educacional.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/5977637226430625>

**Contato:** [milton.rosa@ufop.edu.br](mailto:milton.rosa@ufop.edu.br)