

Modelando um catalisador automotivo - relato de experiência do desenvolvimento de uma sequência de ensino fundamentado em modelagem na Educação Básica

Mateus Henrique Silva Lopes¹ e Monique Santos²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais/Faculdade de Educação/mateushslopes@gmail.com

² Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Química/moniquealine@ufmg.br

INTRODUÇÃO

Na Ciência, os modelos são utilizados como ferramentas epistemológicas, isto é, algo para ajudar a pensar. Sendo assim, existem diferentes objetivos para os modelos na Ciência, como explicar, simplificar, representar, prever, abstrair e produzir experimentos (Gilbert; Justi, 2016). A Química é uma Ciência abstrata, por isso o uso de modelos é indispensável para seu entendimento.

Knuuttila (2005) afirma que os modelos, quando apresentados como uma representação parcial, são entendidos como “modelo de algo” na Educação Básica. Esse é um entendimento simplista do que são modelos, seus objetivos e sua importância na Ciência. Essa visão prejudica o entendimento de modelo como “modelo para algo”.

Os estudantes tendem a compreender os modelos apenas como simples representações, o que faz com que, ao aprenderem determinado conteúdo de Química, por exemplo, de reações químicas, não percebam que estão, na verdade, estudando modelos de reações. Essa limitação pode favorecer o desenvolvimento ou a manutenção da visão de que a prática científica envolve apenas o trabalho com entidades concretas e observáveis, e não com construções teóricas elaboradas pelo ser humano (Melo; Neto, 2013).

A criação de um novo modelo ou a modificação de um modelo já existente é chamada de modelagem. Gilbert e Justi (2016) propuseram o Modelo de Modelagem v. 2, no qual são apresentadas quatro etapas principais do processo:

- Criação – elaboração de um modelo mental a partir da definição do objetivo, da aquisição de dados experimentais, dos conhecimentos prévios e da escolha de fontes, analogias ou ferramentas matemáticas que servirão de suporte para sua construção;
- Expressão – representação do modelo elaborado inicialmente na mente por meio de diferentes meios semióticos (desenhos, escritas, falas, maquetes, expressões matemáticas etc.);

- Testes – investigação do quanto o modelo satisfaz os objetivos para os quais foi elaborado. Esses testes podem ser empíricos ou mentais, dependendo dos recursos disponíveis e da natureza do modelo; e
- Avaliação – definição da abrangência e das limitações do modelo, a partir de sua aplicação em contextos diferentes daquele em que foi desenvolvido.

As etapas apresentadas não precisam seguir uma ordem fixa. É possível, por exemplo, realizar testes mentais antes da expressão do modelo. A modelagem é, portanto, um processo cíclico, não linear e não predeterminado.

O Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) é uma abordagem em que os estudantes participam ativamente do processo de modelagem, total ou parcialmente, o que permite alcançar os objetivos propostos por Hodson (1992) para o ensino de Ciências: Aprender Ciência, ao compreender a natureza, a abrangência e as limitações dos modelos científicos; Aprender sobre Ciência, ao entender aspectos da Natureza da Ciência presentes no processo de modelagem, como a influência dos recursos disponíveis nos testes e nas formas de expressão; Aprender a fazer Ciência, ao participar das etapas do processo de modelagem (Justi; Gilbert, 2002).

O EFM também contribui para o desenvolvimento de habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), como as de investigação, resolução de problemas, uso de diferentes linguagens, elaboração e teste de hipóteses, reflexão e argumentação.

No que se refere às de investigação, que acaba englobando quase todas as mencionadas anteriormente, Carvalho (2018) propõe que atividades dessa natureza podem ser classificadas em 5 graus de liberdade intelectual proporcionada aos estudantes. De acordo com a autora, a de grau 1 é aquela em que eles apenas coletam dados, mas a problematização, as hipóteses, a resolução do problema e a análise dos resultados é realizada pelo professor, por exemplo, uma atividade experimental na qual os estudantes recebem um roteiro com todos os conceitos envolvidos e procedimentos a serem seguidos. A partir do grau 3, a atividade pode ser considerada pautada na perspectiva de ensino investigativo, visto que, nesse grau o professor apresenta um problema e em cooperação com os estudantes fazem o levantamento de hipóteses e a análise dos resultados, mas a resolução do problema é de responsabilidade do estudante. Na de grau 5, todo o processo é realizado pelo estudante, desde o levantamento do problema até a sua resolução, o professor atua somente na análise dos resultados junto com a turma. As atividades de graus 2 e 4 seriam intermediárias com relação às apresentadas.

Diante do exposto, foi elaborada, desenvolvida e analisada uma sequência de ensino baseada no EFM, na qual os estudantes da Educação Básica participaram de todas as etapas da modelagem visando a elaboração de um modelo de catalisador automotivo.

As atividades propostas podem ser classificadas como de graus 2 (primeira parte) e 3 (segunda parte) de liberdade intelectual, caracterizando assim uma sequência de ensino, majoritariamente, investigativa de acordo com Carvalho (2018).

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo relatar o processo de aplicação dessa sequência, apresentando as potencialidades e limitações do EFM como uma abordagem de natureza investigativa em sua essência.

METODOLOGIA

A elaboração, desenvolvimento e análise da sequência de ensino baseada no EFM foram realizados como um Trabalho de Conclusão de Curso de um professor em formação, no curso de Química Licenciatura, em 2019. A sequência foi aplicada ao longo de nove aulas de 50 minutos, durante o estágio obrigatório do referido professor, em uma escola particular de pequeno porte, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG). A turma participante era composta por 17 estudantes do 2º ano do Ensino Médio.

Os estudantes e seus responsáveis assinaram os Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a utilização dos dados para fins de pesquisa acadêmica. Os dados coletados incluíram gravações em vídeo e áudio de todas as aulas, além dos desenhos e modelos produzidos pelos estudantes.

A sequência foi estruturada em três partes. Primeira parte: atividades investigativas com o objetivo de introduzir conceitos fundamentais para a compreensão do funcionamento de catalisadores – superfície de contato, adsorção e sítio de adsorção; segunda parte: elaboração, expressão e testes dos modelos produzidos pelos estudantes, culminando na construção de um modelo consensual da turma; e terceira parte: avaliação da abrangência e das limitações do modelo consensual, aplicando-o em um contexto diferente daquele para o qual foi proposto. Contudo, devido à falta de disponibilidade de mais aulas, a terceira parte não foi realizada com a turma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta um breve relato do processo de aplicação das atividades constituintes da primeira parte da sequência, na qual foram utilizadas atividades investigativas e, um relato mais detalhado do processo de aplicação das atividades constituintes da segunda parte da sequência, pautadas nas etapas do EFM.

- Primeira parte – Mobilização de conceitos fundamentais para a modelagem de um catalisador automotivo

A primeira parte foi composta por duas atividades que tinham como objetivo apresentar aos estudantes conceitos necessários para compreender o funcionamento de um catalisador.

A primeira atividade abordava o tema da influência da área superficial na velocidade de uma reação. Para isso, foi entregue aos estudantes uma batata, que deveriam cortar de três maneiras: em pedaços grandes, em pequenas tiras e ralada. Em seguida, cada amostra foi adicionada a um recipiente contendo água oxigenada e detergente. Os estudantes deveriam registrar o que observaram em cada recipiente e, depois, tentar responder por que houve maior liberação de gás no recipiente com a batata ralada. Após compartilharem suas hipóteses com a turma, realizou-se uma discussão, na qual concluíram que a reação de decomposição da água oxigenada ocorre mais rapidamente quanto maior é a área superficial da batata.

A segunda atividade buscava evidenciar a diferença entre absorção e adsorção, bem como introduzir o conceito de sítios de adsorção. A distinção entre os dois processos foi apresentada aos estudantes a partir de uma discussão sobre como uma esponja absorve o sal quando ele está dissolvido em água, mas não quando o sal está sólido. Em seguida, em grupos, os estudantes participaram de um jogo: cada grupo recebeu uma base e peças que se encaixavam nessa base, e tiveram 10 segundos para encaixar o maior número possível de peças. O processo foi repetido três vezes. Dos quatro grupos, apenas um conseguiu encaixar as 30 peças. Isso ocorreu porque, ao tentarem fazer tudo rapidamente, encaixavam as peças sem se preocupar com a organização, o que impediu o encaixe total pela falta de espaço.

Esse jogo funcionou como uma analogia à superfície de um material adsorvente: a base representava os sítios de adsorção e as peças, as partículas adsorvidas. A atividade permitiu mostrar que a desorganização da adsorção impede o preenchimento de todos os sítios e que, à medida que o tempo passa, diminui a quantidade de partículas que conseguem ser adsorvidas.

Nas duas atividades realizadas, foi responsabilidade dos estudantes a obtenção de dados, o levantamento de hipóteses e a resolução do problema, porém tanto o problema levantado e o plano de trabalho foram propostos pelo professor. Sendo assim, de acordo com Carvalho (2018), essas atividades são investigativas, mas não pautadas na perspectiva de ensino investigativo por não atingir o grau 3 de liberdade intelectual.

- Segunda parte – Modelando um catalisador automotivo

Na primeira aula utilizando as atividades que foram elaboradas baseadas no EFM, foi realizada a leitura de um texto que apresentava os gases poluentes liberados na combustão automotiva e o papel do catalisador na diminuição da emissão desses gases. A partir do conhecimento prévio dos estudantes sobre reações de combustão da gasolina e do etanol, foi solicitado que eles criassem um modelo para explicar o funcionamento do catalisador automotivo. Cada grupo, para expressar o modelo criado, deveria desenhá-lo, bem como construir um modelo utilizando os materiais disponibilizados (Figura 1).

Figura 1 – Modelo inicial de catalisador construído pelos estudantes



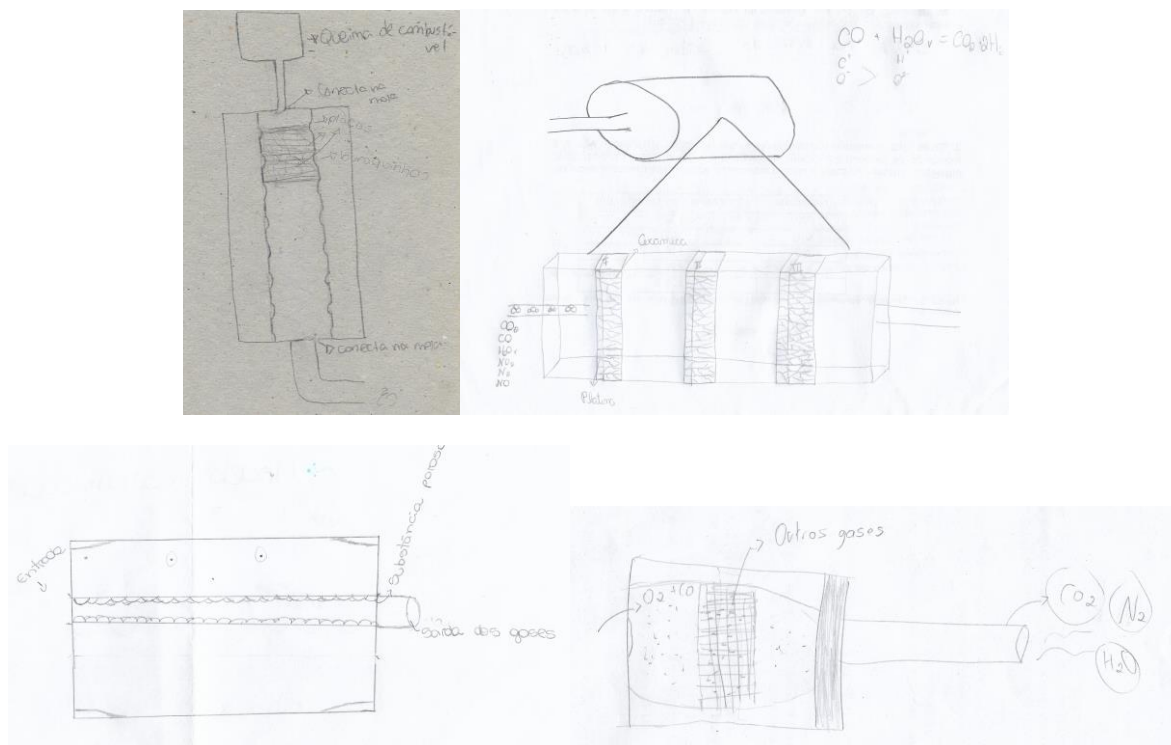
Fonte: Autores, 2025.

Após a criação e expressão, os grupos compartilharam com a turma as explicações sobre o funcionamento do catalisador automotivo a partir de seus modelos. De modo geral, os quatro grupos afirmaram que os gases liberados na combustão passavam pelo catalisador, sendo os poluentes adsorvidos enquanto os não poluentes passavam sem interferência, ou seja, o catalisador funcionaria como um filtro. Tal explicação já havia sido prevista na elaboração da atividade.

Na aula seguinte, foram apresentados três dados, para que os estudantes analisassem de maneira aplicada aos modelos que foram criados e expressos anteriormente, sendo eles: (i) catalisadores heterogêneos são constituídos de materiais com grande resistência térmica; (ii) área superficial e densidade de um catalisador; e (iii) tamanho aproximado das moléculas de gases convertidas no catalisador. Esses dados são referentes à etapa de teste dos modelos. A partir deles, os estudantes conseguiriam verificar se seus modelos atendiam ou não ao objetivo para o qual haviam sido propostos. Em seguida, realizou-se uma discussão coletiva, na qual eles chegaram à conclusão de que o catalisador deveria ser feito de um material poroso revestido por um metal, e que o processo não se tratava de uma filtração, mas sim de uma reação química resultante da adsorção dos gases na superfície metálica.

Após a discussão, os grupos reformularam seus modelos iniciais, dessa vez apresentando apenas desenhos (Figura 2). Os modelos revisados mostraram-se mais próximos do modelo cientificamente aceito para um catalisador automotivo.

Figura 2 – Modelos reformulados após os testes



Fonte: Autores, 2025.

A construção e reformulação dos modelos constituiu um rico processo de investigação, mas o objetivo final da atividade era compreender o que é e como funciona um catalisador automotivo. Para isso, na terceira aula foi realizada uma discussão visando a sistematização do conceito de catalisadores, com a apresentação de gráficos de energia de ativação de uma reação com e sem a presença de catalisador. Além da sistematização conceitual, foi estabelecido um modelo consensual de catalisador automotivo, para que todos os estudantes passassem a utilizar uma mesma representação a partir daquele momento.

A modelagem do catalisador automotivo pode ser considerada pautada na perspectiva de ensino investigativo, já que possibilita um grau 3 de liberdade intelectual (Carvalho, 2018). Isso porque, a responsabilidade do professor foi propor o problema e, em conjunto com os estudantes, levantar hipóteses, bem como analisar os resultados, porém o plano de trabalho e a resolução do problema foi responsabilidade dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A condução do processo de modelagem foi bem-sucedida. Ao final da vivência das atividades, os estudantes demonstraram domínio do conteúdo sobre catalisadores, o que pôde ser observado pelo bom desempenho nas avaliações realizadas poucas semanas após as aulas.

Mais do que o entendimento conceitual, foi possível observar o engajamento dos estudantes em uma abordagem de natureza investigativa em sua essência, segundo Carvalho (2018), conforme o grau de liberdade intelectual proporcionada aos estudantes, evidenciado pela curiosidade, imaginação, frustrações e diferentes caminhos percorridos por cada grupo nas etapas de criação, expressão e testes dos modelos, aspectos da prática científica que dificilmente seriam explorados em aulas tradicionais de Química.

Entretanto, a sequência de ensino foi desenvolvida em um contexto “ideal” para a adoção desse tipo de abordagem: número reduzido de estudantes, maior tempo de aula, infraestrutura adequada e recursos disponíveis. Quando se observa a realidade da maioria das escolas públicas brasileiras, torna-se difícil imaginar a aplicação dessa sequência de forma efetiva. Isso porque, mesmo no contexto em que ela foi aplicada, não foi possível desenvolvê-la por completo, ou seja, a terceira parte, que envolvia a avaliação da abrangência e das limitações do modelo consensual, aplicando-o em um contexto diferente daquele para o qual foi proposto, não foi desenvolvida. Contudo, devido ao fato de ser uma abordagem complexa e que, por isso, demanda um maior número de aulas, por exemplo, para perpassar pelas etapas de criação, expressão e testes foram necessárias nove aulas de 50 minutos, temos entendido que uma opção, para torná-la mais viável, seja não contemplar a etapa de avaliação. Talvez assim, o EFM seja uma abordagem mais adotada pelos professores e em diferentes contextos de ensino.

Para finalizar, resultados como os apresentados e discutidos, obtidos a partir do desenvolvimento de atividades como as descritas neste trabalho, evidenciam o potencial do uso do EFM para promover um ensino de Ciências que alcance os objetivos propostos por Hodson (1992), mas ainda demanda adaptações significativas, para além de não contemplar a etapa de avaliação, para ser viável em contextos escolares diferentes do qual este trabalho foi realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.
- GILBERT, J. K.; JUSTI, R. *Modelling-based teaching in science education*. Switzerland: Springer, 2016.
- HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- KNUUTTILA, T. *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. Helsinki: University of Helsinki, 2005.
- MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.