

A MODELAGEM MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE CONCEITOS QUÍMICOS

**MATHEMATICAL MODELING AS A TOOL FOR TEACHING CHEMICAL
CONCEPTS**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas • 23/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/792549547](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/792549547)

Éverton Silva Soares¹

Emanuel Adeilton de Oliveira Andrade²

Samara Michelle Santos Oliveira³

Ermerson Francisco de Amorim⁴

Isaías Pessoa da Silva⁵

Aristóteles Assis de Araújo⁶

Lucianne Oliveira Monteiro Andrade⁷

Uila Santos Lima⁸

RESUMO

A modelagem matemática constitui uma possibilidade didático-metodológica para aproximar conceitos abstratos da Química de situações investigáveis, nas quais dados, relações quantitativas, representações e interpretações são articulados em um mesmo processo de aprendizagem. Este estudo tem como objetivo analisar contribuições da modelagem matemática para o ensino de conceitos químicos, com ênfase na integração entre linguagem matemática, fenômenos químicos e situações contextualizadas. A pesquisa é qualitativa, de natureza bibliográfica, e examina oito produções brasileiras publicadas entre 2021 e 2026, selecionadas por sua relação com modelagem matemática, ensino de Ciências, ensino de Química, alfabetização científica, experimentação, cinética química, estequiometria e função exponencial. A análise foi organizada em quatro eixos: fundamentos da modelagem; Matemática como linguagem de compreensão da Química; aplicações em conceitos químicos; e contribuições pedagógicas e desafios de implementação. Os estudos indicam que a modelagem favorece a contextualização, a interpretação de dados, a formulação de hipóteses e a integração entre diferentes registros de representação. Em conteúdos como cinética química, meia-vida e estequiometria, a articulação entre modelo e fenômeno amplia a compreensão conceitual e reduz a tendência à aplicação mecânica de fórmulas. Conclui-se que a modelagem matemática pode funcionar como ponte entre raciocínio quantitativo e significado químico, desde que seja acompanhada por planejamento docente, problematização e interpretação crítica dos resultados.

Palavras-chave: Modelagem matemática; Ensino de Química; Interdisciplinaridade; Alfabetização científica; Educação básica.

ABSTRACT

Mathematical modeling is a didactic and methodological possibility for bringing abstract Chemistry concepts closer to investigable situations in which data, quantitative relationships, representations, and interpretations are articulated within the same learning process. This study aims to analyze contributions of mathematical modeling to the teaching of chemical concepts, emphasizing the integration between mathematical language, chemical phenomena, and contextualized situations. The research is qualitative and bibliographic, examining eight Brazilian publications issued between 2021 and 2026 and selected for their relationship with mathematical modeling, science teaching, chemistry teaching, scientific literacy, experimentation, chemical kinetics, stoichiometry, and exponential functions. The analysis was organized into four axes: foundations of modeling; Mathematics as a language for understanding Chemistry; applications to chemical concepts; and pedagogical contributions and implementation challenges. The studies indicate that modeling promotes contextualization, data interpretation, hypothesis formulation, and integration among different forms of representation. In topics such as chemical kinetics, half-life, and stoichiometry, the articulation between model and phenomenon expands conceptual understanding and reduces the tendency toward mechanical use of formulas. It is concluded that mathematical modeling can act as a bridge between quantitative reasoning and chemical meaning, provided that it is accompanied by teacher planning, problematization, and critical interpretation of results.

Keywords: Mathematical modeling; Chemistry teaching; Interdisciplinarity; Scientific literacy; Basic education.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Química envolve a compreensão de fenômenos que se manifestam no mundo macroscópico, mas que frequentemente são explicados por relações entre partículas, grandezas, transformações e representações simbólicas. Essa característica faz com que muitos conteúdos dependam de articulações entre diferentes formas de raciocínio. Em uma mesma situação de aprendizagem, o estudante pode precisar interpretar uma equação, identificar a relação entre variáveis, analisar um gráfico, reconhecer proporcionalidades e, ao mesmo tempo, atribuir significado químico ao resultado obtido. Quando esses elementos são apresentados de maneira fragmentada, aumenta-se a possibilidade de o cálculo ser tratado como um procedimento isolado e a Química como um conjunto de regras a serem memorizadas.

A literatura recente selecionada para este estudo evidencia que a relação entre Matemática e Química não deve ser entendida apenas como apoio instrumental. Santos e Coêlho (2026) defendem que a Matemática participa da própria estrutura de compreensão dos fenômenos químicos, pois oferece linguagem para descrever, relacionar, prever e interpretar comportamentos. Desse ponto de vista, funções, razões, proporções, logaritmos, taxas de variação, equações e gráficos não constituem conteúdos externos à Química quando são mobilizados para explicar processos químicos; passam a integrar a construção do sentido científico.

Essa integração encontra na modelagem matemática uma possibilidade metodológica especialmente pertinente. Em vez de iniciar o ensino pela apresentação de fórmulas prontas, a modelagem pode organizar situações em que o estudante parte de um problema, identifica variáveis relevantes, estabelece relações, produz representações, confronta o modelo com os dados e

interpreta os resultados. Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) destacam que atividades de modelagem na educação básica podem favorecer planejamento, investigação, participação discente e formação de um olhar crítico, deslocando a Matemática de uma condição meramente operacional para uma prática de leitura e intervenção sobre situações da realidade.

No campo do ensino de Ciências, Rosa e Nogaro (2024) mostram que experiências de modelagem podem estabelecer conexões entre Matemática e Ciências da Natureza quando os estudantes participam ativamente da investigação. Para os autores, a construção de sentido depende de abordagens interdisciplinares e de procedimentos didático-metodológicos que permitam relacionar conhecimentos prévios, recursos tecnológicos, conteúdos e problemas concretos. Tal compreensão reforça a possibilidade de utilizar a modelagem não apenas em aulas de Matemática, mas também como mediadora de conceitos científicos.

Na Química, essa mediação torna-se visível em conteúdos que dependem fortemente de relações quantitativas. Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024) apresentam uma proposta centrada na ordem de reação química e evidenciam a relevância da modelagem para organizar o estudo de cinética química. Forster (2024), por sua vez, relata uma experiência em que a função exponencial é mobilizada para compreender a meia-vida de substâncias químicas no organismo. Ferry, Schmidt e Assis (2022) desenvolvem um modelo analógico para o ensino de estequiometria, convertendo relações abstratas entre reagentes e produtos em uma estrutura manipulável e comparável. Esses trabalhos demonstram que a aproximação entre modelo e

fenômeno pode tornar visíveis relações que, em uma abordagem exclusivamente algorítmica, tenderiam a permanecer implícitas.

A aproximação entre modelagem, experimentação e alfabetização científica também amplia o potencial dessa abordagem. Araki e Kato (2024) identificam que a experimentação didática em atividades de modelagem influencia os objetos de conhecimento mobilizados e as ações realizadas pelos estudantes. Silva e Vertuan (2024), ao discutirem a articulação entre modelagem matemática e alfabetização científica, apontam para o caráter interdisciplinar e transdisciplinar dessas propostas, especialmente quando a atividade exige interpretação, tomada de decisão e elaboração de explicações sobre situações investigadas.

Diante desse cenário, formula-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira a modelagem matemática pode contribuir para o ensino e a compreensão de conceitos químicos na educação básica, especialmente daqueles que envolvem relações quantitativas, interpretação de dados e representação de fenômenos? A questão parte do entendimento de que a dificuldade do estudante não reside apenas em executar operações, mas em compreender o que as relações matemáticas representam no fenômeno químico e em utilizar essas relações para explicar, prever e argumentar.

A relevância do estudo está relacionada à necessidade de superar formas de ensino em que Matemática e Química aparecem como campos isolados. A fragmentação curricular pode fazer com que um estudante saiba resolver uma equação em uma disciplina e, ainda assim, não reconheça a mesma relação quando ela aparece em um problema químico. Ao analisar produções brasileiras recentes, busca-se identificar princípios que possam orientar práticas

pedagógicas mais integradas, investigativas e contextualizadas, sem reduzir a modelagem à simples aplicação de fórmulas.

O objetivo geral deste artigo é analisar as contribuições da modelagem matemática como ferramenta pedagógica para o ensino de conceitos químicos na educação básica. Especificamente, pretende-se discutir os fundamentos da modelagem em sua relação com o ensino de Ciências; examinar a Matemática como linguagem de representação e interpretação de fenômenos químicos; identificar aplicações em cinética química, meia-vida, estequiometria e outros conteúdos quantitativos; e refletir sobre contribuições, limites e condições pedagógicas para a implementação de atividades de modelagem no ensino regular.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Modelagem Matemática Como Estratégia para o Ensino de Ciências

A modelagem matemática, em perspectiva educacional, pode ser compreendida como uma atividade de investigação em que situações reais ou plausíveis são traduzidas, analisadas e interpretadas por meio de relações matemáticas. O valor pedagógico do processo não se resume ao produto final, isto é, à fórmula ou ao gráfico obtido. Ele se encontra também nas etapas de escolha das informações, formulação de hipóteses, identificação das variáveis, discussão de estratégias, validação dos resultados e retorno ao problema inicial. Esse modo de organizar a aprendizagem favorece a construção de relações entre conhecimentos que, em currículos disciplinares, muitas vezes são ensinados separadamente.

Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) analisam a modelagem na perspectiva da Educação Matemática Crítica e evidenciam duas dimensões importantes: de um lado, o planejamento, a implementação e a avaliação das atividades; de outro, a preocupação com a formação do senso crítico. Essa articulação é particularmente relevante no ensino de Ciências, porque modelos matemáticos não são neutros nem autossuficientes. Eles dependem de hipóteses, simplificações, condições de validade e escolhas interpretativas. Ensinar a trabalhar com modelos implica, portanto, ensinar a questionar o que foi considerado, o que foi desconsiderado e em que circunstâncias a representação construída pode ser utilizada.

Rosa e Nogaro (2024) ampliam essa discussão ao relacionar modelagem matemática, ensino de Ciências e TPACK. A experiência sistematizada pelos autores reforça que a aprendizagem significativa se beneficia de conexões interdisciplinares e de estratégias que integrem conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico e recursos tecnológicos. No ensino de Química, essa integração pode ocorrer quando dados experimentais são organizados em tabelas, transformados em gráficos, ajustados por funções e interpretados à luz de conceitos químicos. A tecnologia, nesse caso, pode auxiliar a representação, mas não substitui a análise conceitual.

Araki e Kato (2024) mostram que a experimentação didática em atividades de modelagem produz efeitos sobre os conhecimentos mobilizados pelos estudantes. Quando o problema envolve observação e produção de dados, o aluno precisa decidir o que medir, como registrar, de que maneira comparar e quais relações podem explicar os resultados. Esse movimento aproxima a prática

matemática de procedimentos típicos da investigação científica e cria espaço para que conceitos das Ciências da Natureza sejam mobilizados de forma funcional, e não apenas mencionados como contexto ilustrativo.

Silva e Vertuan (2024) identificam, em seu mapeamento, que atividades de modelagem vêm sendo utilizadas como meio de favorecer a alfabetização científica. A aproximação ocorre porque os estudantes são chamados a lidar com informações, avaliar evidências, articular conhecimentos e construir explicações. Entretanto, os autores também sinalizam a importância de compreender a modelagem não apenas como um instrumento auxiliar para chegar a uma resposta, mas como uma forma de pensar cientificamente. Essa distinção é fundamental para o ensino de Química: resolver uma expressão numérica não é suficiente se o estudante não consegue interpretar o significado químico do valor encontrado.

Dessa forma, a modelagem pode atuar como eixo articulador entre Matemática e Química quando o problema proposto exige efetivamente conteúdos dos dois campos. Não se trata de inserir um cálculo em qualquer atividade de Química para classificá-la como modelagem. É necessário que a relação matemática seja construída ou mobilizada para explicar o fenômeno, que haja espaço para decisões e que o estudante participe da interpretação do modelo. A relevância didática reside na passagem entre situação, dados, representação matemática e explicação química.

Essa perspectiva também modifica o papel do professor. Em atividades tradicionais, a sequência costuma ser definida previamente: apresenta-se a fórmula, realiza-se um exemplo e

solicita-se a reprodução do procedimento. Em uma situação de modelagem, o professor precisa acompanhar hipóteses distintas, discutir escolhas, propor perguntas e orientar a validação. Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) ressaltam a importância do planejamento, e Rosa e Nogaro (2024) evidenciam a necessidade de articular conhecimentos pedagógicos e científicos. Assim, a abertura investigativa não significa ausência de intencionalidade; ao contrário, exige planejamento cuidadoso para que o problema conduza aos conceitos pretendidos sem eliminar a autonomia do estudante.

No ensino de conceitos químicos, a modelagem pode ser especialmente produtiva quando o fenômeno apresenta variáveis mensuráveis e relações que evoluem no tempo ou dependem de proporções. Cinética química, concentração, diluição, pH, estequiometria, equilíbrio, decaimento e meia-vida constituem exemplos de temas em que a interpretação quantitativa é inseparável da explicação conceitual. A modelagem permite que essas relações sejam exploradas como estruturas de significado e não apenas como fórmulas prontas.

2.2. A Matemática Como Linguagem para a Compreensão dos Fenômenos Químicos

A Química utiliza intensamente a linguagem matemática para expressar relações entre grandezas, descrever regularidades e formular previsões. Entretanto, a presença de equações e gráficos no conteúdo não garante, por si só, integração entre as áreas. Santos e Coêlho (2026) defendem que a Matemática constitui um alicerce para a compreensão da Química, pois a interpretação científica depende da capacidade de reconhecer relações estruturais. Essa

ideia desloca o foco da pergunta “qual fórmula deve ser usada?” para questões como “quais grandezas estão relacionadas?”, “como uma variável responde à mudança de outra?” e “o que o resultado informa sobre o sistema químico?”.

Em estequiometria, por exemplo, a proporcionalidade entre coeficientes de uma equação balanceada precisa ser interpretada como uma relação entre quantidades de matéria. Quando o estudante apenas aplica uma regra de três sem compreender a origem da proporção, o procedimento pode funcionar em exercícios conhecidos, mas tende a perder sentido em situações que envolvem reagente limitante, excesso ou rendimento. A modelagem analógica proposta por Ferry, Schmidt e Assis (2022) trabalha justamente com a estrutura relacional da estequiometria. A comparação com a montagem de sanduíches permite explorar a correspondência entre quantidades de ingredientes e quantidades de produtos, destacando a lógica do reagente limitante e do excesso.

Na cinética química, a necessidade de integração é ainda mais evidente. A velocidade de uma reação depende de grandezas que podem ser descritas por relações matemáticas e analisadas a partir de dados experimentais. Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024) discutem a ordem de reação em uma proposta voltada ao desenvolvimento de habilidades e competências. A expressão geral $\nu = k[A]^m[B]^n$, quando ensinada apenas como fórmula, pode induzir o estudante a substituir valores sem compreender o papel dos expoentes. Em uma abordagem de modelagem, os expoentes podem ser investigados a partir da variação dos dados, levando o estudante a inferir como alterações de concentração se relacionam com a velocidade observada.

A análise de gráficos também merece atenção. Em Química, curvas de concentração pelo tempo, perfis de energia, titulações e relações entre temperatura e propriedades exigem leitura qualitativa e quantitativa. A modelagem pode favorecer a passagem entre tabela, gráfico e expressão algébrica, mostrando que cada representação enfatiza aspectos distintos de uma mesma relação. Santos e Coêlho (2026) ressaltam a importância dessa interdependência entre Matemática e Química, enquanto Silva e Vertuan (2024) associam a interpretação de dados e representações ao processo de alfabetização científica.

O conceito de pH oferece outro exemplo da relação entre linguagem matemática e significado químico. A expressão $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, embora compacta, reúne uma função logarítmica e uma medida de acidez. Se o estudante conhece apenas regras operacionais do logaritmo, pode calcular o pH e ainda assim não compreender por que mudanças de uma unidade correspondem a variações multiplicativas na concentração de íons hidrogênio. Santos e Coêlho (2026) utilizam a relação entre Matemática e Química para defender abordagens em que o estudante compreenda a estrutura quantitativa presente nos fenômenos e não apenas execute a operação.

A mesma lógica se aplica a modelos exponenciais. Em processos de meia-vida, a quantidade de uma substância pode ser representada por $N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$. A expressão só se torna quimicamente significativa quando o estudante relaciona o expoente ao número de meias-vidas transcorridas e interpreta o decaimento como um processo temporal. Forster (2024) mostra como a presença de substâncias químicas no organismo pode ser utilizada para

introduzir funções exponenciais, promovendo uma experiência didática em que o modelo permite formular e testar conjecturas.

Assim, a Matemática funciona como linguagem da Química quando deixa de ser um apêndice computacional e passa a organizar relações, comparações e previsões. Essa compreensão tem implicações diretas para o planejamento docente. Em vez de separar “parte teórica” e “parte de cálculo”, pode-se propor situações em que a construção conceitual e a estrutura matemática avancem juntas. O estudante aprende a interpretar a grandeza, a unidade, a função e o fenômeno como componentes de uma mesma explicação.

A integração também reduz uma dificuldade recorrente: a transferência de conhecimentos entre disciplinas. Um aluno pode ter estudado funções exponenciais em Matemática e, meses depois, não reconhecer essa estrutura em um problema de meia-vida. A modelagem cria oportunidades de transferência porque parte de um fenômeno que exige mobilização de conhecimentos previamente construídos. Rosa e Nogaro (2024) destacam a importância dos conhecimentos subsunçores e das conexões interdisciplinares; nesse sentido, a modelagem favorece a retomada de conceitos matemáticos em um contexto de uso científico.

2.3. Aplicações da Modelagem Matemática no Ensino de Conceitos Químicos

A literatura selecionada oferece exemplos concretos de como a modelagem pode ser mobilizada para ensinar conceitos químicos. Esses exemplos são importantes porque evidenciam que a proposta não se limita a uma defesa genérica da interdisciplinaridade. Ela pode ser materializada em sequências didáticas nas quais o

problema, os dados e o modelo conduzem à construção de conceitos específicos.

No estudo de Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024), a ordem de reação química é tratada a partir de uma problemática relacionada ao desenvolvimento de habilidades e competências. O conteúdo de cinética química exige que o estudante articule variação de concentração, tempo, velocidade e dependência funcional. Uma atividade de modelagem pode organizar conjuntos de dados experimentais e solicitar comparações entre ensaios, de modo que a relação entre mudança de concentração e mudança da velocidade permita inferir a ordem em relação a determinado reagente. O valor pedagógico está na construção da relação, e não apenas na apresentação do expoente final.

Esse procedimento permite discutir também a constante de velocidade e as condições do sistema. Ao comparar modelos obtidos em diferentes situações, o estudante pode perceber que um modelo depende de condições e que não deve ser aplicado fora de seu domínio sem análise. Essa discussão aproxima a modelagem de uma compreensão mais autêntica do trabalho científico, em que as equações expressam regularidades observadas sob determinadas condições. A proposta de Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024) reforça justamente a necessidade de integrar saberes matemáticos à aprendizagem significativa da cinética química.

Forster (2024) oferece outro exemplo expressivo ao utilizar a meia-vida de substâncias químicas como contexto para o estudo de função exponencial. O problema permite construir uma sequência em que o estudante parte de uma quantidade inicial, acompanha reduções sucessivas e reconhece um padrão multiplicativo. Em vez

de receber diretamente uma função do tipo $f(t)=a \cdot b^t$, ele pode observar que a redução não é linear e que intervalos iguais de tempo produzem razões constantes. A passagem do padrão numérico para a expressão algébrica torna visível a estrutura exponencial.

No ensino de Química, esse modelo pode ser explorado em sentido inverso: parte-se do conceito de meia-vida e utiliza-se a função exponencial para prever quantidades remanescentes. A articulação permite discutir variáveis, unidades, domínio, comportamento assintótico e interpretação temporal. A experiência descrita por Forster (2024) também aponta resultados positivos de engajamento e contato dos estudantes com procedimentos de investigação, mostrando que a contextualização pode tornar a função matemática uma ferramenta para responder perguntas sobre substâncias químicas.

A estequiometria constitui um terceiro campo de aplicação. Ferry, Schmidt e Assis (2022) propõem o “sanduíche estequiométrico” como recurso didático inclusivo fundamentado em modelagem analógica. A ideia de combinar quantidades específicas de ingredientes para produzir sanduíches cria uma estrutura que pode ser mapeada para relações entre reagentes e produtos. A analogia permite discutir proporções, excesso, limitação e quantidade máxima de produto de maneira concreta. Embora se trate de modelagem analógica, a estratégia dialoga fortemente com a modelagem matemática porque exige identificação de relações quantitativas e correspondências estruturais.

O caráter inclusivo do recurso também amplia a discussão sobre representações. Um modelo eficiente não precisa estar restrito a

equações escritas. Pode assumir forma manipulável, gráfica, tabular ou verbal, desde que preserve as relações relevantes do fenômeno. Ferry, Schmidt e Assis (2022) demonstram que a acessibilidade pode ser incorporada ao próprio planejamento do modelo, permitindo que estudantes com deficiência visual acessem relações estequiométricas por meio de relevo, textura e manipulação. Esse princípio reforça a importância de diversificar registros de representação no ensino de Química.

Outras aplicações podem ser inferidas a partir dos princípios discutidos nas obras. Santos e Coêlho (2026) abordam a centralidade da Matemática para compreender a Química e destacam relações presentes em temas como pH e cinética. Em uma sequência sobre pH, por exemplo, dados de concentração podem ser transformados em valores de pH, organizados em tabela e comparados para que os estudantes interpretem o efeito da escala logarítmica. Em uma sequência sobre concentração e diluição, relações proporcionais podem ser construídas a partir de situações experimentais e validadas por medições.

Araki e Kato (2024) oferecem suporte para a incorporação de experimentação às atividades. A produção de dados pelo próprio estudante altera a natureza da tarefa: os números deixam de ser apenas valores fornecidos pelo livro e passam a resultar de decisões experimentais, medições e possíveis erros. Isso permite discutir variabilidade, aproximação, qualidade dos dados e adequação do modelo. No ensino de Química, essa dimensão é valiosa porque muitos conceitos surgem da relação entre observação e representação.

Portanto, a aplicação da modelagem a conteúdos químicos não pressupõe um único roteiro. Em algumas situações, o modelo será algébrico; em outras, gráfico, proporcional ou analógico. O elemento comum é a necessidade de estabelecer uma relação explicativa entre o modelo e o fenômeno. A atividade torna-se pedagogicamente potente quando o estudante consegue retornar ao contexto e responder o que a expressão, o gráfico ou a proporção significam para a situação química estudada.

2.4. Modelagem, Experimentação e Alfabetização Científica

A aproximação entre modelagem matemática e alfabetização científica indica que o trabalho com modelos pode contribuir para objetivos formativos que ultrapassam a resolução de exercícios. Silva e Vertuan (2024) mostram que propostas de modelagem têm sido utilizadas de maneira interdisciplinar e transdisciplinar para favorecer a alfabetização científica. Isso significa que a atividade pode envolver leitura de informações, análise de dados, formulação de argumentos, comunicação de resultados e tomada de decisões fundamentadas.

No ensino de Química, essas ações são relevantes porque os estudantes frequentemente entram em contato com informações quantitativas em situações sociais: concentração de substâncias, dosagem, toxicidade, qualidade da água, consumo de energia, composição de materiais e transformações ambientais. Uma abordagem de modelagem pode transformar esses temas em problemas investigativos. O objetivo não é apenas produzir um número, mas compreender o que ele representa, quais premissas sustentam o cálculo e quais limites existem na interpretação.

Araki e Kato (2024) demonstram que a experimentação didática influencia os objetos de conhecimento mobilizados nas atividades de modelagem. Em uma aula de Química, a experimentação pode funcionar como fonte de dados para construir o modelo. Isso exige planejamento, porque a escolha das variáveis, dos instrumentos e das condições experimentais deve estar alinhada aos conceitos que se deseja explorar. Ao mesmo tempo, o espaço para resultados não exatamente previstos pode favorecer discussões sobre incerteza e adequação do modelo.

A dimensão crítica discutida por Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) acrescenta outro aspecto. Modelar uma situação implica fazer escolhas. O estudante pode ser convidado a perguntar se os dados são suficientes, se a relação proposta é adequada e se a conclusão pode ser generalizada. Essa postura é relevante para a educação científica, pois evita que equações sejam interpretadas como verdades absolutas. O modelo é uma representação construída para determinados fins e condições.

Rosa e Nogaro (2024) relacionam a modelagem a uma pedagogia humanizadora e à participação ativa dos estudantes. Esse enfoque contribui para pensar a aula de Química como espaço de diálogo e construção, e não apenas de transmissão de procedimentos. O professor pode organizar grupos, incentivar a explicitação de hipóteses, comparar diferentes representações e solicitar justificativas. A interação entre os estudantes passa a integrar o processo de aprendizagem, sobretudo quando há mais de uma estratégia plausível para resolver o problema.

No entanto, a implementação da modelagem apresenta desafios. Um deles é a heterogeneidade do domínio matemático dos

estudantes. Em uma mesma turma, alguns alunos podem ter dificuldade com proporcionalidade, leitura de gráficos ou funções, o que interfere diretamente na compreensão do conceito químico. Santos e Coêlho (2026) chamam atenção para as lacunas produzidas pela dissociação entre Matemática e Química. A modelagem pode revelar essas lacunas e, simultaneamente, oferecer contexto para retomá-las.

Outro desafio é o tempo pedagógico. Atividades de modelagem exigem exploração, discussão e validação, o que pode parecer incompatível com currículos extensos. Entretanto, os estudos analisados sugerem que a profundidade da aprendizagem pode compensar a redução do número de exercícios repetitivos. A questão central passa a ser selecionar conceitos estruturantes e problemas capazes de mobilizá-los de modo articulado. O planejamento destacado por Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) torna-se decisivo para evitar tarefas abertas sem foco conceitual.

A formação docente também é uma condição importante. Trabalhar com modelagem exige domínio do conteúdo químico, compreensão das relações matemáticas e capacidade de conduzir investigação sem antecipar todas as respostas. O referencial TPACK discutido por Rosa e Nogaro (2024) é pertinente porque mostra que conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo precisam ser articulados. Em Química, essa articulação pode incluir planilhas, sensores, simuladores e aplicativos de construção gráfica, mas sempre subordinados aos objetivos conceituais.

Assim, o uso da modelagem no ensino regular deve equilibrar abertura e intencionalidade. O estudante precisa ter espaço para investigar, mas o professor deve criar condições para que a

investigação se conecte ao conceito químico em estudo. A alfabetização científica se fortalece quando o estudante consegue explicar o fenômeno, justificar escolhas, reconhecer limites e comunicar o que aprendeu. A Matemática, nesse processo, torna-se uma linguagem de investigação científica.

3. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa e bibliográfica, por buscar interpretar contribuições de produções científicas brasileiras relacionadas à modelagem matemática e ao ensino de conceitos químicos. A escolha desse delineamento decorre do objetivo de comparar abordagens, identificar convergências e organizar princípios pedagógicos a partir de trabalhos já publicados, sem produção de dados empíricos próprios.

O corpus foi constituído por oito obras brasileiras publicadas entre 2021 e 2026: Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021); Ferry, Schmidt e Assis (2022); Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024); Rosa e Nogaro (2024); Araki e Kato (2024); Silva e Vertuan (2024); Forster (2024); e Santos e Coêlho (2026). A seleção priorizou trabalhos diretamente relacionados à modelagem matemática, ensino de Ciências, ensino de Química, experimentação, alfabetização científica e aplicações quantitativas em conteúdos químicos.

A análise foi conduzida por leitura integral ou analítica das produções disponíveis e por organização temática. Inicialmente, foram identificados os objetivos, objetos de estudo, contextos educacionais e principais contribuições de cada trabalho. Em seguida, os achados foram agrupados de acordo com sua relação com o problema desta pesquisa. A intenção não foi estabelecer uma

comparação quantitativa entre os estudos, mas compreender como diferentes perspectivas de modelagem podem contribuir para o ensino de Química.

Quatro eixos orientaram a interpretação: a) fundamentos da modelagem matemática no ensino de Ciências; b) Matemática como linguagem para compreensão de fenômenos químicos; c) aplicações da modelagem em conceitos químicos, especialmente cinética, meia-vida e estequiometria; e d) relações entre modelagem, experimentação, alfabetização científica e desafios de implementação. Esses eixos foram definidos a partir das recorrências observadas nas obras e da estrutura conceitual proposta para o artigo.

Como critério de coerência bibliográfica, foram utilizadas no desenvolvimento e nas referências apenas as oito produções selecionadas. A interpretação procurou preservar o enfoque de cada estudo, distinguindo trabalhos diretamente aplicados a conteúdos químicos daqueles que discutem a modelagem em sentido mais amplo no ensino de Matemática e Ciências. A síntese resultante busca oferecer uma visão integrada, sem atribuir aos estudos conclusões que ultrapassem seus respectivos objetos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das oito produções permite identificar uma primeira convergência: a modelagem é compreendida como prática que articula investigação e representação, e não como simples uso de fórmulas. Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021), Rosa e Nogaro (2024), Araki e Kato (2024) e Silva e Vertuan (2024) situam a modelagem em processos que envolvem participação do estudante, construção de

relações, análise de situações e reflexão. Essa característica oferece base para sua aplicação no ensino de Química, disciplina em que a compreensão conceitual depende frequentemente da interpretação de representações quantitativas.

Um segundo resultado diz respeito à necessidade de superar a separação rígida entre Matemática e Química. Santos e Coêlho (2026) são explícitos ao considerar a Matemática um alicerce para a compreensão da Química. Essa perspectiva é confirmada, em termos de aplicação, pelos estudos de Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024) e Forster (2024). Em ambos, a estrutura matemática não aparece como cálculo acessório: ela organiza a explicação de um fenômeno químico. Na cinética, a relação funcional expressa dependência entre concentração e velocidade; na meia-vida, a função exponencial expressa o comportamento temporal da quantidade de uma substância.

A principal implicação pedagógica desse achado é que o ensino não deve separar artificialmente “conceito” e “cálculo”. Quando a expressão matemática é apresentada depois de uma explicação conceitual e utilizada apenas em exercícios de substituição, o estudante pode aprender duas partes desconectadas. A modelagem permite construir a relação matemática enquanto se interpreta o fenômeno. Assim, a pergunta deixa de ser apenas “qual resultado numérico é obtido?” e passa a incluir “o que a relação indica sobre o sistema químico?”.

O terceiro resultado é a diversidade de formas que o modelo pode assumir. Ferry, Schmidt e Assis (2022) demonstram a potência de um modelo analógico e manipulável para a estequiometria, enquanto Forster (2024) utiliza um modelo funcional exponencial. Araki e Kato

(2024) integram modelagem e experimentação, e Costa Júnior, Barreto e Almeida Júnior (2024) trabalham uma problemática de cinética química. Essa variedade mostra que modelar não significa necessariamente chegar a uma única equação; significa construir uma representação capaz de preservar relações essenciais e permitir interpretação.

A diversidade de representações também tem implicações inclusivas. O modelo do sanduíche estequiométrico, elaborado por Ferry, Schmidt e Assis (2022), foi pensado para estudantes com deficiência visual e utiliza relevo e texturas. O trabalho evidencia que conceitos quantitativos podem ser representados de maneiras acessíveis sem perda da estrutura conceitual. Para o ensino regular, isso sugere que tabelas, objetos, esquemas, gráficos e expressões devem ser usados de forma complementar, favorecendo diferentes formas de acesso ao conhecimento.

Um quarto resultado é a relevância da produção e interpretação de dados. Araki e Kato (2024) mostram que a experimentação didática influencia os conhecimentos mobilizados e as ações empreendidas pelos estudantes. Em Química, a experimentação pode produzir dados que demandam organização e modelagem. Essa integração ajuda a superar práticas experimentais exclusivamente demonstrativas, nas quais o estudante observa um efeito sem analisar quantitativamente o comportamento do sistema.

A articulação com alfabetização científica constitui um quinto resultado. Silva e Vertuan (2024) identificam que a modelagem tem sido utilizada para favorecer processos de alfabetização científica e que as propostas analisadas assumem caráter interdisciplinar e transdisciplinar. No contexto da Química, esse aspecto é relevante

porque muitos problemas sociais dependem de interpretação quantitativa. Uma atividade de modelagem pode exigir leitura de dados, justificativa, comparação de cenários e elaboração de explicações, competências que ultrapassam a memorização de conteúdo.

A perspectiva crítica discutida por Mesquita, Ceolim e Cibotto (2021) aprofunda essa contribuição ao mostrar que a modelagem pode envolver questionamento e tomada de posição. Um modelo representa uma situação a partir de determinadas escolhas. Ensinar o estudante a reconhecer pressupostos e limites contribui para uma relação menos ingênua com números e gráficos. Em Química, isso pode ser aplicado à interpretação de dados sobre poluição, concentração de substâncias, eficiência de processos ou consumo de materiais.

Os estudos também permitem identificar condições para que a modelagem produza os efeitos esperados. A primeira é a existência de um problema capaz de mobilizar conhecimentos relevantes. Um contexto apenas decorativo, usado para inserir números em uma fórmula, não altera substancialmente a lógica tradicional. A segunda condição é a necessidade de interpretação do resultado. O estudante deve retornar ao fenômeno e explicar o significado químico do modelo. A terceira é o planejamento docente, que deve antecipar dificuldades matemáticas e conceituais sem transformar a investigação em roteiro fechado.

Quanto aos desafios, destaca-se a formação dos professores para transitar entre linguagens disciplinares. A modelagem voltada ao ensino de Química exige que o docente reconheça a estrutura matemática subjacente ao conteúdo e seja capaz de trabalhar com

diferentes representações. Rosa e Nogaro (2024) oferecem uma contribuição importante ao articular conteúdo, pedagogia e tecnologia. Essa articulação pode reduzir a fragmentação e permitir o uso de ferramentas digitais para explorar modelos sem substituir a compreensão conceitual.

Outro desafio é lidar com conhecimentos matemáticos prévios insuficientes. A dificuldade com proporção, logaritmo ou função exponencial pode se manifestar como dificuldade em Química. Santos e Coêlho (2026) evidenciam justamente o impacto da dissociação entre as áreas. Nesse cenário, a modelagem pode desempenhar dupla função: revelar a lacuna e oferecer um contexto para retomá-la. O professor pode reconstruir o conceito matemático no momento em que ele se torna necessário para compreender o fenômeno químico.

Os resultados sugerem, por fim, que a modelagem matemática tem maior potencial quando é tratada como estratégia de integração curricular. Não se trata de substituir aulas experimentais, explicações conceituais ou exercícios de consolidação, mas de conectá-los. Uma sequência pode começar com um problema, produzir dados, construir uma relação matemática, comparar o modelo com o fenômeno e finalizar com sistematização conceitual. Essa organização aproxima o trabalho escolar de práticas de investigação e favorece a construção de significados mais duradouros.

Em síntese, as obras analisadas sustentam a ideia de que a modelagem matemática pode funcionar como ponte entre a dimensão quantitativa e a dimensão conceitual da Química. Cinética, meia-vida e estequiometria aparecem como exemplos claros, mas os princípios identificados podem alcançar outros

conteúdos. A contribuição central da modelagem não está em tornar a Química “mais matemática”, e sim em tornar explícitas as relações que já estruturam os fenômenos químicos e permitir que o estudante as investigue, represente e interprete.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar as contribuições da modelagem matemática como ferramenta pedagógica para o ensino de conceitos químicos na educação básica. A leitura das oito produções brasileiras selecionadas permitiu reconhecer que a modelagem pode aproximar relações quantitativas e significados químicos, favorecendo uma aprendizagem em que fórmulas, gráficos, proporções e funções são interpretados como representações de fenômenos e não como procedimentos isolados.

A questão de pesquisa foi respondida pela identificação de quatro contribuições principais. A primeira é a contextualização de conceitos e relações matemáticas em problemas químicos. A segunda é a possibilidade de transitar entre dados, representações e explicações. A terceira é a integração entre investigação, experimentação e alfabetização científica. A quarta é a abertura para diferentes formas de modelar, incluindo representações algébricas, gráficas, proporcionais e analógicas.

Também se conclui que a simples presença de cálculos não caracteriza uma prática de modelagem. O potencial pedagógico surge quando o estudante participa da construção ou análise da relação, compreende as variáveis, interpreta os resultados e avalia a adequação da representação. Em outras palavras, a modelagem precisa preservar o vínculo entre expressão matemática e

significado químico. Sem esse retorno ao fenômeno, corre-se o risco de apenas substituir uma lista de exercícios por outra com contexto aparente.

Entre os desafios destacam-se as lacunas matemáticas prévias, o tempo necessário para atividades investigativas e a formação docente para articular conhecimentos de Matemática e Química. Esses limites não anulam a proposta; indicam condições para sua implementação. A modelagem pode inclusive ser utilizada para diagnosticar dificuldades e reconstruir conceitos matemáticos no momento em que se tornam necessários para compreender um fenômeno químico.

Como encaminhamento pedagógico, recomenda-se que atividades de modelagem sejam planejadas a partir de problemas que exijam interpretação e tomada de decisão, que incluam diferentes registros de representação e que, sempre que possível, sejam articuladas à produção de dados experimentais. Também é importante que a etapa final envolva discussão explícita sobre o que o modelo explica, quais são seus limites e como ele se relaciona com o conceito químico estudado.

Por se tratar de uma pesquisa bibliográfica delimitada a oito produções, os resultados não pretendem esgotar o tema. Estudos futuros podem analisar sequências didáticas implementadas em diferentes etapas da educação básica, comparar estratégias de modelagem em conteúdos químicos distintos e investigar os efeitos da abordagem sobre compreensão conceitual, raciocínio matemático e alfabetização científica. Ainda assim, o conjunto analisado oferece suporte consistente para considerar a modelagem

matemática uma ferramenta relevante na construção de um ensino de Química mais integrado, investigativo e significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKI, Paulo Henrique Hideki; KATO, Lilian Akemi. A experimentação didática em atividades de modelagem matemática: implicações na mobilização de objetos de conhecimento. *Ensino e Tecnologia em Revista*, Londrina, v. 8, n. 2, p. 155-171, 2024. DOI: 10.3895/etr.v8n2.18426.

COSTA JÚNIOR, José Pinheiro da; BARRETO, Saul Rodrigo da Costa; ALMEIDA JÚNIOR, Deusarino Oliveira. Metodologia focada na ordem de reação química a partir de uma problemática de desenvolvimento de habilidades e competências discentes e docentes. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 691-725, 2024. DOI: 10.23925/1983-3156.2024v26i1p691-725.

FERRY, Alexandre da Silva; SCHMIDT, Núbia Silva; ASSIS, Luciana Paula de. Modelagem analógica para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual: o recurso didático do sanduíche estequiométrico. *Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 65, p. 1-23, e286504, 2022.

FORSTER, Aldair. Drogas na sala de aula: não é nada disso que você está pensando, é da função exponencial que eu estou falando. *Revista Foco*, Curitiba, v. 17, n. 12, e7241, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n12-110.

MESQUITA, Milene Nagila; CEOLIM, Amauri Jersi; CIBOTTO, Rosefran Adriano Gonçalves. Modelagem matemática na perspectiva da educação matemática crítica: abordagens na educação básica.

Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 26, e260022, 2021.
DOI: 10.1590/S1413-24782021260022.

ROSA, Arminda Almeida da; NOGARO, Arnaldo. Modelagem matemática e conexões com o ensino de ciências: metodologia TPACK como ensaio para uma pedagogia humanizadora. Educação, Porto Alegre, v. 47, n. 1, e45562, 2024. DOI: 10.15448/1981-2582.2024.1.45562.

SANTOS, Gisele de Carvalho Apolinário; COÊLHO, Juliana de Carvalho Apolinário. A interdisciplinaridade essencial: a Matemática como alicerce para a compreensão da Química. Cadernos Cajuína, v. 11, n. 2, e1860, 2026. DOI: 10.52641/cadcajv11i2.1860.

SILVA, Simone Ribeiro da; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Aspectos da articulação entre alfabetização científica e modelagem matemática na educação básica. Ensino e Tecnologia em Revista, Londrina, v. 8, n. 2, p. 42-60, 2024. DOI: 10.3895/etr.v8n2.18425.

¹ Pós-graduação em Matemática Financeira e Estatística pela UCSAL.
E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

² Doutor em Ciências da Educação pela Word Ecumênica. E-mail:
[acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Licenciada em Química pelo IF Sertão PE, Petrolina/PE, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁴ Licenciado em Ciências Biológicas pela Unicesumar, Juazeiro/BA.
E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁵ Doutor em Ciências da Educação pela Word Ecumênical. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁶ Licenciatura plena em Matemática – IFRN. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁷ Doutora em Educação pela Universidad Interamericana, Asunción - Paraguay. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

⁸ Especialista em Docência Matemática e Práticas Pedagógicas pela Facuvale. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).