

<https://doi.org/10.56117/resbenq.2026.v7.e072625>

Análise do Uso do ChatGPT na elaboração de modelos e analogias para Equilíbrio Químico e Cinética Química

Analysis of the Use of ChatGPT in the Development of Models and Analogies for Chemical Equilibrium and Chemical Kinetics

Análisis del Uso de ChatGPT en la Elaboración de Modelos y Analogías para el Equilibrio Químico y la Cinética Química

João R. R. Tenório da Silva (joao.rtsilva@ufrpe.br)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
<https://orcid.org/0000-0001-9682-8889>

José Euzebio Simões Neto (euzebio.simoes@ufrpe.br)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
<https://orcid.org/0000-0002-5599-5047>

Tarsila da Silva Alves (tarsilaalves13@gmail.com)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
<https://orcid.org/0009-0002-6589-6859>

André Luiz Trindade de Melo (andre.ltmelo@ufrpe.br)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
<https://orcid.org/0009-0003-0447-7535>

Resumo

O uso de inteligências artificiais (IAs) generativas no contexto educacional tem ampliado as possibilidades de produção de recursos didáticos, ao mesmo tempo em que suscita debates sobre confiabilidade, limitações epistemológicas e mediação pedagógica. Neste artigo, analisamos as potencialidades e limitações do ChatGPT (versão GPT-4-turbo, gratuita) na elaboração de modelos de ensino e analogias para os conceitos de Equilíbrio Químico e Cinética Química, conteúdos centrais e reconhecidamente abstratos no ensino de Química. A pesquisa possui natureza



Este texto é licenciado pela Creative Commons Attribution 4.0 International License.

qualitativa, exploratória e experimental, envolvendo a interação de três usuários com diferentes históricos de utilização da ferramenta, a partir de uma sequência padronizada de prompts destinados à geração de imagens representacionais, gráficos e analogias. A análise dos dados foi conduzida sob uma perspectiva interpretativa, tendo como critérios os pressupostos teóricos sobre modelagem discutidos na fundamentação do estudo, considerando a qualidade conceitual das produções, a recorrência de erros e alucinações, as variações entre interações e o potencial pedagógico dos materiais gerados. Os resultados indicam que o ChatGPT apresentou melhor desempenho na produção textual, especialmente na elaboração de analogias, embora estas também reproduzam simplificações e limitações conceituais quando não submetidas à mediação docente. As imagens e os gráficos revelaram maior incidência de imprecisões conceituais, sobretudo na representação do caráter dinâmico do Equilíbrio Químico e de aspectos relacionados à Cinética Química. Os resultados também sugerem que o histórico de utilização da conta pode influenciar a qualidade das respostas em tarefas que demandam maior elaboração conceitual, embora esse efeito não tenha sido observado de maneira uniforme entre os diferentes tipos de representações produzidas. Concluímos que o ChatGPT pode constituir um recurso auxiliar para a elaboração inicial de modelos, gráficos e analogias, desde que seu uso seja acompanhado pelo refinamento dos prompts e pela mediação crítica do(a) professor(a).

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa. Modelos de Ensino. Ensino de Química.

Abstract

The use of generative artificial intelligence (AI) in educational contexts has expanded the possibilities for developing instructional resources while also raising debates regarding reliability, epistemological limitations, and pedagogical mediation. This study analyzes the potentialities and limitations of ChatGPT (GPT-4-turbo, free version) in generating instructional models and analogies for the concepts of Chemical Equilibrium and Chemical Kinetics, two central and widely recognized abstract topics in Chemistry education. The research adopted a qualitative, exploratory, and experimental design, involving the interaction of three users with different histories of platform use through a standardized sequence of prompts aimed at generating representational images, graphs, and analogies. Data were analyzed from an interpretative perspective, based on the theoretical framework of scientific modeling discussed in the study, considering the conceptual quality of the outputs, the recurrence of errors and hallucinations, variations across interactions, and the pedagogical potential of the generated materials. The results indicate that ChatGPT performed better in text generation, particularly in the production of analogies, although these frequently reproduced conceptual

simplifications and limitations when not critically mediated by teachers. In contrast, the generated images and graphs showed a higher incidence of conceptual inaccuracies, especially regarding the representation of the dynamic nature of Chemical Equilibrium and key aspects of Chemical Kinetics. The findings also suggest that the history of platform use may influence the quality of responses in tasks requiring greater conceptual elaboration, although this effect was not consistently observed across the different types of representations generated. We conclude that ChatGPT can serve as a valuable supporting tool for the initial development of instructional models, graphs, and analogies, provided that its use is accompanied by prompt refinement and critical teacher mediation.

Keywords: Generative Artificial Intelligence. Teaching Models. Chemistry Education

Resumen

El uso de la inteligencia artificial (IA) generativa en contextos educativos ha ampliado las posibilidades de producción de recursos didácticos, al tiempo que ha suscitado debates sobre su fiabilidad, sus limitaciones epistemológicas y la necesidad de mediación pedagógica. En este artículo se analizan las potencialidades y limitaciones de ChatGPT (versión GPT-4-turbo, gratuita) para la elaboración de modelos didácticos y analogías sobre los conceptos de Equilibrio Químico y Cinética Química, contenidos centrales y reconocidamente abstractos en la enseñanza de la Química. La investigación es de naturaleza cualitativa, exploratoria y experimental, e involucró la interacción de tres usuarios con diferentes historiales de uso de la plataforma, a partir de una secuencia estandarizada de prompts destinados a la generación de imágenes representacionales, gráficos y analogías. El análisis de los datos se llevó a cabo desde una perspectiva interpretativa, tomando como criterios el marco teórico sobre modelización científica presentado en el estudio, considerando la calidad conceptual de las producciones, la recurrencia de errores y alucinaciones, las variaciones entre interacciones y el potencial pedagógico de los materiales generados. Los resultados indican que ChatGPT mostró un mejor desempeño en la producción textual, especialmente en la elaboración de analogías, aunque estas también reprodujeron simplificaciones y limitaciones conceptuales cuando no fueron sometidas a una mediación docente crítica. Por su parte, las imágenes y los gráficos presentaron una mayor incidencia de imprecisiones conceptuales, especialmente en la representación del carácter dinámico del Equilibrio Químico y de aspectos relacionados con la Cinética Química. Los resultados también sugieren que el historial de uso de la cuenta puede influir en la calidad de las respuestas en tareas que requieren una mayor elaboración conceptual, aunque este efecto no se observó de manera uniforme en los diferentes tipos de representaciones generadas. Se concluye que ChatGPT puede constituir un recurso de apoyo para la elaboración inicial de modelos, gráficos y analogías, siempre

que su utilización esté acompañada del refinamiento de los prompts y de la mediación crítica del profesorado.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa. Modelos de Enseñanza. Enseñanza de la Química.

Introdução

No ensino de Química, a utilização de modelos de ensino é relevante devido ao caráter abstrato de muitos conceitos, como aqueles relacionados ao equilíbrio e à cinética química. Estudos indicam que abordagens baseadas em modelagem contribuem para a visualização de processos não observáveis e para a superação de concepções informais/alternativas, promovendo aprendizagens mais efetivas (Justi & Gilbert, 2002; Maia & Justi, 2009). Nesse contexto, a produção de modelos de ensino, envolvendo imagens, gráficos, analogias e representações simbólicas, tem sido amplamente investigada, evidenciando o potencial para ampliar a compreensão conceitual de fenômenos químicos dinâmicos.

Recentemente, o avanço das tecnologias digitais e o surgimento das inteligências artificiais (IAs) generativas têm ampliado as possibilidades de elaboração e análise de modelos de ensino. Diferente de sistemas tradicionais de IA, essas tecnologias são capazes de gerar textos, imagens e outras representações a partir de grandes conjuntos de dados (Goodfellow et al., 2014), o que pode contribuir para a criação de explicações e analogias em contextos educacionais. Contudo, esse potencial vem acompanhado de desafios, especialmente no que se refere à fidelidade científica das informações produzidas e à necessidade de mediação docente.

Diante disso, o presente artigo levanta o questionamento: Em que medida os modelos de ensino, gráficos e analogias produzidos pela IA generativa ChatGPT para os conceitos de Equilíbrio Químico e Cinética Química apresentam qualidade conceitual suficiente para sua utilização em contextos de ensino? Para responder tal questão, este trabalho tem como objetivo analisar o uso do ChatGPT (GPT-4-turbo, versão gratuita) na elaboração de modelos e analogias para os conceitos de Equilíbrio Químico e Cinética Química, avaliando a qualidade das representações geradas e suas implicações pedagógicas.

Fundamentação Teórica

No contexto escolar modelos de ensino se diferenciam daqueles utilizados na produção do conhecimento científico e assumem papel importante no ensino de Química. Conceitos como Equilíbrio Químico e Cinética Química, por exemplo, demandam, representações que articulem níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, de forma a favorecer a superação de obstáculos à aprendizagem e de concepções informais/alternativas (Justi & Gilbert, 2002).

Em relação à Cinética Química, alguns estudos indicam que, em razão de sua elevada abstração, ela é frequentemente ensinada por meio de práticas transmissão de informações e excesso de formalismo matemático, os quais favorecem a memorização e dificultam a integração conceitual com outros tópicos da Química (Tomé et al., 2021). Além disso, Martorano (2012) mostra que, embora os estudantes consigam utilizar modelos simples para explicar alguns fatores que influenciam a velocidade das reações, como a concentração, surgem dificuldades conceituais quando esses mesmos modelos são aplicados a outros fatores, como a temperatura, evidenciando limitações no uso acrítico de analogias. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento criterioso de modelos de ensino baseados, por exemplo, em analogias, com explicitação de seus limites e potencialidades, de modo a favorecer comparações adequadas entre o domínio análogo¹ e o conceito científico (Duarte, 2005).

Já no ensino de Equilíbrio Químico, os modelos de ensino e as analogias também desempenham papel relevante na compreensão do caráter dinâmico dos sistemas químicos. Embora analogias intuitivas, como a da balança, sejam recorrentes, elas podem reforçar concepções equivocadas ao sugerirem imobilidade, em contraste com a definição científica do equilíbrio como um estado dinâmico, no qual reações diretas e inversas ocorrem simultaneamente com velocidades iguais (Atkins & de Paula, 2010). Analogias que evidenciam o dinamismo podem ampliar a compreensão conceitual, mas, se não mediadas adequadamente, podem induzir generalizações indevidas (Duarte, 2005).

¹ De acordo com Duarte (2005), ao discutir as características dos modelos e analogias, a autora define uma analogia como uma comparação entre dois domínios: um conhecido e outro desconhecido. O domínio conhecido é chamado de domínio análogo já o desconhecido é chamado de domínio alvo.

Inteligência Artificial Generativa e o ChatGPT

A noção de IA generativa evoluiu ao longo de várias décadas de pesquisa em aprendizado de máquina. Um dos primeiros avanços práticos em modelos explicitamente capazes de gerar dados novos foi a introdução das Redes Generativas Adversariais (GANs) por Goodfellow et al. (2014), que representaram um passo decisivo para a geração de imagens realistas e variados tipos de mídia por IA.

Uma das IAs generativas mais populares é o ChatGPT, que é uma ferramenta desenvolvida pela OpenAI, baseada em modelos de linguagem de grande escala (Large Language Models – LLMs). Disponibilizado publicamente em 30 de novembro de 2022, inicialmente como uma versão de pesquisa baseada no modelo GPT-3.5, o sistema foi desenvolvido para estabelecer interações conversacionais e realizar diferentes tarefas a partir das solicitações dos usuários (Laskar *et al.*, 2023).

O ChatGPT em Sala de Aula

A emergência de tecnologias de inteligência artificial generativa pode representar uma mudança significativa no cenário educacional. Tal mudança é fomentada pelo livre e fácil acesso a essas ferramentas, fazendo com que professores e estudantes cada vez mais as explorem, para demandas do dia a dia ou questões escolares/acadêmicas.

Além disso, a própria lógica de funcionamento dos modelos generativos, baseados em probabilidades de sequência e não em validação científica (Goodfellow et al., 2020), implica que respostas aparentemente coerentes podem ocultar imprecisões conceituais, especialmente em áreas como Química, em que níveis de representação e precisão terminológica são determinantes (Leite, 2023; 2024). Isso ocorre porque o ChatGPT é um modelo de linguagem que prioriza a fluidez do texto em vez da veracidade de informações. Assim, embora possa ser utilizado como ferramenta de apoio para a elaboração inicial de modelos, explicações ou materiais didáticos, sua adoção requer validação rigorosa por parte do professor e alinhamento a objetivos pedagógicos específicos.

Metodologia

A pesquisa se caracteriza como qualitativa, de natureza exploratória e delineamento experimental (Raupp & Beuren, 2006). O caráter exploratório decorre da recente utilização de modelos de linguagem generativa na elaboração de propostas didáticas, visando ampliar a compreensão desse fenômeno. O delineamento experimental consistiu na aplicação de *prompts* previamente definidos e padronizados, permitindo comparar as respostas geradas pela ferramenta. Os modelos de ensino produzidos constituíram o *corpus* da pesquisa e foram submetidos à análise interpretativa. Destacamos que o foco da investigação não são os usuários do ChatGPT, mas a própria ferramenta, analisada por meio de contas selecionadas para a realização da pesquisa.

Coleta de Dados

A coleta de dados foi organizada a partir das seguintes etapas foram executadas:

1) Seleção das contas de usuários:

- Usuário 1: conta de usuário sem utilização prévia, na qual foi trabalhado o conceito de Equilíbrio Químico;
- Usuário 2: conta de usuário sem utilização prévia, na qual foi trabalhado o conceito de Cinética Química;
- Usuário 3: conta de usuário utilizada constantemente para demandas pessoais e acadêmicas, na qual foram trabalhados ambos os conceitos.

A utilização de três contas distintas objetivou comparar diferentes condições de interação com o ChatGPT. Buscamos analisar se a aprendizagem progressiva do modelo de linguagem, decorrente das interações acumuladas na conta, poderia repercutir na elaboração de modelos de ensino mais consistentes do ponto de vista conceitual.

2) Sequência de *prompts*: As três contas foram manipuladas pelos membros do grupo de pesquisa e autores deste artigo, mediante *prompts* curtos, diretos e estruturalmente semelhantes. Essa estratégia buscou minimizar a influência da complexidade ou do detalhamento dos comandos e reduzir possíveis variáveis

intervenientes, de modo que as diferenças nas respostas fossem atribuídas, preferencialmente, às condições estabelecidas:

Prompt A: “Faça uma imagem representacional para o conceito de _____”;

Prompt B: “Faça um gráfico que represente um fenômeno relacionado a _____”;

Prompt C: “Elabore uma analogia para explicação do conceito de _____”.

3) Periodicidade das interações:

- Os Usuários 1 e 2 repetiram a mesma sequência de *prompts* após sete dias, para verificar se as respostas anteriores influenciariam as interações subsequentes;
- O Usuário 3 realizou a sequência de *prompts* uma única vez. Por ser uma conta de usuário com histórico frequente de uso acadêmico, buscamos verificar se o uso prolongado da plataforma influenciaria a qualidade conceitual das respostas.

Análise de Dados

A análise dos dados foi conduzida com base em uma perspectiva interpretativa, compreendida como um processo de atribuição de significados aos dados a partir da interação entre o pesquisador (Eatough & Smith, 2017). Para isso, definimos três eixos analíticos, os quais são descritos a seguir:

- 1) **Erros conceituais e alucinações**² – identificação de erros conceituais e alucinações produzidos pelo ChatGPT nas diferentes interações, que geram limitações nos modelos, conformem apontam Carobin e Serrano (2007), Justi e Gilbert (2002), Justi (2006) e Mozzer & Justi, 2018). Esses erros conceituais também foram analisados a partir da comparação com visões científicas dos conceitos, abordadas em livros de físico-química, tais como Atkins e de Paula (2010) e Bastos *et al.* (2011);

² De acordo com Alansari e Luqman (2026) no contexto das IAs generativas, a alucinação se refere à geração, por um modelo de linguagem, de conteúdo fluente e sintaticamente correto, mas factualmente incorreto ou sem respaldo em evidências externas.

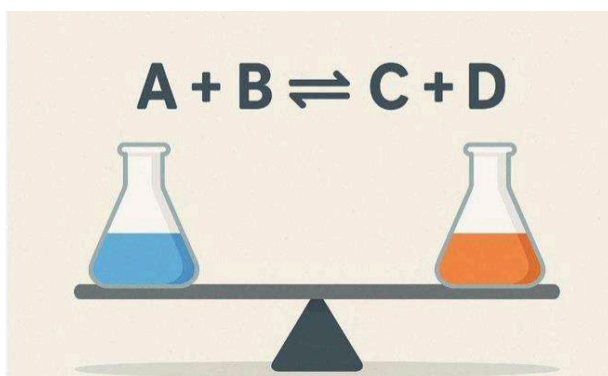
- 2) **Potencial de uso em sala de aula:** análise de como os modelos de ensino gerados poderiam ser aproveitados em sala de aula, a partir da mediação do(a) professor(a), conforme apontam Leite (2023, 2024) e Kasneci et al. (2023);
- 3) **Aprendizagem do modelo de linguagem do ChatGPT:** este eixo foi utilizado na análise da segunda interação dos Usuários 1 e 2 e na interação única do Usuário 3. O objetivo foi verificar de eventuais aperfeiçoamentos ou repetições nas respostas do ChatGPT nas utilizações subsequentes, como apontam Goodfellow et al. (2014; 2020).

Resultados e Discussão

Usuário 1: modelos de ensino para Equilíbrio Químico – primeira interação

Prompt A: Faça uma imagem representacional para o conceito de Equilíbrio Químico. Para o *prompt* A, o ChatGPT apresentou ao Usuário 1 a resposta apresentada na imagem da Figura 1.

Figura 1 – Resposta Do Chatgpt Ao Prompt A, Usuário 1, Primeira Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

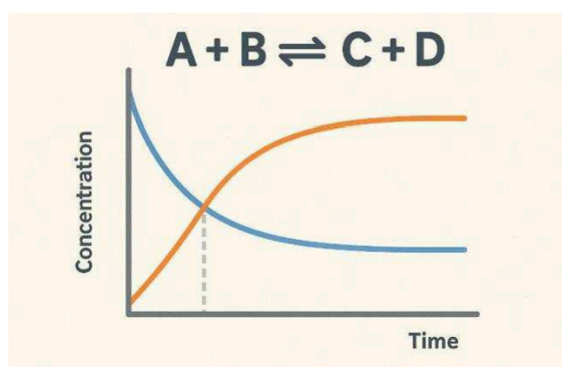
Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

A ideia de equilíbrio apresentada pelo ChatGPT na Figura 1 aponta para um equilíbrio estático, recorrente em livros didáticos. Essa representação, usualmente associada a analogias visuais fixas (como balanças imobilizadas ou recipientes sem

interação entre partículas), privilegia apenas o nível macroscópico ou, seja, o da constância observável das concentrações, negligenciando a dinâmica molecular do sistema. Como resultado, estudantes tendem a interpretar o equilíbrio como ausência de transformação, reforçando concepções informais/alternativas descritas na literatura (Carobin & Serrano, 2007). Tal resultado sugere que a qualidade das respostas produzidas pelo ChatGPT pode ser influenciada pelo contexto disponível durante a interação e pelo histórico de utilização da ferramenta, neste caso, inexistente, por ser uma conta de usuário sem utilização prévia da ferramenta.

Prompt B: Faça um gráfico que represente um fenômeno relacionado ao Equilíbrio Químico. Para o *prompt* B, o ChatGPT apresentou a seguinte resposta ao Usuário 1 (Figura 2):

Figura 2 – Resposta Do Chatgpt Ao Prompt B , Usuário 1 ,Primeira Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

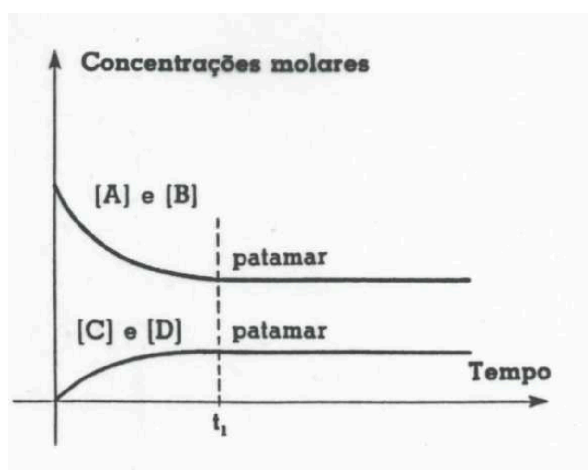
Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

Um aspecto que merece destaque na Figura 2 é que o gráfico foi gerado com os eixos identificados em inglês ("time" e "concentration", e não "tempo" e "concentração"), apesar de o *prompt* ter sido integralmente formulado em português. Essa inconsistência linguística evidencia uma limitação da resposta produzida, uma vez que o idioma da representação não corresponde ao da solicitação do usuário. Em contextos educacionais, esse tipo de ocorrência pode comprometer a adequação

didática do material gerado, exigindo revisão e adaptação pelo professor antes de sua utilização em sala de aula.

O gráfico possui inconsistências conceituais. A primeira que podemos destacar são as cores das linhas que representam as concentrações. Não é possível saber qual linha representa os produtos ou reagentes. Essa informação seria importante, além do vínculo dela com a equação apresentada no topo da imagem. Ainda, a linha tracejada na Figura 2, que indica o ponto que o sistema atingiu o Equilíbrio Químico, está posicionada em local inadequado: deveria estar posicionada quando as concentrações de reagentes e produtos estivessem constantes ao longo do tempo, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Gráfico Representando Um Sistema Em Equilíbrio Químico



Fonte: Bastos et al. (2011, p. 182)

Prompt C: Elabore uma analogia para explicação do conceito de Equilíbrio Químico. Para o *Prompt C*, o qual solicitava uma analogia, o ChatGPT gerou o texto apresentado a seguir:

Imagine que o equilíbrio químico é como uma balança com duas crianças brincando em lados opostos.

No início, uma criança (os reagentes) pesa mais e faz o lado dela descer, enquanto a outra (os produtos) está no ar. Com o tempo, as duas começam a se mover — uma sobe, a outra desce — até que encontram uma posição em que

nenhuma das duas se move mais, embora as duas ainda estejam ativas, ajustando-se levemente.

Assim como na reação química, as velocidades direta e inversa ficam iguais, e o “peso” (as concentrações) se mantém constante (ChatGPT versão GPT-4-turbo).

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

A analogia apresentada após o comando do *Prompt C* é limitada em alguns aspectos semelhantes àqueles apontados na discussão do *Prompt A*. Ela relaciona o Equilíbrio Químico a uma balança, reforçando concepções informais/alternativas, como a noção de equilíbrio estático (Carobin & Serrano, 2007). Assim, esse tipo de resposta demanda a mediação do(a) professor(a) antes de sua utilização em contexto educacional. Uma possibilidade é refinar o *prompt* por meio de novas interações, explicitando as limitações da analogia inicialmente produzida e solicitando uma representação mais coerente com a noção de equilíbrio dinâmico, estratégia que, como discute Leite (2024), tende a favorecer a obtenção de respostas mais adequadas. Outra possibilidade é utilizar a analogia em sua forma original como objeto de análise em sala de aula, incentivando os estudantes a identificar suas limitações e imprecisões conceituais durante a discussão do conceito de Equilíbrio Químico.

Usuário 1: modelos de ensino para Equilíbrio Químico – segunda interação (sete dias depois)

Na Figura 4 e na transcrição apresentada a seguir, reunimos as três respostas fornecidas pelo ChatGPT aos três *prompts* do Usuário 1, sete dias após a primeira interação.

Figura 4 – Resposta Do ChatGPT Aos Prompts A e B, Usuário 1, Segunda Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

Pense no equilíbrio químico como um balanço de vai e vem em um parque. Imagine duas crianças em uma gangorra: uma representa os reagentes e a outra, os produtos. No começo, uma criança (os reagentes) está no alto, e a outra (os produtos) está embaixo — indicando que há mais reagentes do que produtos. Com o tempo, elas começam a se mover: a que está no alto desce enquanto a outra sobe, até que a gangorra fica equilibrada. Nesse ponto, as duas ainda se movimentam um pouco, mas o centro da gangorra não muda de posição — o que mostra que as reações direta e inversa estão acontecendo ao mesmo tempo e na mesma velocidade. Assim como a gangorra em equilíbrio, o sistema químico também mantém suas concentrações constantes, mesmo com as reações continuando a ocorrer. (Resposta ao *prompt C* – Usuário 1 – sete dias depois - ChatGPT versão GPT-4-turbo).

Aprendizagem do modelo de linguagem do ChatGPT

Em relação ao *Prompt A*, embora tenham sido modificados alguns elementos gráficos da representação, a ideia central de associar o Equilíbrio Químico ao equilíbrio entre pesos em uma balança foi mantida. Essa permanência reforça as limitações conceituais anteriormente discutidas (Justi, 2006), indicando que as alterações observadas foram predominantemente estéticas, sem promover avanços na representação do conceito de equilíbrio dinâmico.

No *Prompt B*, por sua vez, verificamos que os elementos textuais do gráfico passaram a ser apresentados em português, diferente da resposta anterior. Essa mudança pode constituir um indício de que o histórico de interações da conta influenciou aspectos formais da resposta produzida (Goodfellow *et al.* (2020).

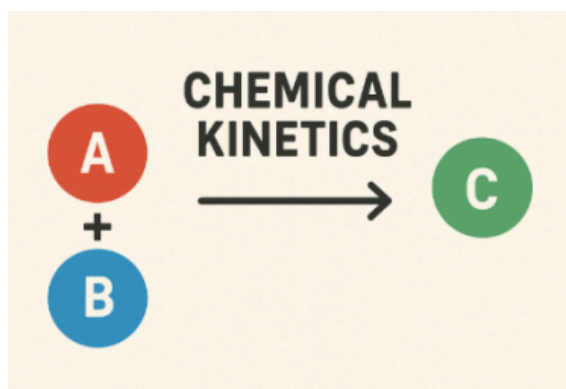
Entretanto, esse possível aperfeiçoamento não foi acompanhado de maior precisão conceitual, uma vez que o gráfico manteve o equívoco ao indicar, por meio da linha tracejada, um ponto incorreto para a representação do momento em que o Equilíbrio Químico é atingido.

Por fim, no *Prompt C*, embora a analogia tenha sido apresentada com uma estrutura narrativa distinta, o modelo analógico permaneceu essencialmente o mesmo, retomando a comparação com crianças em uma gangorra ou balança. Assim, observamos que, apesar das variações na forma de apresentação das respostas, os problemas conceituais permaneceram praticamente inalterados, sugerindo que eventuais efeitos do histórico de interação da conta (depois de sete dias) se manifestaram mais na organização e na apresentação das respostas do que na qualidade dos modelos científicos produzidos.

Usuário 2: modelos de ensino para Cinética Química – primeira interação

Prompt A: Faça uma imagem representacional para o conceito de Cinética Química. Para a conta de Usuário 2, no *Prompt A*, o Chat GPT elaborou a imagem apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Resposta Do ChatGPT Ao Prompt A, Usuário 2, Primeira Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

A representação na Figura 5 reduz o fenômeno cinético a um simples esquema estequiométrico do tipo $A + B \rightarrow C$, sugerindo que o foco da cinética reside apenas nos participantes globais da reação, quando, na realidade, sua ênfase recai sobre os mecanismos reacionais, etapas elementares e fatores que influenciam a velocidade (Atkins & De Paula, 2010). Tal simplificação pode passar a equivocada ideia de que a reação ocorre em um único passo, ignorando a existência de intermediários, estados de transição e sequências multietapas, elementos fundamentais na compreensão de processos reacionais reais (Bastos et al., 2011).

Outro problema diz respeito à ausência de aspectos energéticos. A imagem sugere um processo direto e espontâneo, sem considerar a energia de ativação, o estado de transição ou o perfil energético da reação, o que pode reforçar a concepção informal/alternativa de que basta haver colisão para que ocorra reação (Justi, 2002). Como demonstrado nos modelos de colisão e estado de transição, apenas colisões eficazes, isto é, com energia suficiente e orientação adequada, podem resultar na formação de produtos (Atkins & de Paula, 2010). A representação, ao omitir tais elementos, falha em comunicar o caráter probabilístico e condicionado das transformações químicas.

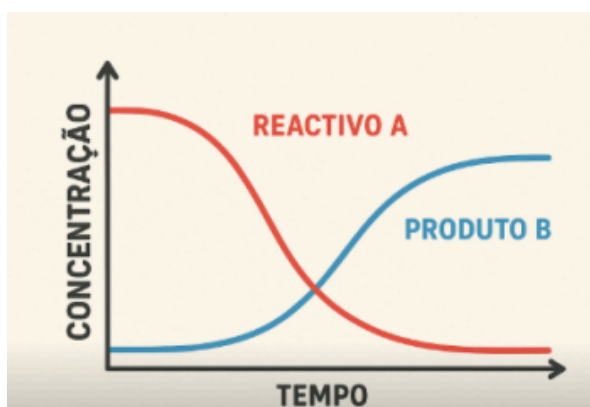
Do ponto de vista educacional, o uso de círculos coloridos com letras também simplifica excessivamente as entidades químicas, reduzindo moléculas complexas a esferas abstratas que parecem se combinar mecanicamente, ponto também observado nos modelos sobre Equilíbrio Químico. Esse tipo de representação, embora útil em algumas situações, pode reforçar concepções inadequadas, como o formato e cores de partículas e subpartículas.

Mais uma vez, todas essas limitações na representação gerada podem estar relacionadas à ausência de histórico prévio de interações na conta utilizada, fazendo com que o ChatGPT produza respostas mais próximas de representações amplamente difundidas, as quais nem sempre apresentam rigor conceitual. Como consequência, erros frequentes em materiais instrucionais também podem ser reproduzidos pela ferramenta. Esses resultados reforçam que, diante de comandos simples e diretos, as respostas produzidas nem sempre são suficientes para o uso didático imediato,

demandando o refinamento dos *prompts* (Leite, 2024) e a mediação do(a) professor(a) para a obtenção de representações mais adequadas aos objetivos de ensino.

Prompt B: Faça um gráfico que represente um fenômeno relacionado a Cinética Química. Para o *Prompt B*, o Usuário 2 gerou o gráfico apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Resposta do ChatGPT ao Prompt B, Usuário 2, Primeira Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

O gráfico apresentado na Figura 6 representa uma curva decrescente para o reagente A e uma crescente para o produto B, e apresenta certas limitações conceituais. Assim como observado nos gráficos referentes ao Equilíbrio Químico, também são identificadas inconsistências linguísticas, como a utilização do termo "reactivo" em lugar de "reagente", indicando que a resposta incorpora elementos de outros idiomas, mesmo quando o *prompt* foi elaborado em português, tal qual aconteceu com o Usuário 1.

Do ponto de vista conceitual, a representação sugere que toda reação química consiste na conversão direta e completa de um único reagente em um único produto. A redução da concentração do reagente A até zero, acompanhada pelo aumento contínuo da concentração do produto B até um patamar máximo, reforça uma interpretação determinística e totalizante da transformação química (Atkins & de Paula, 2010). Entretanto, essa representação corresponde apenas a uma situação bastante específica

e desconsidera que muitas reações não apresentam consumo completo dos reagentes, seja em razão do estabelecimento de equilíbrios químicos, de limitações termodinâmicas ou da ocorrência de reações paralelas e formação de subprodutos (Atkins & de Paula, 2010).

Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que, diante de um *prompt* simples e pouco específico, o ChatGPT tende a gerar representações genéricas e amplamente difundidas para ilustrar conceitos científicos, como também foi observado nos dados do Usuário 1. Embora essas representações possam facilitar uma compreensão inicial do fenômeno, frequentemente incorporam simplificações que reduzem a complexidade conceitual do processo químico. Assim, a resposta produzida evidencia que a utilização de comandos simples, adotados deliberadamente neste estudo para minimizar a influência da engenharia de *prompts*, nem sempre conduz à elaboração de modelos cientificamente consistentes, tornando necessária a mediação do(a) professor(a) por meio do refinamento dos *prompts* ou da problematização das limitações presentes na representação gerada.

Por fim, a ausência de escalas numéricas e de parâmetros cinéticos, como velocidade inicial, ordem de reação e constante de velocidade, limita o potencial explicativo do gráfico, reduzindo-o a uma representação essencialmente qualitativa. À luz da literatura sobre modelagem científica, representações dessa natureza tendem a cumprir apenas uma função ilustrativa, sem favorecer a construção de modelos explicativos mais robustos acerca dos fenômenos químicos (Justi, 2002).

Prompt C: Elabore uma analogia para explicação do conceito de Cinética Química. Para o *Prompt C*, que solicitava a elaboração de uma analogia, o ChatGPT gerou o texto apresentado a seguir:

Uma boa analogia para explicar cinética química é a de corrida de carros:
Imagine que várias corridas acontecem entre diferentes tipos de carros (as reações químicas). Cada corrida representa a transformação dos reagentes em produtos.
Os carros são as moléculas reagentes.
A linha de chegada representa os produtos formados.
A velocidade dos carros simboliza a velocidade da reação.
A pista é o meio onde ocorre a reação (solução, gás, etc.).
O motor e o combustível representam a energia de ativação, necessária para “ligar” o processo.

Um mecânico que melhora o motor representa o catalisador, que ajuda os carros (moléculas) a chegarem mais rápido, sem mudar o ponto de chegada. Assim, a cinética química estuda como e por que algumas “corridas químicas” são rápidas e outras lentas, e o que pode ser feito para alterar essa velocidade, como mudar a temperatura, a concentração ou usar catalisadores. (ChatGPT versão GPT-4-turbo).

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

A analogia da corrida de carros pode ser útil como ponto de partida para introduzir conceitos básicos de Cinética Química, pois ajuda estudantes a visualizar diferenças de velocidade entre reações, a função do meio reacional e o papel dos catalisadores (Atkins & de Paula, 2010). Elementos como a pista representar o meio, o mecânico simbolizar o catalisador e os carros corresponderem às moléculas tornam o fenômeno mais concreto, alinhando-se à literatura que destaca o valor pedagógico das analogias para aproximar conceitos abstratos da experiência cotidiana (Justi, 2002). Porém, embora facilite a compreensão inicial, a analogia incorpora pressupostos lineares e determinísticos, como carros que avançam individualmente até a linha de chegada, que não correspondem à natureza probabilística das reações químicas, dependentes de colisões eficazes, orientações específicas e distribuição estatística de energias.

Outras limitações relevantes são: a falsa impressão de que moléculas “correm” sozinhas, a interpretação equivocada da energia de ativação como “motor interno”, a representação do catalisador como alguém que melhora moléculas e a ausência de correspondência adequada para conceitos como equilíbrio dinâmico e reversibilidade – concepções informais/alternativas já discutidas na literatura (Justi, 2002). Além disso, fatores como temperatura e concentração não se traduzem plenamente em elementos da analogia, podendo reforçar concepções informais/alternativas.

Isso significa que, ao utilizar esse tipo de analogia em aula, a mediação docente deve favorecer a problematização de suas limitações, possibilitando que os estudantes as identifiquem e as discutam criticamente. Esse processo é fundamental para evitar interpretações equivocadas dos conceitos químicos e reduzir a possibilidade de que

tais simplificações sejam obstáculos à aprendizagem, conforme recomendado por pesquisas em educação em ciências (Mozzer & Justi, 2018).

Usuário 2: modelos de ensino para Cinética Química – segunda interação (sete dias depois)

Na Figura 7 e na transcrição apresentada a seguir, reunimos as três respostas fornecidas pelo ChatGPT aos três prompts do Usuário 2, sete dias após a primeira interação.

Figura 7 – Resposta Do ChatGPT Aos Prompts A e B, Usuário 2, Segunda Interação



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

Uma boa analogia para explicar cinética química é a do trânsito em uma estrada: Imagine que os reagentes são os carros saindo de uma cidade e os produtos são os carros chegando a outra cidade. A cinética química estuda a velocidade com que os carros (reagentes) chegam ao destino (produtos). Agora pense nos fatores que afetam o trânsito: Temperatura é como a velocidade permitida na estrada — quanto maior, mais rápido os carros chegam. Concentração é como a quantidade de carros — mais carros tentando sair ao mesmo tempo aumentam as chances de chegarem logo (mais colisões entre moléculas). Catalisador é como abrir uma nova pista — os carros ainda percorrem o mesmo trajeto, mas com menos congestionamento (reduz a energia de ativação). Superfície de contato é como a largura da estrada — uma estrada mais larga (maior área de contato) permite que mais carros passem simultaneamente. Assim, a cinética química é como estudar o que faz o trânsito das reações andar mais rápido ou mais devagar (Resposta ao *prompt C* – Usuário 2 – sete dias depois - ChatGPT versão GPT-4-turbo).

Aprendizagem do modelo de linguagem do ChatGPT

Assim como nos comandos do Usuário 1, o Chat GPT, na segunda interação do Usuário 2, gerou modelos semelhantes, com alterações pontuais, que já seriam esperadas, pois tínhamos observado que eventuais efeitos do histórico de interação da conta (depois de sete dias) se manifestariam mais na organização e na apresentação das respostas do que na qualidade dos modelos científicos produzidos.

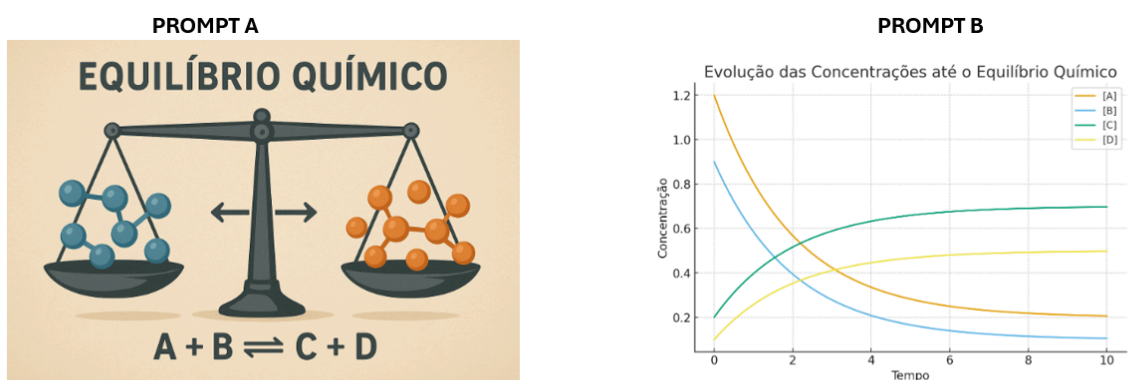
Em relação ao *Prompt A*, os elementos gráficos da primeira interação foram substituídos por representações de moléculas e um meio reacional, em um Erlenmeyer. Porém, o modelo ainda foi deveras genérico, como o anterior, sem nada que remeta ao conteúdo de Cinética Química. O gráfico gerado a partir do *Prompt B* possui uma série de limitações e imprecisões conceituais. A concentração aumentando ao longo do tempo não faz sentido do ponto de vista da cinética, sendo, possivelmente, uma tentativa de mostrar a formação de produtos. A linha tracejada não indica nada, também não fazendo sentido no gráfico. Consideramos que, para os *Prompts A e B*, na segunda interação, seria necessária uma intervenção importante do ponto de vista conceitual, em sala de aula, para melhorar as representações a partir do objetivo didático. Essa intervenção pode ocorrer de diferentes formas. Uma delas é o refinamento progressivo dos prompts, fornecendo instruções mais específicas ao ChatGPT, para explorar a relação entre a qualidade do prompt e da resposta gerada. Outra possibilidade é utilizar a representação produzida pela IA como objeto de discussão em sala de aula, cabendo ao(a) professor(a) problematizar suas limitações conceituais e conduzir os estudantes à construção de modelos cientificamente mais consistentes.

Não houve indícios de que o modelo de linguagem melhorou entre a primeira e segunda interações. Já no *Prompt C*, como na primeira interação, consideramos a analogia válida para ser usada e discutida em sala de aula, desde que suas limitações também sejam colocadas em pauta, conforme apontado anteriormente. A ideia central de comparar um meio reacional com carros em uma pista se manteve, mudando apenas o contexto em que os carros estão e substituição de elementos, como as representações do catalizador e a superfície de contato.

Usuário 3: modelos de ensino para Cinética Química e Equilíbrio Químico (interação única)

Modelos para Equilíbrio Químico gerados pelo Usuário 3. Na Figura 8 e na transcrição logo abaixo, apresentamos os modelos para Equilíbrio Químico gerados para a sequência dos três *prompts*. Para o *Prompt A*, temos a geração de um modelo bastante semelhante esteticamente às imagens geradas para o Usuário 1. Já para os *Prompts B* e *C* os modelos gerados foram mais sofisticados do ponto de vista conceitual da Química, em relação aos fornecidos nas interações do Usuário 1.

Figura 8 – Resposta do ChatGPT Aos Prompts A e B, Usuário 3, Equilíbrio Químico



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

O equilíbrio químico pode ser compreendido por meio da analogia das duas portas de um shopping.

Imagine um shopping com uma porta de entrada e uma porta de saída. No início do dia, quase todas as pessoas estão do lado de fora, de modo que muitas entram e poucas saem. Essa situação corresponde ao início de uma reação química, quando os reagentes são consumidos rapidamente e os produtos começam a se formar.

Com o passar do tempo, o shopping vai enchendo e passa a haver movimento nos dois sentidos: ainda entram pessoas, mas também saem aquelas que já terminaram suas atividades. As taxas de entrada e saída começam então a se aproximar.

Finalmente, chega um momento em que, embora pessoas continuem entrando e saindo continuamente, o número total de pessoas dentro do shopping permanece constante. Isso ocorre porque, em um mesmo intervalo de tempo, entram tantas pessoas quanto saem.

Essa situação ilustra o equilíbrio químico: um estado dinâmico no qual as velocidades da reação direta e da reação inversa se igualam, fazendo com que as concentrações de reagentes e produtos se mantenham constantes, apesar de o sistema continuar em atividade (Resposta ao *prompt C* – Usuário 3 - ChatGPT versão GPT-4-turbo)

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

Na Figura 8, a imagem do *Prompt A* utiliza uma balança para representar o Equilíbrio Químico, com partículas representadas de forma genérica nos pratos. Assim como ocorreu com o Usuário 1, a imagem gerada é problemática, um possível reforço a concepções informais/alternativas que relacionam o equilíbrio químico a algo estático. A balança sugere erroneamente que o equilíbrio químico é estático, baseado em igualdade de massas ou quantidades visíveis, quando, na realidade, é um processo dinâmico, como já apontado anteriormente. Ainda, a disposição das partículas em cores e tamanhos diferentes pode induzir a interpretação de que reagentes e produtos permanecem separados ou distribuídos de forma fixa, reforçando a noção equivocada de que, ao atingir o equilíbrio, a reação “para” ou “se estabiliza fisicamente” (Carobin & Serrano, 2007).

Aprendizagem do modelo de linguagem do ChatGPT

Embora a conta do Usuário 3 apresentasse um histórico frequente de utilização, esse fator não foi suficiente para modificar a representação gerada pelo *Prompt A*, que manteve a associação entre o Equilíbrio Químico e uma balança observada nas respostas do Usuário 1. Esse resultado sugere que determinadas representações visuais amplamente difundidas para alguns conceitos científicos podem constituir padrões particularmente estáveis nas respostas do ChatGPT, mesmo quando há diferenças no histórico de utilização da plataforma. Nesse caso, a simplicidade e a baixa especificidade do *prompt* parecem favorecer a reprodução de uma representação convencional, indicando que o histórico de interação da conta, isoladamente, não é suficiente para produzir modelos conceitualmente mais adequados.

Diferentemente do observado no *Prompt A*, os resultados obtidos para os *Prompts B e C* indicam que o histórico de utilização da conta pode ter exercido maior

influência em tarefas que demandam uma elaboração conceitual mais complexa, como a construção de gráficos e analogias, o que é esperado de uma IA generativa (Goodfellow et al., 2014). Nessas situações, verificamos melhoria na qualidade das respostas em relação às obtidas pelo Usuário 1, embora persistam limitações conceituais que requerem mediação docente.

O gráfico gerado a partir do *Prompt B*, por exemplo, apresenta a evolução temporal das concentrações das espécies envolvidas até o estabelecimento do equilíbrio químico. Essa forma de representação é considerada mais adequada cientificamente, pois evidencia o caráter dinâmico do equilíbrio: as concentrações variam inicialmente e, após determinado tempo, tornam-se constantes, indicando velocidades iguais das reações opostas. Esse gráfico é diferente daqueles gerados nas duas interações do Usuário 1 com o ChatGPT. Além do gráfico, apresentado na Figura 8, o ChatGPT ainda complementou com uma explicação:

Aqui está o gráfico representando a evolução das concentrações de reagentes e produtos até atingir o Equilíbrio Químico. Ele mostra um fenômeno típico: reagentes diminuem com o tempo enquanto produtos aumentam, até que todos se estabilizam — caracterizando o equilíbrio dinâmico.

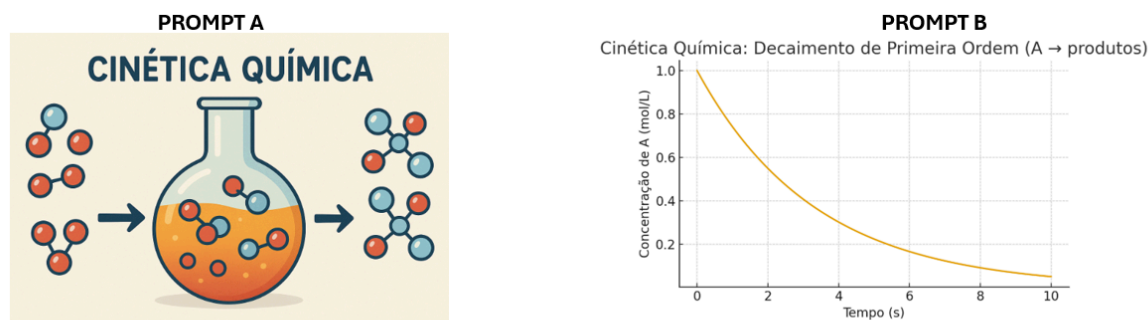
Uma possível limitação pode se referir à ausência de indicação do momento em que as concentrações se estabilizam, caracterizando o estabelecimento do Equilíbrio Químico. Essa limitação pode ser superada por meio do refinamento dos *prompts* (Leite, 2024), solicitando explicitamente ao ChatGPT a inclusão desse elemento na representação. Alternativamente, a própria representação pode ser utilizada como objeto de discussão em sala de aula, cabendo ao(a) professor(a) problematizar essa ausência e promover a reflexão dos estudantes sobre sua importância para a compreensão do conceito de Equilíbrio Químico.

Já a analogia gerada a partir do *Prompt C*, na resposta transcrita acima, usa o movimento de entrada e saída de pessoas em um shopping para discutir o estado de Equilíbrio Químico. Ela se apresenta mais adequada do que as geradas para o Usuário 1, pois diferente das anteriores, usa análogos que remetem a ideia de equilíbrio dinâmico. Entretanto, tal como toda analogia, também apresenta limitações que

precisam ser explicitadas. Por exemplo, pessoas entrando e saindo de um *shopping* são entidades individuais e não reagem entre si, o que pode ocultar o caráter molecular e transformacional das reações químicas. A analogia também pode reforçar a ideia de que reagentes e produtos são entidades independentes que simplesmente “trocam de lugar”, sem representar adequadamente a reversibilidade de processos moleculares. Como ocorre com qualquer analogia utilizada no ensino de Ciências, seu emprego deve ser acompanhado de uma mediação docente que favoreça a explicitação de seus limites de validade e das diferenças entre o análogo e o conceito científico representado (Duarte, 2005).

Modelos para Cinética Química gerados pelo Usuário 3. A Figura 9 e a transcrição logo a seguir apresentam os modelos referentes ao conceito de Cinética Química gerados a partir da sequência dos três *prompts*. Assim como observado para o Equilíbrio Químico, o modelo produzido no *Prompt A* manteve características muito semelhantes às representações geradas para o Usuário 2, indicando que o histórico de utilização da conta, por si só, não foi suficiente para modificar uma representação visual baseada em modelos amplamente difundidos. Já os modelos produzidos para os *Prompts B e C* revelaram maior sofisticação do ponto de vista conceitual em comparação com aqueles obtidos nas interações do Usuário 2. Esse comportamento reproduz o padrão observado para o conceito de Equilíbrio Químico, sugerindo que eventuais efeitos do histórico de interação da conta podem tender a se manifestar mais claramente em tarefas que exigem maior elaboração conceitual, como a construção de gráficos e analogias, do que na geração de representações visuais mais convencionais. Assim, a interpretação desses resultados segue a mesma discussão apresentada para os modelos produzidos pelo Usuário 3 no conceito de Equilíbrio Químico.

Figura 9 – Resposta do ChatGPT Aos Prompts A e B, Usuário 3, Cinética Química



Fonte: ChatGPT versão GPT-4-turbo

A cinética química pode ser comparada ao processo de pessoas tentando atravessar uma rua movimentada.

A velocidade com que elas conseguem chegar ao outro lado representa a velocidade da reação: algumas ruas permitem uma travessia rápida, enquanto outras, cheias de carros, tornam o processo mais lento.

A temperatura pode ser entendida como a intensidade do calor em um dia ensolarado; quanto mais quente, mais energia as pessoas têm para se mover, o que aumenta a rapidez com que atravessam — assim como o aumento da temperatura fornece mais energia às moléculas, aumentando a taxa de colisões eficazes.

A concentração funciona como a quantidade de pessoas reunidas à beira da rua: quando há muitas, cresce a chance de alguém encontrar um intervalo no trânsito para atravessar, enquanto um grupo pequeno reduz essa probabilidade. O catalisador, por sua vez, é equivalente a um guardinha de trânsito que organiza os carros e facilita a passagem; ele não atravessa junto com as pessoas, mas torna o processo mais rápido ao reduzir a dificuldade da travessia.

Por fim, a energia de ativação corresponde ao espaço seguro necessário entre os carros para que alguém consiga atravessar sem risco. Se o intervalo é pequeno, a travessia é fácil; se é grande demais, ela se torna lenta e difícil.

Dessa forma, a dinâmica de atravessar uma rua ajuda a ilustrar como fatores como temperatura, concentração, catalisadores e energia de ativação influenciam diretamente a velocidade com que as reações químicas ocorrem (Resposta ao *prompt C* – Usuário 3 - ChatGPT versão GPT-4-turbo)

Erros conceituais, alucinações e potenciais usos em sala de aula

O *Prompt A* apresenta uma ilustração esquemática, com moléculas se aproximando de um frasco reacional, seguida pela liberação de produtos,

representação visual que apresenta limitações, como aconteceu com o Usuário 2. O desenho pode induzir concepções informais/alternativas ao sugerir que a reação ocorre como uma transformação instantânea e linear, sem evidenciar a natureza probabilística das colisões e a relevância da energia de ativação, aspectos importantes do modelo cinético-molecular (Atkins & de Paula, 2010).

Aprendizagem do modelo de linguagem do ChatGPT

Assim como aconteceu para Equilíbrio Químico, o gráfico do *Prompt B* não apresenta equívocos conceituais, representando o comportamento típico da concentração de um reagente em uma reação de primeira ordem, com decaimento exponencial ao longo do tempo. Essa representação é conceitualmente consistente com o formalismo matemático da cinética química e está de acordo com modelos “canônicos” amplamente descritos em livros didáticos. Aqui, possivelmente, temos os eventuais efeitos do histórico de interação da conta tendem a se manifestar mais claramente em tarefas que exigem maior elaboração conceitual, como a construção de gráficos e analogias, como veremos a seguir.

Por fim, a partir do *Prompt C* o ChatGPT gerou uma analogia que compara o processo de reação química ao movimento de pessoas atravessando uma rua movimentada, pertinente, ao associar variáveis da cinética química, como velocidade da reação, temperatura, concentração, catalisadores e energia de ativação, a elementos de trânsito: fluxo de veículos, intensidade da luz solar, organização semafórica e obstáculos. Essa estratégia ajuda a representar qualitativamente como fatores externos influenciam na velocidade de uma reação. Mesmo assim, é importante explicitar as limitações de uma analogia em sala de aula, como o fato que o movimento de pedestres não envolve transformações químicas, o que pode levar estudantes a interpretar a velocidade de reação como um simples processo mecânico, linear ou diretamente observável. Além disso, a comparação pode deixar implícito que todas as partículas reagentes se comportam de forma homogênea, ignorando distribuições energéticas descritas pela teoria de Maxwell-Boltzmann, aspecto importante na cinética química.

Considerações Finais

Os resultados deste estudo evidenciaram que o ChatGPT, em sua versão gratuita (GPT-4-turbo), apresenta um conjunto de potencialidades e limitações relevantes para a elaboração de modelos de ensino em Química. Observamos que a ferramenta é capaz de gerar explicações, analogias e representações iniciais que podem servir como ponto de partida para discussões pedagógicas, alinhando-se à literatura que reconhece o valor de modelos e analogias na aprendizagem de conceitos científicos (Justi, 2006). No entanto, os erros conceituais e episódios de alucinação, especialmente nas imagens geradas, reforçam a necessidade de mediação docente.

A variação nas respostas entre usuários, mesmo diante dos mesmos *prompts*, indica que não há estabilidade suficiente para considerar o ChatGPT uma fonte autônoma de produção de modelos de ensino. Além disso, a ausência de aperfeiçoamento conceitual entre interações mostra que a ferramenta não “aprende” de forma situada ou instantânea, mas produz respostas baseadas em padrões linguísticos (Kasneci *et al.*, 2023). Esses resultados sugerem que o uso pedagógico da IA deve ser orientado por práticas que incluam o refinamento dos *prompts* (Leite, 2024), a revisão das respostas e a explicitação de suas limitações.

Em relação ao histórico de utilização da plataforma, esse fator pode influenciar a qualidade das respostas produzidas pelo ChatGPT, especialmente em tarefas que demandam maior elaboração conceitual, como a construção de gráficos e analogias. Entretanto, esse efeito não se mostrou uniforme, uma vez que representações visuais mais convencionais permaneceram praticamente inalteradas, mesmo quando geradas por uma conta utilizada regularmente.

Por fim, destacamos que o ChatGPT deve ser compreendido como um recurso complementar, e não substitutivo, reforçando o papel central do(a) professor(a) como mediador(a). Afinal, se trata de um modelo de linguagem, com o objetivo principal de emular, de forma mais fiel possível, a linguagem humana, independente da veracidade das informações.

Referências

- Alansari, A.; Luqman, H. Large language models hallucination: A comprehensive survey. *Computer Science Review*, v. 61, p. 100970, 2026.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2010). *Físico-química* (Vol. 1, 9ª ed.). LTC.
- Bastos, A. C. L. M., Rodrigues, E. M. S., & Souza, J. P. I. (2011). *Físico-química*. Universidade Federal do Pará.
- Carobin, C., & Serrano, A. (2007). Uma revisão das concepções alternativas em equilíbrio químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação. *Acta Scientiae*, 9(2), 131–143.
- Eatough, V., & Smith, J. A. (2017). Interpretative phenomenological analysis. In C. Willig & W. Stainton Rogers (Eds.), *The SAGE handbook of qualitative research in psychology* (pp. 193–209). SAGE.
- Duarte, M.C. (2005). Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em ensino de ciências*, 10(1), 7-29.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63(11), 139–144.
- Justi, R. (2002). Teaching and learning chemical kinetics. *Chemical education: Towards research-based practice*, 293-315.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173–184.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273–1292.
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Laskar, M. T. R., Bari, M. S., Rahman, M., Bhuiyan, M. A. H., Joty, S., & Huang, J. X. (2023, July). A systematic study and comprehensive evaluation of ChatGPT on benchmark datasets. In *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2023* (pp. 431-469).
- Leite, B. S. (2023). Inteligência artificial e ensino de química: Uma análise propedêutica do ChatGPT na definição de conceitos químicos. *Química Nova*, 46(9), 915–923.
- Leite, B. (2024). Análise da inteligência artificial ChatGPT na proposição de planos de aulas para o ensino da química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 23(3).
- Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603–630.

- Martorano, S. A. A. (2012). *Transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo.
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-25022013-124601/pt-br.php>
- Mozzer, N.B., & Justi, R. (2018). Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1).
- Raupp, F. M.; Beuren, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências. *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.
- Tomé, G., Jorge, A., Sachs, J., & Sachs, L. (2021). Cinética química: Um modelo didático para o estudo de reações de 2ª ordem. *Revista Insignare Scientia*, 4(3), 469–486.
<https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i3.12136>

Submetido em: 31/01/2026

Aceito em: 17/09/2026

Publicado em: 15/10/2026

Periódico organizado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Química – SBEnQ



Este texto é licenciado pela Creative Commons Attribution 4.0 International License.