



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

GABRIEL VINICIUS SOUZA LIBORIO

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma Análise
das Ferramentas para uma Aprendizagem Significativa dos conceitos de
Propriedades Coligativas**

PICOS - PI
2025

GABRIEL VINICIUS SOUZA LIBORIO

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma Análise das Ferramentas para uma Aprendizagem Significativa dos conceitos de Propriedades Coligativas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal do Piauí, Campus Picos, como requisito à obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador(a): Prof. Me. Francisco de Assis Pereira Neto.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Liborio, Gabriel Vinicius Souza

L696u O uso da inteligência artificial no ensino de química : uma análise das ferramentas para uma aprendizagem significativa dos conceitos de propriedades coligativas / Gabriel Vinicius Souza Liborio. - 2025.
41 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos, 2025.
Orientador : Prof Me. Francisco de Assis Pereira Neto.

1. Ensino de química. 2. Inteligência artificial. 3. Propriedades coligativas.
4. Tecnologias educacionais. I. Título.

CDD - 540

Elaborado por Silvio de Carvalho Gomes Coutinho CRB 3/1362

GABRIEL VINICIUS SOUZA LIBORIO

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma Análise das Ferramentas para uma Aprendizagem Significativa dos conceitos de Propriedades Coligativas

Projeto de pesquisa apresentado como exigência para aprovação na disciplina TCC 1 do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus* Picos.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. XXXXXXXXXXX XXXXXXXX (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. XXXXXXXXXXX XXXXXXXX
Instituição XXXXXXXXXXX

Prof. Dr. XXXXXXXXXXX XXXXXXXX
Instituição XXXXXXXXXXX

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso analisa o papel da inteligência artificial (IA) como ferramenta de apoio ao ensino e à aprendizagem de Química, com foco nos conceitos de Propriedades Coligativas, notadamente desafiadores para os estudantes. A pesquisa comparou as respostas das IAs generativas ChatGPT, Copilot e Gemini a perguntas sobre o tema, e aplicou um questionário a 19 estudantes para investigar sua percepção sobre o uso dessas tecnologias. Os resultados da análise das IAs demonstraram que, embora todas sejam capazes de fornecer definições e exemplos corretos, apresentaram divergências em clareza, profundidade e precisão em tópicos complexos como o fator de Van't Hoff. A pesquisa com os estudantes, por sua vez, revelou que eles são "nativos digitais" e veem a IA como um valioso recurso para obter explicações detalhadas e visualizar conceitos. Contudo, rejeitam a ideia de que a IA possa substituir o professor, reforçando o papel essencial do educador como mediador e curador do conhecimento. O estudo conclui que a IA é uma poderosa aliada pedagógica, mas sua eficácia depende da mediação crítica do professor para garantir a correção conceitual e promover o pensamento crítico, culminando no desenvolvimento de um guia prático para otimizar essa interação.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Ensino de Química; Propriedades Coligativas; Aprendizagem Significativa; Tecnologias Educacionais.

ABSTRACT

This undergraduate thesis analyzes the role of artificial intelligence (AI) as a support tool in Chemistry teaching and learning, focusing on the concepts of Colligative Properties, which are notoriously challenging for students. The research compared the responses of generative AIs—ChatGPT, Copilot, and Gemini—to a set of questions about the topic and applied a questionnaire to 19 students to investigate their perceptions of these technologies. The analysis of the AIs demonstrated that, while all were capable of providing correct definitions and examples, they showed divergences in clarity, depth, and accuracy on complex topics such as the Van't Hoff factor. The student survey, in turn, revealed that they are "digital natives" who see AI as a valuable resource for obtaining detailed explanations and visualizing concepts. However, they reject the idea that AI can replace the teacher, reinforcing the educator's essential role as a mediator and knowledge curator. The study concludes that AI is a powerful pedagogical ally, but its effectiveness depends on the teacher's critical mediation to ensure conceptual correctness and foster critical thinking, culminating in the development of a practical guide to optimize this interaction.

Keywords: Artificial Intelligence; Chemistry Teaching; Colligative Properties; Educational Technologies; Meaningful Learning.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
3.1 ENSINO DE QUÍMICA E DESAFIOS ATUAIS	11
3.2 IA COMO FERRAMENTA DE APOIO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	13
3.2.1 Benefícios e Exemplos Práticos.....	14
3.2.2 Limitações e Desafios	14
3.2.3 Perspectivas Futuras	15
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
4.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1 COMPARATIVO DAS DEFINIÇÕES E EXPLICAÇÕES CONCEITUAIS	19
5.1.1 Divergências e Implicações Pedagógicas	19
5.2 ANÁLISE E IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO (APÊNDICE C).....	20
5.2 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	23
6 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	27
APÊNDICES	29
APÊNDICE A: PROTOCOLO DE PERGUNTAS PARA CHATBOTS.....	29
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – SOLUÇÕES E PROPRIEDADES COLIGATIVAS	31
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO PARA ESTUDANTE	33
APÊNDICE D: GUIA PRÁTICO: ESTRATÉGIAS E PROMPTS PARA USAR IAS NO ESTUDO DE QUÍMICA.....	37
APÊNDICE E: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	40

1 INTRODUÇÃO

Ensinar Química sempre foi uma tarefa árdua, especialmente ao tentar traduzir conceitos abstratos como as interações atômicas e moleculares. Para muitos alunos, as fórmulas e equações parecem códigos indecifráveis, desconectados da realidade. Esse desafio é ainda mais evidente na Educação Básica, onde a falta de recursos e investimentos limita as ferramentas disponíveis para os professores, que precisam tornar o complexo em algo palpável e atraente.

Nesse cenário, as tecnologias digitais emergem como aliadas poderosas, com a inteligência artificial (IA) despontando como uma força transformadora. A IA, longe de ser uma mera opção, torna-se um imperativo no ensino de Química. Ela possibilita a personalização do aprendizado por meio de tutores virtuais que se adaptam às necessidades individuais dos estudantes. Além disso, a tecnologia permite a criação de simulações interativas que visualizam reações químicas em tempo real, proporcionando uma experiência imersiva e segura, similar à de um laboratório. A aplicação da IA na educação química, portanto, representa uma evolução fundamental para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem.

Os alunos de hoje, nativos digitais, esperam que a educação dialogue com sua realidade hiperconectada. Eles demandam ferramentas que promovam engajamento e personalização. As IAs podem ser a chave para despertar o interesse por disciplinas frequentemente vistas como de difícil compreensão e distantes da realidade. A IA também se alinha perfeitamente às metodologias ativas de ensino, que colocam o aluno no centro do processo. Em vez de apenas absorver conteúdo, os estudantes podem participar ativamente, resolvendo problemas, criando projetos e explorando conceitos de forma prática, o que não só torna o aprendizado mais interessante, mas também desenvolve habilidades essenciais, como o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas. A IA é uma oportunidade para repensar como se ensina Química e preparar os alunos para o futuro.

A complexidade de conceitos como as propriedades coligativas — variação do ponto de ebulição, do ponto de fusão, da pressão de vapor e da pressão osmótica — ilustra perfeitamente a necessidade de novas abordagens. A dificuldade de visualizar as interações moleculares que regem esses fenômenos muitas vezes resulta em um

aprendizado superficial e desconectado da realidade. É aqui que a IA entra em cena, oferecendo novas formas de visualização e experimentação para "traduzir" esses conceitos abstratos em algo mais tangível e compreensível.

A IA pode permitir que um aluno utilize um simulador virtual para observar como a pressão de vapor de uma solução muda com a adição de diferentes solutos, ou interagir com um *chatbot* que explique, de forma objetiva e personalizada, os princípios por trás da osmose. Essas possibilidades tornam o aprendizado mais dinâmico e envolvente.

Este estudo, portanto, propõe-se a explorar essas possibilidades, focando na seguinte questão: Como os sistemas de IA, especificamente *ChatGPT*, *Copilot* e *Gemini*, abordam e explicam o tema das propriedades coligativas, e quais são suas semelhanças, diferenças e limitações? A relevância deste trabalho vai além da simples aplicação de tecnologias. Ele surge da necessidade de repensar o ensino de Química, adaptando-o às demandas de um mundo digital e preparando os estudantes para enfrentarem os desafios científicos e tecnológicos do futuro. Afinal, mais do que memorizar fórmulas, o objetivo é formar cidadãos críticos, criativos e capazes de resolver problemas, e a IA pode ser uma grande aliada nessa jornada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os conceitos propostos pelos sistemas de IA, especificamente entre *ChatGPT*, *Copilot* e *Gemini* sobre propriedades coligativas, para que possa ser confrontado com os conhecimentos dos estudantes do 2º ano do ensino médio, assim como identificar a percepção dos professores e alunos sobre o uso dos sistemas de IA como ferramentas no processo de aprendizagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a definição e a explicação conceitual das Propriedades Coligativas fornecidas pelas IAs ChatGPT, Copilot e Gemini.
- Identificar eventuais divergências nos conceitos apresentados pelas IAs.
- Propor um guia prático para professores e alunos com estratégias e exemplos de prompts para a utilização eficaz das IAs no estudo das Propriedades Coligativas, com base nos resultados da análise comparativa.

3 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Damásio (2007), a tecnologia pode ser compreendida como a combinação de um dispositivo, suas aplicações, os contextos sociais em que é utilizada e os arranjos organizacionais que se formam ao seu redor. Outros estudiosos ampliam essa visão, indo além da ideia de tecnologia como mera extensão da atividade humana. Licklider (2001), por exemplo, propõe o conceito de uma simbiose entre o ser humano e a máquina, na qual esta atua como um agente cooperativo e ativo nos processos de raciocínio humano.

Demo (2009) complementa essa discussão ao afirmar que a tecnologia

não se refere somente a máquinas, mas a todas as descobertas que auxiliam o homem a viver melhor. Existem tecnologias que não são máquinas ou equipamentos. Como por exemplo, a linguagem que sendo uma tecnologia, nos permite a comunicação e relacionamento em diferentes grupos sociais e identifica os tipos de culturas. "...observamos que quando criamos tecnologias também somos recriados por elas". (Demo, 2009, *apud* Hayles, 2008).

Essa perspectiva ganha ainda mais relevância quando consideramos as novas tecnologias, especialmente aquelas que potencializam os processos de aprendizagem. A era digital tem provocado mudanças profundas em diversos aspectos da vida, e a educação não fica imune a essas transformações (Silva et al., 2024). Correia (2021) destaca que:

o uso da Inteligência Artificial na Educação tem sido objeto de estudo de pesquisa acadêmica há mais de 30 anos. Deixando de ser apenas um enredo para filmes hollywoodianos de ficção científica, para fazer parte do nosso dia a dia, tornando-se também uma realidade nas salas de aula.

A integração de tecnologias no campo educacional não é um fenômeno recente. Desde a primeira metade do século XX, recursos audiovisuais já eram utilizados em ambientes escolares (Morrone, 1997). Com o avanço das décadas, o surgimento dos computadores e da internet revolucionou o cenário educacional, possibilitando a criação de plataformas digitais e ambientes virtuais de aprendizagem que ampliaram o acesso ao conhecimento. Nesse processo, a tecnologia deixou de ser um mero suporte ao ensino tradicional e passou a ocupar um papel central na redefinição das metodologias pedagógicas.

De acordo com dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2023), mais de 70% das escolas públicas e privadas do Brasil adotaram tecnologias digitais nos últimos cinco anos, evidenciando um avanço significativo em relação às práticas educativas anteriores. Essa evolução acompanha as mudanças nas demandas sociais e econômicas, que exigem um perfil de estudante cada vez mais preparado para lidar com a complexidade do mundo moderno. Ferramentas como simuladores, laboratórios virtuais e softwares educacionais tornaram-se comuns, permitindo o ensino de conceitos abstratos de forma mais concreta e interativa. Nesse sentido, Leite (2022) ressalta que, quando bem integradas às práticas pedagógicas, essas tecnologias podem ajudar a superar lacunas de aprendizagem.

Essa integração tecnológica, por sua vez, alinha-se diretamente às metodologias ativas de ensino, que colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem. Abordagens como a aprendizagem baseada em problemas, a sala de aula invertida e os projetos colaborativos são facilitadas por esses recursos, que oferecem suporte tanto no planejamento quanto na execução das atividades. Dessa forma, a tecnologia se revela não apenas como um recurso adicional, mas como um elemento transformador que redefine o papel do professor e do aluno no processo educativo.

Dentro desse ecossistema de inovação, a Inteligência Artificial (IA) emergiu recentemente como uma das tecnologias mais promissoras na educação. Suas possibilidades, como a personalização do aprendizado, o uso de sistemas adaptativos e a análise de grandes volumes de dados para identificar padrões no desempenho dos alunos, representam um novo patamar de sofisticação. Com efeito, essas ferramentas permitem que educadores compreendam melhor as necessidades individuais de seus estudantes, desenvolvam estratégias mais eficazes e promovam uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

Essa busca por uma aprendizagem mais efetiva e contextualizada encontra no ensino de Química um campo particularmente fértil. A disciplina, que historicamente enfrenta desafios como a abstração dos conceitos e a falta de aplicação prática, beneficia-se enormemente das inovações tecnológicas. Simuladores virtuais, por exemplo, permitem que os alunos visualizem reações químicas em tempo real,

enquanto plataformas interativas oferecem exercícios que promovem o aprendizado ativo. A tecnologia, portanto, contribui de forma crucial para tornar a Química mais acessível e atrativa para os estudantes.

Dionízio *et al* (2019) afirmam que:

A aplicabilidade de diversas TICs disponíveis tem tido sucesso e tem sido bem recebida pelos alunos, já que são amantes das tecnologias. Aplicativos de jogos, tabela periódica, calculadoras químicas, desenhos de moléculas diversas têm auxiliado as aulas, tornando-as mais atrativas e, conseqüentemente, mais significativas. O uso desses aplicativos aliados ao ensino de Química tem trazido mais descontração, interação, diversão, interesse e inovação para as aulas de Química, garantindo um aprendizado mais contextualizado e efetivo.

Apesar das vantagens, o uso de tecnologia na educação também enfrenta desafios. A desigualdade no acesso a dispositivos e à internet, a falta de capacitação dos professores e a resistência à mudança por parte de alguns educadores são obstáculos que precisam ser superados para garantir a plena integração tecnológica no ensino. Além disso, é fundamental que a adoção de tecnologias seja acompanhada de reflexões pedagógicas que assegurem sua eficácia no desenvolvimento das competências desejadas.

Por fim, é importante destacar que a tecnologia, por si só, não resolve os problemas estruturais da educação, mas oferece ferramentas poderosas para enfrentá-los. A integração bem-sucedida da tecnologia depende de políticas educacionais inclusivas, investimento em infraestrutura e formação docente, além de uma visão clara sobre como essas ferramentas podem ser usadas para transformar o ensino e a aprendizagem. Nesse cenário, a IA desponta como uma das mais promissoras inovações, com potencial para revolucionar o ensino de Química e outras disciplinas.

3.1 ENSINO DE QUÍMICA E DESAFIOS ATUAIS

A Química pode ser caracterizada como uma ciência experimental e o seu ensino aborda conceitos abstratos, e que podem ser de difícil compreensão por parte dos alunos (Atkins, 1999). Dessa forma, a utilização de TICs com a aplicação de softwares voltados à educação, permitem a visualização de fenômenos químicos, contribuindo para a produção de aulas cada vez mais interativas, tornam os resultados

do processo de aprendizagem mais expressivos (Tavares; Souza; Correia, 2013; Leal *et al.*, 2020).

O ensino de Química enfrenta desafios históricos, especialmente devido à sua natureza abstrata e à necessidade de integrar teoria e prática. Como ciência experimental, frequentemente requer laboratórios equipados, materiais específicos e professores capacitados para realizar experimentos que ilustrem os conceitos abordados. No entanto, muitas escolas, principalmente na educação básica, carecem desses recursos, o que compromete a qualidade do ensino e desmotiva os estudantes.

Hoje, para muitos estudantes, a Química nada mais é do que uma disciplina distante de sua realidade, repleta de fórmulas e cálculos que parecem sem aplicação prática. Essa desconexão torna o aprendizado menos atrativo e prejudica a construção de uma compreensão significativa dos conteúdos. A abordagem tradicional, centrada na transmissão de conhecimentos de forma expositiva, na maioria das vezes, não atende às necessidades da atual geração, que está acostumada a interações dinâmicas e tecnológicas.

Além disso, o mercado de trabalho também se encontra em constante transformação e exigindo cada vez mais mão de obra capacitada, inovadora e apta a solucionar os problemas da sociedade. No mundo em que habilidades e competências como criatividade, pensamento crítico, a capacidade para a resolução de problemas/tomadas de decisão são cada vez mais valorizadas, é essencial que o ensino dessa disciplina vá além da memorização de conceitos e promova o desenvolvimento dessas habilidades. Isso requer metodologias inovadoras e ferramentas que estimulem a participação ativa dos alunos, permitindo que eles se tornem protagonistas de seu aprendizado.

A tecnologia, nesse cenário, apresenta-se como uma aliada indispensável. Ferramentas digitais, como simuladores virtuais e aplicativos interativos, têm o potencial de tornar a Química mais acessível e interessante, superando as limitações estruturais das escolas. Esses recursos permitem que os alunos visualizem fenômenos microscópicos, realizem experimentos simulados e explorem conceitos de forma prática e dinâmica, mesmo na ausência de laboratórios físicos.

Em resumo, os desafios enfrentados pelo ensino de Química são significativos, mas não intransponíveis. A integração de tecnologias digitais, aliada a metodologias pedagógicas inovadoras e à formação docente, pode transformar a forma como a disciplina é ensinada e percebida pelos estudantes. Ao superar barreiras como a falta de recursos e a desconexão com o cotidiano dos alunos, é possível construir um ensino de Química mais inclusivo, dinâmico e alinhado às demandas do século XXI.

3.2 IA COMO FERRAMENTA DE APOIO NO ENSINO DE QUÍMICA

A inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma aliada poderosa no campo da educação, promovendo transformações significativas nos processos de ensino e aprendizagem. Essa tecnologia, quando aplicada de forma estratégica, é capaz de personalizar experiências educacionais, responder a necessidades específicas de alunos e professores e potencializar a eficiência e a dinâmica do ensino em diversas disciplinas, incluindo a Química (Farazouli *et al.*, 2023; Pavlik, 2023; Leite, 2023).

Um dos principais desafios enfrentados pela educação no século XXI é preparar os estudantes para as demandas das ciências contemporâneas. Nesse contexto, a incorporação da IA apresenta-se como uma ferramenta de suporte essencial para o desenvolvimento do conhecimento criativo, ao mesmo tempo em que equilibra o poder do aprendizado algorítmico. Ferramentas baseadas em IA permitem a adaptação de estratégias pedagógicas, considerando tanto necessidades individuais quanto coletivas (Grassini, 2023; Lee & Zhai, 2024; Leite, 2023).

No ensino de Química, a integração da IA tem revolucionado a maneira como os conteúdos são apresentados e compreendidos pelos estudantes. Ferramentas como assistentes virtuais, simuladores interativos e algoritmos avançados possibilitam a visualização de conceitos abstratos, como interações moleculares, propriedades coligativas e fenômenos físico-químicos. Por exemplo, é possível simular variações de temperatura, pressão e concentração em soluções químicas, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente (Clark, 2023; Leite, 2023). Além disso, a IA é capaz de ajustar os conteúdos de acordo com o ritmo de aprendizado de cada estudante, promovendo uma experiência personalizada que potencializa a assimilação de conceitos fundamentais.

3.2.1 Benefícios e Exemplos Práticos

Chatbots como o *ChatGPT*, *Gemini* e *Copilot* destacam-se entre as inovações de IA aplicadas à educação. Essas ferramentas utilizam técnicas de *deep learning* para gerar textos e respostas em linguagem natural, oferecendo explicações interativas, personalizadas e adaptáveis às necessidades dos alunos (Hong, 2023; Lee & Zhai, 2024). No ensino de Química, tais recursos são constantemente utilizados para resolver questões, elaborar relatórios, criar planos de aula e simular experimentos. Essas funcionalidades auxiliam professores e alunos no desenvolvimento de estratégias de ensino e aprendizado mais eficazes (Fernandes, 2023; Leite, 2023).

Estudos recentes destacam a relevância da IA no ensino de Química. Clark (2023) investigou a capacidade do *ChatGPT* para elaborar respostas sobre exercícios de Química Geral, envolvendo temas como titulação e estequiometria. Entre os benefícios observados, destacam-se:

- A facilitação na compreensão de fórmulas complexas;
- O suporte na resolução de problemas;
- A realização de simulações de experimentos em ambientes virtuais.

Essas simulações incluem, por exemplo, a análise de propriedades coligativas, como pressão de vapor, ponto de ebulição e congelamento, permitindo que os alunos visualizem aplicações práticas dos conceitos em cenários reais (Kalla *et al.*, 2023).

3.2.2 Limitações e Desafios

O uso da IA exige uma abordagem crítica e cuidadosa. Dependendo de como é empregada, ela pode tanto aprimorar o aprendizado quanto prejudicá-lo, caso seja utilizada de forma superficial ou sem reflexão pedagógica. Leite (2023) alerta que, em alguns casos, as respostas geradas pelo *ChatGPT* podem apresentar erros conceituais, o que pode levar a dificuldades de compreensão. Em seus testes, o autor concluiu que, embora o *ChatGPT* consiga interpretar questões de Química, a IA, algumas vezes, propõe soluções incorretas, omite informações e comete equívocos. Clark (2023) reforça essa perspectiva, afirmando:

Essas deficiências colocam o desempenho do sistema abaixo de um estudante médio de Química Geral e tornam o *ChatGPT* inadequado para concluir as tarefas dos alunos fornecendo explicações precisas. No entanto, essas mesmas deficiências podem apoiar tarefas nas quais os alunos analisam e melhoram a saída do *Chatbot*, corrigindo erros, fornecendo informações adicionais e demonstrando sua compreensão sobre o tópico (Clark, 2023).

Apesar dos benefícios, a implementação da IA na educação enfrenta desafios significativos. Um dos riscos é a dependência excessiva do aluno em respostas prontas, o que pode levar a um aprendizado superficial e à falta de desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico. Além disso, os sistemas de IA podem apresentar vieses algorítmicos e a sua adoção pode aprofundar a desigualdade no acesso à tecnologia, caso não haja políticas educacionais inclusivas. Portanto, a adoção de tecnologias deve ser acompanhada por reflexões pedagógicas que garantam sua eficácia e o desenvolvimento das competências desejadas. A IA não substitui a figura do professor, que é essencial para guiar o aluno e garantir que as informações fornecidas sejam corretas e compreendidas de forma aprofundada. O professor é o mediador desse processo, incentivando o aluno a não aceitar passivamente as respostas, mas a analisá-las criticamente.

Portanto, é imprescindível que os professores estejam capacitados para avaliar as limitações da tecnologia e integrá-la de forma responsável ao ensino.

3.2.3 Perspectivas Futuras

Embora a implementação inicial da IA na educação possa apresentar desafios, como a necessidade de capacitação docente e a adaptação de currículos, os benefícios a longo prazo são substanciais. A combinação da IA com metodologias tradicionais de ensino tem o potencial de transformar a educação, tornando-a mais atrativa, inclusiva e alinhada às demandas do mundo moderno. Pesquisas recentes, como as de Clark (2023) e Ogunleye *et al.* (2024), reforçam o impacto positivo da IA em áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), destacando sua capacidade de aumentar o engajamento e promover a excelência acadêmica.

Por fim, é essencial que o uso da IA na educação seja acompanhado por uma reflexão crítica, garantindo que os alunos desenvolvam não apenas competências

técnicas, mas também habilidades de pensamento crítico e criatividade. Dessa forma, a integração da IA no ensino de Química pode contribuir para a formação de profissionais mais preparados para os desafios científicos e tecnológicos do futuro.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa, a etapa metodológica foi organizada em três fases principais: (i) elaboração de um protocolo de perguntas a ser submetido aos modelos de inteligência artificial (*ChatGPT*, *Copilot* e *Gemini*); (ii) aplicação de um questionário diagnóstico a estudantes do Ensino Médio, com o intuito de avaliar seu conhecimento prévio sobre o tema "Propriedades Coligativas"; e (iii) análise comparativa das respostas fornecidas pelos *Chatbots* e pelos estudantes, visando identificar similaridades, discrepâncias e possíveis lacunas no entendimento do assunto.

A amostra foi constituída por 19 estudantes do Ensino Médio, com faixa etária entre 16 e 18 anos, que frequentavam o 2º ano do Colégio Estadual de Tempo Integral (CETI) Jomasio Dos Santos Barros, uma instituição da rede pública de ensino localizada em Bocaina-PI.

Os aspectos éticos da pesquisa foram rigorosamente assegurados, com a obtenção de autorização prévia da instituição de ensino e o consentimento livre e esclarecido dos participantes ou de seus responsáveis legais. Todos os dados coletados foram tratados com sigilo e anonimidade, em conformidade com as diretrizes éticas para pesquisas envolvendo seres humanos.

O tratamento e a análise dos dados foram conduzidos em duas etapas: primeiramente, procedeu-se à estatística descritiva para quantificar as respostas obtidas nos questionários; em seguida, realizou-se uma análise comparativa qualitativa para avaliar as respostas geradas pelas IAs, visando à identificação de padrões, inconsistências e lacunas conceituais.

4.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram cuidadosamente selecionados e estruturados para garantir a obtenção de informações relevantes e confiáveis. Eles incluem:

- **Protocolo de perguntas para IA (APÊNDICE A):** avaliar a capacidade dos *Chatbots* em responder sobre o tema "Propriedades Coligativas". As perguntas

abrangem desde conceitos fundamentais até aplicações práticas no cotidiano e questões de maior complexidade, permitindo uma análise abrangente do desempenho das IAs.

- **Questionário diagnóstico para estudantes (APÊNDICE B):** medir o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema. Composto por questões de múltipla escolha e discursivas, o instrumento permite avaliar o nível de compreensão dos estudantes, bem como identificar possíveis dificuldades conceituais.

- **Questionário estruturado para estudantes (APÊNDICE C):** investigar como as tecnologias digitais, especialmente as ferramentas baseadas em Inteligência Artificial, podem contribuir para facilitar o aprendizado de conceitos relacionados a soluções e propriedades coligativas. O objetivo é compreender a percepção dos professores e alunos sobre o uso dessas ferramentas no processo de aprendizagem.

- **Matriz de análise comparativa:** categorizar e comparar as respostas dos *Chatbots* com o desempenho dos estudantes. Essa ferramenta permitirá identificar similaridades, inconsistências e lacunas conceituais, fornecendo uma visão clara das potencialidades e limitações das IAs no ensino de Química.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 COMPARATIVO DAS DEFINIÇÕES E EXPLICAÇÕES CONCEITUAIS

A análise comparativa entre as respostas fornecidas pelo *ChatGPT*, *Copilot* e *Gemini*, conforme o protocolo de perguntas (Apêndice A), revelou nuances significativas na capacidade e na abordagem de cada ferramenta em relação ao tema de propriedades coligativas. De forma geral, todas as três IAs demonstraram a habilidade de fornecer definições e exemplos corretos para os conceitos fundamentais, como pressão de vapor, ebulioscopia, crioscopia e osmose, alinhando-se à visão de que a IA pode ser uma aliada no ensino, tornando conceitos abstratos mais tangíveis. Por exemplo, na explicação da crioscopia, todas as IAs definiram o fenômeno como a diminuição do ponto de congelamento de um solvente pela adição de um soluto, e associaram a aplicação prática a situações como o uso de sal em estradas para derreter gelo.

No entanto, as IAs apresentaram diferenças na clareza e na profundidade de suas explicações, bem como em sua capacidade de lidar com questões mais complexas, como a que envolve o fator de van't Hoff para soluções iônicas. Enquanto algumas IAs foram mais diretas e didáticas, outras forneceram respostas mais detalhadas e com maior rigor técnico. Essas divergências corroboram a perspectiva de que as IAs podem apresentar erros conceituais ou omissões. A análise demonstrou que, embora as ferramentas sejam úteis, a supervisão pedagógica é essencial para corrigir possíveis imprecisões e garantir a total compreensão do conteúdo.

5.1.1 Divergências e Implicações Pedagógicas

Não foram encontradas grandes divergências conceituais entre as três IAs, o que sugere uma consistência na base de conhecimento sobre o tema. As variações estão na profundidade e nos detalhes das explicações.

As diferenças nas respostas das três IAs têm implicações pedagógicas significativas para o ensino-aprendizagem de Química.

ChatGPT: Ofereceu uma abordagem intermediária, oferecendo as definições e explicações corretas, mas com um nível de aprofundamento um pouco menor do que

a IA C. É adequada para uma revisão rápida ou para alunos que já têm uma base no assunto.

Copilot: Apresentou um nível de detalhe mais direto e conciso, o que pode ser ideal para uma introdução ao tema em nível de ensino médio. A linguagem é acessível e as explicações são claras, sem excesso de termos técnicos complexos.

Gemini: Destacou-se pela sua profundidade e riqueza de detalhes. As explicações dos mecanismos por trás dos fenômenos (como as partículas de soluto dificultam a formação da rede cristalina na crioscopia) são valiosas para uma compreensão mais completa e robusta do conteúdo. Também ofereceu exemplos mais detalhados, como o uso de anticongelantes e a dessalinização da água, o que conecta a teoria à prática de forma mais eficaz. Esse nível de detalhe é ideal para o ensino universitário ou para alunos que buscam um aprofundamento no tema.

O questionário estruturado (Apêndice C) confirmou a receptividade dos alunos ao uso de tecnologias digitais, indicando um interesse significativo em ferramentas interativas e visuais para aprender Química. As respostas revelaram que a maioria dos estudantes já utiliza ou tem interesse em usar assistentes virtuais como o *ChatGPT* para tirar dúvidas e obter explicações. Além disso, a maioria dos alunos reconhece o potencial da IA para tornar o aprendizado mais interativo e dinâmico, embora não acreditem que ela possa substituir o papel do professor.

Em suma, os resultados analíticos confirmam que as IAs podem ser um recurso valioso, mas não infalível, para o ensino de Química, enquanto os dados dos estudantes demonstram a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras que incorporem essas ferramentas para superar as dificuldades conceituais e aumentar o engajamento.

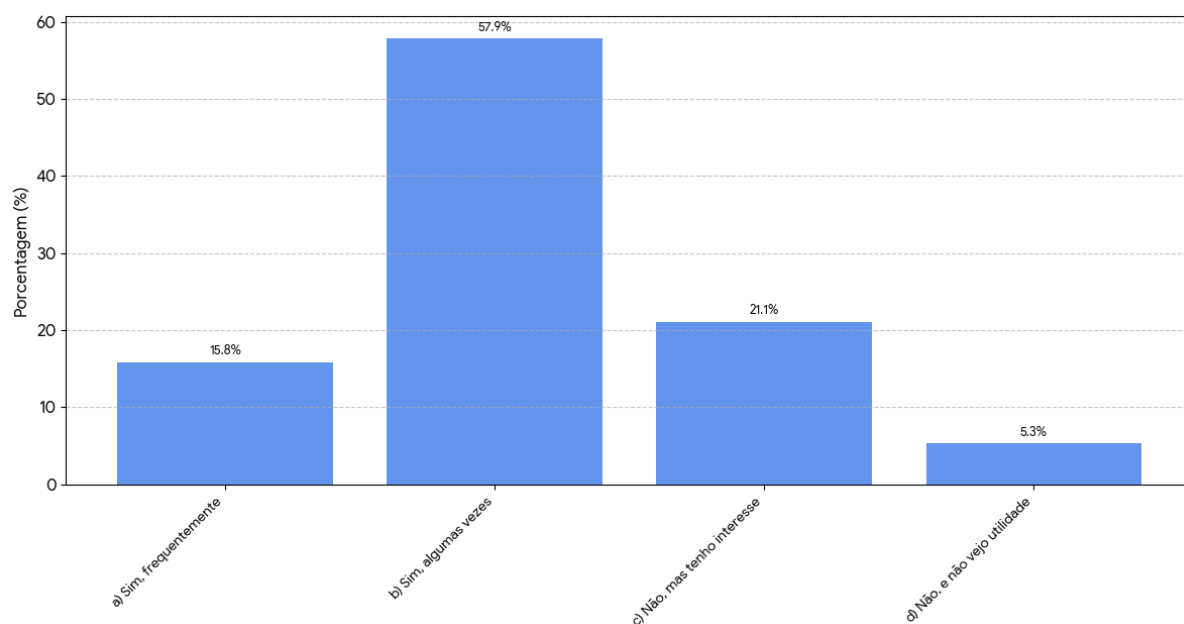
5.2 ANÁLISE E IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO (APÊNDICE C)

O questionário estruturado (Apêndice C) foi aplicado para investigar a percepção dos estudantes sobre o uso de tecnologias digitais e Inteligência Artificial no aprendizado de conceitos de soluções e propriedades coligativas. A análise dos resultados, apresentada a seguir em sequência, não apenas confirma uma grande receptividade dos acadêmicos a essas ferramentas, como também fornece

importantes reflexões e implicações pedagógicas que fundamentam a proposta de intervenção deste trabalho.

A esmagadora maioria dos estudantes já utiliza tecnologias digitais para aprender Química (Figura 1), seja "frequentemente" ou "algumas vezes". Apenas uma pequena parcela (26,4%) "não, mas tem interesse" ou "não, e não vê utilidade".

Figura 1. Você já utilizou tecnologias digitais, como laboratórios virtuais ou aplicativos, para aprender Química?



Fonte: dados da pesquisa 2025.

O questionário estruturado (Apêndice C) foi aplicado para investigar a percepção dos estudantes sobre o uso de tecnologias digitais e inteligência artificial (IA) no aprendizado de conceitos de soluções e propriedades coligativas. A análise dos resultados, apresentada a seguir, confirma a grande receptividade dos acadêmicos a essas ferramentas, ao mesmo tempo que fornece importantes reflexões e implicações pedagógicas que fundamentam a proposta de intervenção deste trabalho.

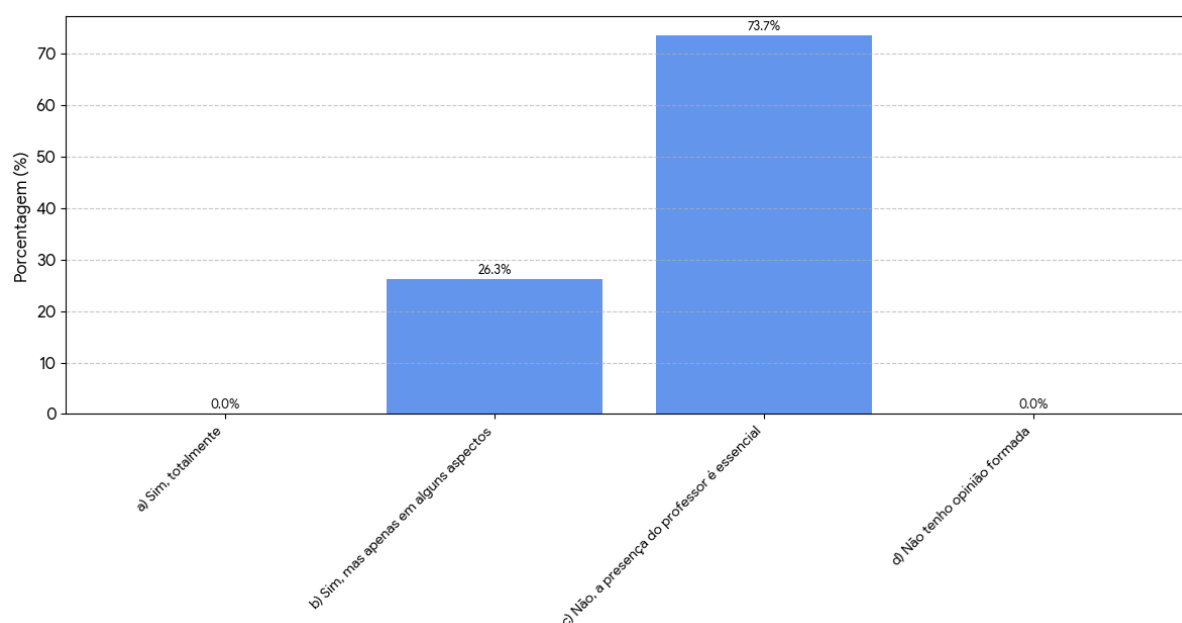
O resultado do questionário ratifica a premissa de que os estudantes de hoje são "nativos digitais" e que o processo educacional precisa se alinhar a essa realidade. A alta adesão demonstra que a integração de tecnologias não é mais uma

barreira cultural, mas sim uma expectativa do público-alvo, o que justifica a urgência da aplicação deste estudo.

Houve um forte consenso sobre a utilidade da IA para auxiliar no aprendizado de conceitos complexos, com 84,2% dos 19 estudantes, o equivalente a 16 alunos, concordando total ou parcialmente com a afirmação. Essa percepção apoia a justificativa do trabalho, pois a ideia de que a IA pode "traduzir" conceitos abstratos para algo mais tangível valida a escolha das propriedades coligativas como objeto de estudo, que são notoriamente difíceis de ensinar e aprender. A maioria dos estudantes (73,7%) acha que a IA poderia "explicar conceitos de forma mais visual e prática", o que reforça a ideia de que a IA pode ser usada para superar o desafio histórico da abstração na Química.

Quando questionados se as tecnologias baseadas em IA poderiam substituir o professor no ensino de Química (Figura 2), houve uma forte rejeição à ideia, com 73,7% dos 19 estudantes, o equivalente a **14 alunos**, respondendo "não, a presença do professor é essencial". Esse resultado é fundamental, pois valida o papel mediador e crítico do educador, reforçando que a IA não é uma substituta, mas uma aliada, e que o professor é a figura central para garantir a eficácia pedagógica e a correção de eventuais erros conceituais das ferramentas.

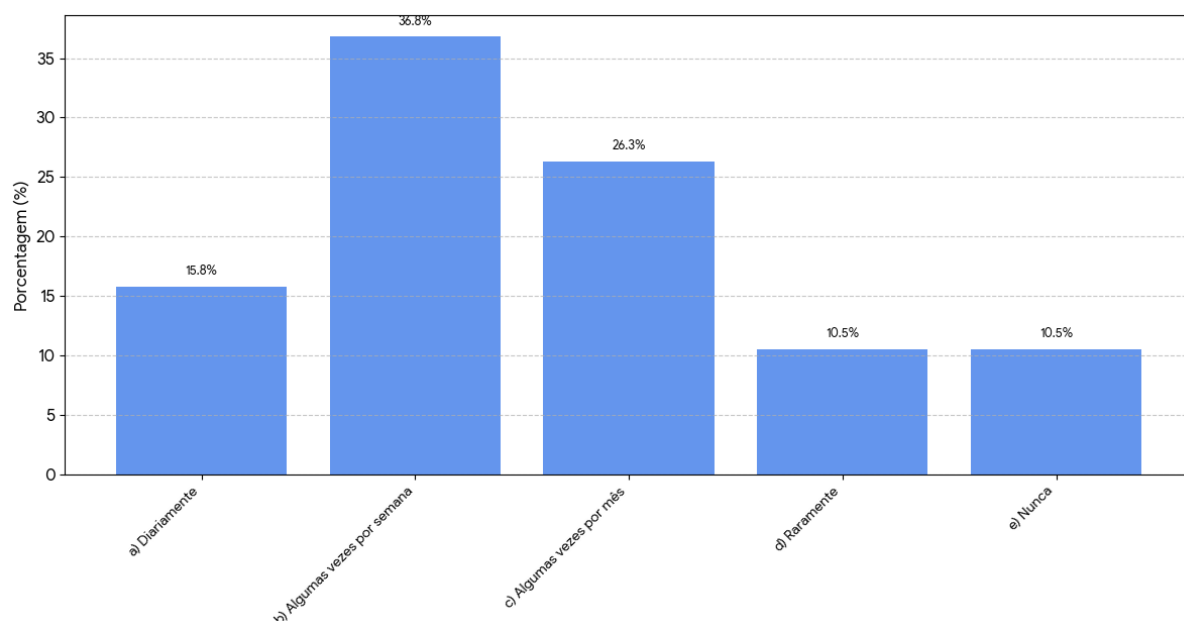
Figura 2. Você acha que as tecnologias baseadas em IA podem substituir o professor no ensino de Química?



Fonte: dados da pesquisa 2025.

A principal finalidade do uso de IA é "obter explicações detalhadas de conteúdos difíceis" (52,6%). Outras finalidades importantes são "buscar exemplos ou aplicações práticas de conceitos" (26,3%) e "tirar dúvidas sobre conceitos específicos de Química" (21,1%). Esses resultados validam a proposta de guia prático deste trabalho, que será focado em estratégias e prompts para essas finalidades.

Figura 3. Com que frequência você utiliza o ChatGPT ou ferramentas similares para estudar ou tirar dúvidas?



Fonte: dados da pesquisa 2025.

5.2 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Atendendo ao objetivo de transpor a análise para a prática, o principal resultado esperado deste trabalho é o desenvolvimento de um guia prático para o uso da IA no ensino de Química (APÊNDICE D). Este produto educacional será estruturado com base nos achados da pesquisa e terá como metas: ensinar como utilizar as IAs generativas de forma crítica e eficaz para o estudo de conceitos químicos complexos; oferecer um roteiro com exemplos de prompts, além de discutir as limitações e os vieses das ferramentas, incentivando uma postura investigativa e não de aceitação passiva das respostas.

Para enriquecer o guia, serão incluídos exemplos de *prompts* aplicados a propriedades coligativas, como exercícios de cálculo de variação do ponto de ebulição (ΔT_{eb}), variação do ponto de congelamento (ΔT_{cong}) e pressão osmótica. A validação

do guia será realizada por meio de sua aplicação em sala de aula, o que permitirá a avaliação do impacto da ferramenta no desempenho e na motivação dos alunos.

Dessa forma, o projeto apresenta à comunidade acadêmica um recurso formativo concreto, com o potencial de transformar a maneira como professores e alunos interagem com as novas tecnologias, otimizando o processo de ensino e promovendo uma aprendizagem mais significativa e autônoma.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a analisar o papel da Inteligência Artificial como uma ferramenta no ensino de Química, com foco especial nos conceitos complexos das propriedades coligativas. Ao longo da pesquisa, demonstramos que a integração da IA é uma necessidade, alinhada com as demandas de uma geração de "nativos digitais" que esperam que a educação dialogue com sua realidade.

A análise comparativa das IAs (ChatGPT, Copilot e Gemini) e a avaliação com estudantes confirmaram o potencial dessas ferramentas para auxiliar no aprendizado de conceitos historicamente desafiadores. As IAs se mostraram capazes de "traduzir" a abstração da Química em explicações mais acessíveis e tangíveis, o que contribui para superar um dos maiores desafios do ensino da disciplina. No entanto, a pesquisa também evidenciou que, apesar de sua capacidade de fornecer informações precisas e didáticas, as IAs não estão isentas de limitações e vieses. O olhar atento do educador é fundamental para guiar o processo.

Nesse cenário, a presença do professor se revela como a peça central para o sucesso da aplicação dessas tecnologias. A maioria dos estudantes rejeita a ideia de substituição do professor pela IA, afirmando que a presença do educador é essencial para o processo de aprendizagem. Essa constatação reforça o argumento de que a IA não é uma substituta, mas uma poderosa aliada, cuja eficácia depende diretamente da mediação pedagógica. O papel do educador, portanto, evolui de mero transmissor de conhecimento para o de um facilitador e curador, responsável por guiar os alunos, estimular o pensamento crítico e garantir a correção conceitual das informações fornecidas pelas ferramentas.

A elaboração de um guia prático, como resultado deste estudo, representa um passo concreto para transpor a teoria para a prática pedagógica. Esse guia, baseado nos achados da pesquisa, visa capacitar professores e alunos a interagirem de forma consciente com a IA, oferecendo estratégias para a utilização eficaz das ferramentas. O projeto assume uma responsabilidade prática, contribuindo para a construção de um ambiente de aprendizado mais equitativo e dinâmico.

Em suma, este trabalho reforça a ideia de que a IA pode ser uma poderosa aliada na jornada de formar cidadãos mais criativos, críticos e preparados para os

desafios científicos e tecnológicos do futuro. Ao superar barreiras históricas, a IA, quando aliada à visão e à expertise do educador, tem o potencial de aprimorar o ensino de Química e a educação como um todo, promovendo um aprendizado mais inclusivo, autônomo e significativo. Para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação do estudo para outros conteúdos de Química, a aplicação do guia prático em sala de aula real e a avaliação do impacto direto no desempenho dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. **Chemistry: the great ideas**. Pure and Applied Chemistry. v. 71, p. 927-929, 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1351/pac199971060927>>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- CLARK, T. M. (2023). **Investigating the use of an artificial intelligence *Chatbot* with general chemistry exam questions**. Journal of Chemical Education, 100(5), 1905-1916.
- DAMÁSIO, M. J. **Tecnologia E Educação. As tecnologias da informação e da comunicação e o processo educativo**. Lisboa, PT: Ed. Vega, 2007.
- DEMO, P. **Educação hoje: novas tecnologias, pressões e oportunidades**. São Paulo: Atlas, 2009.
- DIONIZIO, Thais; SILVA, Felipe; DIONIZIO, Dillyane; CARVALHO, Denis. (2019). **O Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação como Ferramenta Educacional Aliada ao Ensino de Química**. EAD EM FOCO. 9. 10.18264/eadf.v9i1.809. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338653031_O_Uso_de_Tecnologias_da_Informacao_e_Comunicacao_como_Ferramenta_Educacional_Aliada_ao_Ensino_de_Quimica> Acesso em 16 jan. 2025.
- FARAZOULI, A., CERRATTO-Pargman, T., BOLANDER-Laksov, K., & MCGRATH, C. (2023). **Hello GPT! Goodbye home examination? An exploratory study of AI *Chatbots* impact on university teachers' assessment practices**. Assessment & Evaluation in Higher Education, 1-13.
- FERNANDES, T. C. (2023). **O Uso de *Chatbots* no Contexto da Aprendizagem Baseada em Problemas na formação inicial de professores**. Revista Novas Tecnologias na Educação, 21(2), 188–197.
- GRASSINI, S. (2023). **Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and *ChatGPT* in Educational Settings**. Education Sciences, 13(7), 692.
- HONG, W. C. H. (2023). **The impact of *ChatGPT* on foreign language teaching and learning: Opportunities in education and research**. Journal of Educational Technology and Innovation, 5(1), 37-45.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). 2023. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira — Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira** | Inep (www.gov.br). Acesso em: 22 jan. 2025.
- KALLA, D., SMITH, N., SAMAAH, F., & KURAKU, S. (2023). **Study and analysis of chat GPT and its impact on different fields of study**. International journal of innovative science and research technology, 8(3), 827-833.

LEAL, *et al.* **As TICs no Ensino de Química e suas contribuições na visão dos alunos.** Brazilian Journal of Development, 2020. Disponível em: 10.34117/bjdv6n1-265. Acesso em: 18 de maio 2021.

LEE, G. G., & ZHAI, X. (2024). **Using *ChatGPT* for Science Learning: A Study on Pre-service Teachers' Lesson Planning.** IEEE Transactions on Learning Technologies, 17, 1683-1700.

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. S. **Tecnologias digitais na Educação: da formação à aplicação.** São Paulo: Livraria da Física, 2022.

LICKLIDER, J. **Man-Computer Symbiosis.** In: R. PACKER & K. JORDAN, (Eds), Multimedia: From Wagner to Virtual Reality, London: Norton & Company, 2001, pp. 55-63

MORRONE, M. L. **Cinema e Educação: a participação da “imagem em movimento” nas diretrizes da educação nacional e nas práticas pedagógicas escolares.** Dissertação de Mestrado em Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OGUNLEYE, B., ZAKARIYYAH, K. I., AJAO, O., OLAYINKA, O., & SHARMA, H. (2024). **Higher education assessment practice in the era of generative AI tools.** Journal of Applied Learning and Teaching, 7(1), 46-56.

PAVLIK, J. V. (2023). **Collaborating with *ChatGPT*: Considering the implications of generative artificial intelligence for journalism and media education.** Journalism & mass communication educator, 78(1), 84-93.

SILVA, C. S; TRAVAGLIA, C. M; LEMOS, L de F; ARRUDA, A. M. de; MACÊDO, E. de. **A Era Digital Na Educação: O Papel Transformador Da Tecnologia No Aprendizado** – Issn 1678-0817 Qualis B2.

TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A.O. **Um estudo sobre a TIC e o Ensino de Química.** SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLÓGICA-SIMTEC, 4., 2013, Aracaju. Anais [...] Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7198/S2318-34032013001059>>. Acesso em: 24 jan. 2025.

APÊNDICES

APÊNDICE A: PROTOCOLO DE PERGUNTAS PARA CHATBOTS

I. Aspectos Conceituais

1. O que são soluções químicas e como elas podem ser classificadas?
2. Defina e exemplifique os seguintes tipos de soluções:
 - a) Solução saturada
 - b) Solução insaturada
 - c) Solução supersaturada
3. O que são propriedades coligativas das soluções? Quais são elas?
4. Como a pressão de vapor de um líquido é afetada pela adição de um soluto não volátil?

II. Pressão de Vapor e Ebulioscopia

5. Explique o conceito de pressão de vapor e sua relação com o ponto de ebulição.
6. Como a adição de um soluto influencia o ponto de ebulição de um líquido? Explique o fenômeno da ebuliometria.

III. Crioscopia e Osmose

7. O que é crioscopia? Como a adição de um soluto afeta a temperatura de congelamento de uma solução?
8. Explique o conceito de osmose e pressão osmótica. Qual a importância desse fenômeno para os seres vivos?
9. Qual é a relação entre a concentração da solução e a magnitude da pressão osmótica?

IV. Fatores Matemáticos e Aplicações Práticas

10. Apresente a fórmula para o cálculo da variação do ponto de ebulição e do ponto de congelamento. Explique seus componentes.
11. Como a concentração molal do soluto afeta a intensidade das propriedades coligativas?
12. Cite três aplicações práticas das propriedades coligativas no cotidiano.

V. Análise Crítica e Comparação

13. Diferencie a abordagem entre soluções iônicas e soluções moleculares em relação às propriedades coligativas.
14. Qual é a limitação das propriedades coligativas ao se tratar de solutos iônicos? Como o fator de Van't Hoff influencia esses cálculos?

15. Em que situações práticas o conhecimento das propriedades coligativas é essencial para a indústria química e farmacêutica?

Objetivos do Protocolo

- Analisar a consistência e profundidade das respostas fornecidas pelos *Chatbots*.
- Avaliar se as respostas apresentam erros conceituais ou contradições.
- Comparar a clareza, precisão e abordagem didática de cada IA.
- Identificar diferenças na forma de exposição do conteúdo e exemplos fornecidos.

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – SOLUÇÕES E PROPRIEDADES COLIGATIVAS

I. Identificação

Série: _____ Turma: _____ Data: ____/____/____

II. Questões Objetivas

1. Sobre soluções químicas, assinale a alternativa correta:

- (A) Soluções são sempre homogêneas e compostas apenas por líquidos.
- (B) O solvente é a substância presente em menor quantidade em uma solução.
- (C) Uma solução saturada contém a quantidade máxima de soluto dissolvida em determinado solvente.
- (D) Soluções supersaturadas são aquelas que não dissolvem mais soluto, independentemente da temperatura.

2. Qual das opções abaixo apresenta um exemplo de solução sólida?

- (A) Água com açúcar
- (B) Latão (liga de cobre e zinco)
- (C) Gás carbônico na água
- (D) Ar atmosférico

3. As propriedades coligativas dependem:

- (A) Do tipo de solvente utilizado na solução.
- (B) Da natureza do soluto adicionado.
- (C) Apenas da temperatura ambiente.
- (D) Da quantidade de partículas de soluto dissolvidas.

4. A adição de um soluto não volátil a um solvente puro provoca:

- (A) A elevação da pressão de vapor e a diminuição do ponto de ebulição.
- (B) A redução da pressão de vapor e o aumento do ponto de ebulição.
- (C) O aumento da pressão de vapor e da temperatura de solidificação.
- (D) A diminuição do ponto de ebulição e do ponto de congelamento.

5. O fenômeno da osmose está relacionado à:

- (A) Difusão de soluto através de uma membrana semipermeável.
- (B) Passagem de solvente do meio menos concentrado para o mais concentrado.
- (C) Transferência de soluto de uma solução para outra de maior concentração.
- (D) Formação de precipitado em soluções supersaturadas.

III. Questões Discursivas

6. Explique o que diferencia uma solução saturada de uma solução insaturada.
7. Como a adição de sal à água pode alterar seu ponto de ebulição e seu ponto de congelamento?
8. Qual a importância das propriedades coligativas para o funcionamento do corpo humano? Dê um exemplo prático.
9. No inverno, estradas cobertas de gelo são frequentemente salpicadas com sal de cozinha (NaCl). Explique por que essa prática é útil.
10. Cite e explique duas aplicações das propriedades coligativas na indústria ou no cotidiano.

Objetivos do Questionário

- Avaliar o conhecimento prévio dos estudantes sobre soluções e propriedades coligativas.
- Identificar dificuldades conceituais que possam necessitar de maior aprofundamento.
- Comparar as respostas dos estudantes com as fornecidas pelos *Chatbots* na pesquisa.

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO PARA ESTUDANTE

Este questionário tem como objetivo investigar como as tecnologias digitais, especialmente as ferramentas baseadas em Inteligência Artificial (IA), podem contribuir para facilitar o aprendizado de conceitos de Soluções e Propriedades Coligativas. A sua participação é voluntária, e suas respostas serão mantidas em total sigilo. Os dados coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos. Por favor, leia cada questão com atenção e escolha apenas uma alternativa.

Parte 1: Perfil do Participante

1. Qual o seu ano de escolaridade?

- a) 1º ano
- b) 2º ano
- c) 3º ano
- d) Outro

2. Você já utilizou tecnologias digitais, como laboratórios virtuais ou aplicativos, para aprender Química?

- a) Sim, frequentemente
- b) Sim, algumas vezes
- c) Não, mas tenho interesse
- d) Não, e não vejo utilidade

Parte 2: Conhecimentos sobre Inteligência Artificial

3. Você sabe o que é Inteligência Artificial?

- a) Sim, tenho conhecimento avançado
- b) Sim, mas de forma básica
- c) Já ouvi falar, mas não entendo
- d) Não sei o que é

4. Ferramentas baseadas em IA podem ser úteis para aprender conceitos difíceis como Cinética Química?

- a) Concordo totalmente
- b) Concordo parcialmente
- c) Discordo parcialmente
- d) Discordo totalmente

Parte 3: Ferramentas e Tecnologias

5. Você já usou alguma ferramenta como o PhET Interactive Simulations ou o Labster?

- a) Sim, várias vezes
- b) Sim, mas poucas vezes
- c) Não, mas gostaria de experimentar
- d) Não conheço essas ferramentas

6. Quais características você considera mais importantes em ferramentas digitais para o aprendizado?

- a) Interatividade e simulações visuais
- b) Explicações detalhadas de conceitos
- c) Facilidade de uso e acessibilidade
- d) Todas as anteriores

7. Você acha que os laboratórios virtuais são tão eficazes quanto os experimentos reais no ensino de Química?

- a) Sim, são igualmente eficazes
- b) São úteis, mas não substituem os experimentos reais
- c) Depende da qualidade do laboratório virtual
- d) Não, os experimentos reais são indispensáveis

8. Qual tecnologia você considera mais interessante para aprender Cinética Química?

- a) Vídeos explicativos com simulações
- b) Aplicativos interativos baseados em IA
- c) Jogos educacionais
- d) Experimentos de laboratório físico

Parte 4: Aplicação da IA no Ensino

9. A IA pode ajudar na personalização do ensino de Química?

- a) Sim, adaptando as aulas ao nível de cada aluno
- b) Sim, mas apenas em conceitos básicos
- c) Não, o ensino personalizado depende do professor
- d) Não tenho opinião formada

10. Como você acha que a IA poderia melhorar o ensino de Cinética Química?

- a) Fornecendo feedback imediato em exercícios
- b) Explicando conceitos de forma mais visual e prática
- c) Permitindo simulações de reações químicas
- d) Todas as anteriores

11. Você já usou assistentes virtuais, como o *ChatGPT*, para estudar Química?

- a) Sim, frequentemente
- b) Sim, algumas vezes
- c) Não, mas gostaria
- d) Não, e não vejo utilidade

12. Você considera as explicações feitas por ferramentas de IA claras e úteis?

- a) Sim, são bem explicativas
- b) Sim, mas às vezes são confusas
- c) Não, prefiro a explicação de um professor
- d) Nunca utilizei

Parte 5: Benefícios e Limitações

13. Qual é o maior benefício das tecnologias digitais no ensino de Química?

- a) Tornar o aprendizado mais interativo
- b) Economizar recursos de laboratório

- c) Acessibilidade em qualquer lugar
- d) Não vejo benefícios significativos

14. Você acha que as tecnologias baseadas em IA podem substituir o professor no ensino de Química?

- a) Sim, totalmente
- b) Sim, mas apenas em alguns aspectos
- c) Não, a presença do professor é essencial
- d) Não tenho opinião formada

15. Quais são as maiores dificuldades que você enfrenta ao usar ferramentas digitais para aprender Química?

- a) Falta de acesso à internet
- b) Dificuldade em entender como usar as ferramentas
- c) Falta de interesse em tecnologias
- d) Nenhuma dificuldade significativa

16. Você acha que o uso de IA no ensino pode aumentar sua motivação para aprender Cinética Química?

- a) Sim, muito
- b) Sim, mas depende da ferramenta utilizada
- c) Não, prefiro métodos tradicionais
- d) Não tenho certeza

Parte 6: Experiência e Opiniões

17. O uso de IA no ensino de Química ajuda na compreensão de conceitos abstratos, como mecanismos de reação?

- a) Concordo totalmente
- b) Concordo parcialmente
- c) Discordo parcialmente
- d) Discordo totalmente

18. Você acredita que ferramentas de IA como laboratórios virtuais podem preparar melhor os alunos para o ENEM?

- a) Sim, porque simulam situações práticas
- b) Sim, mas apenas como complemento das aulas presenciais
- c) Não, o ENEM exige métodos tradicionais
- d) Não tenho opinião formada

19. Se tivesse acesso a uma ferramenta de IA para aprender Cinética Química, você usaria regularmente?

- a) Sim, sempre que fosse possível
- b) Sim, mas apenas para tarefas específicas
- c) Não, prefiro métodos tradicionais
- d) Não tenho certeza

20. Você recomendaria o uso de IA no ensino de Química para outros alunos?

- a) Sim, com certeza
- b) Sim, mas com algumas ressalvas

- c) Não, não vejo vantagens
- d) Não tenho opinião formada

21. Quais das ferramentas e IAs abaixo você já utilizou ou ouviu falar? (Você pode escolher mais de uma opção)

- a) Wolfram Alpha
- b) Labster
- c) ChemCollective
- d) *ChatGPT* (ou outro assistente virtual baseado em IA)
- e) PhET Interactive Simulations
- f) ALEKS
- g) Google AI Experiments
- h) Virtual Chemistry Labs
- i) Nenhuma das anteriores

22. Com que frequência você utiliza o *ChatGPT* ou ferramentas similares para estudar ou tirar dúvidas?

- a) Diariamente
- b) Algumas vezes por semana
- c) Algumas vezes por mês
- d) Raramente
- e) Nunca

23. Para quais fins você mais utiliza o *ChatGPT* ou ferramentas similares?

- a) Tirar dúvidas sobre conceitos específicos de Química
- b) Resolver exercícios ou problemas de Cinética Química
- c) Obter explicações detalhadas de conteúdos difíceis
- d) Buscar exemplos ou aplicações práticas de conceitos
- e) Não utilizo o *ChatGPT* para estudar Química

APÊNDICE D: GUIA PRÁTICO: ESTRATÉGIAS E PROMPTS PARA USAR IAS NO ESTUDO DE QUÍMICA

Este guia oferece um manual prático para professores e alunos que desejam utilizar inteligências artificiais como ferramentas eficazes de apoio no aprendizado e ensino de Química. O foco é em como formular perguntas (prompts) que extraiam o máximo de potencial da IA, transformando-a de um simples buscador para um verdadeiro parceiro de estudo.

Princípios Fundamentais para a Formulação de Prompts:

1. **Seja Específico:** Evite perguntas genéricas. Quanto mais detalhada for a sua solicitação, mais precisa e útil será a resposta da IA.
2. **Defina a Persona da IA:** Peça à IA para assumir um papel, como o de um professor, um tutor, um pesquisador ou um aluno, para que a resposta seja formatada de acordo com suas necessidades.
3. **Use Metáforas e Analogias:** Peça à IA para explicar conceitos complexos usando analogias do cotidiano. Isso facilita a visualização e a memorização.
4. **Peça por Estrutura:** Solicite que a resposta seja organizada em tópicos, listas, tabelas ou resumos para facilitar a leitura e o estudo.
5. **Solicite Exercícios e Avaliações:** Transforme a IA em uma ferramenta de prática, pedindo que ela crie exercícios, questões de múltipla escolha ou até mesmo simulações.

Estratégias e Exemplos de Prompts por Objetivo de Estudo:

1. Compreensão Conceitual e Teórica

Objetivo: Obter definições, explicações e entender os mecanismos por trás dos fenômenos químicos.

- **Prompt de Exemplo (Professor):**
 - "Quero preparar uma aula sobre reações de oxidação-redução para o Ensino Médio. Explique o que são esses processos de forma clara, utilizando uma analogia com a transferência de dinheiro entre pessoas. Inclua os conceitos de agente oxidante e agente redutor."

- **Prompt de Exemplo (Aluno):**

- "Me explique a Lei de Hess. Use um exemplo prático de cálculo para uma reação em 3 etapas, mostrando passo a passo como chegar ao resultado final."
- "Assuma que você é um professor de Química. Me explique o que são ligações de hidrogênio e por que elas são tão importantes para as propriedades da água."

2. Resolução de Problemas e Exercícios

Objetivo: Praticar a resolução de problemas e entender o passo a passo para chegar à resposta.

- **Prompt de Exemplo:**

- "Me ajude a resolver este problema de estequiometria: 'Qual a massa de CO₂ produzida na combustão completa de 100g de metano (CH₄)?' Não me dê a resposta final. Me guie passo a passo, perguntando o que devo fazer em cada etapa (ex: 'Qual o primeiro passo? Qual a massa molar de CH₄ e CO₂).'"
- "Crie 5 exercícios de fixação sobre cálculo de molaridade e molalidade. Inclua as respostas e um passo a passo para a resolução de cada um."
- "Atue como um tutor de Química. Me ajude a resolver um exercício de ebulioscopia. O problema é: 'Uma solução foi preparada dissolvendo 15 g de uréia (CO(NH₂)₂) em 200 g de água. Calcule a variação do ponto de ebulição (ΔT_{eb}) da solução, sabendo que a constante ebulioscópica da água é 0,52 °C kg/mol e a massa molar da uréia é 60 g/mol'. Guie-me passo a passo e me diga a fórmula a ser utilizada."
- "Crie um exercício de cálculo de crioscopia para um estudante do Ensino Médio. O problema deve envolver a adição de cloreto de sódio (NaCl) na água. Peça para o estudante considerar o fator de Van't Hoff (i) e a massa molar do soluto. Inclua a resposta e a resolução detalhada."
- "Qual a fórmula para o cálculo da pressão osmótica (Π)? Explique cada variável da fórmula e crie um problema de aplicação para que eu possa praticar. Inclua a resposta final."

3. Elaboração de Material Didático

Objetivo: Utilizar a IA para criar conteúdos como resumos, tabelas comparativas, mapas mentais e apresentações.

- **Prompt de Exemplo:**

- "Elabore um resumo detalhado sobre a teoria de ácidos e bases de Brønsted-Lowry e de Lewis. Estruture a resposta em tópicos para facilitar o estudo."
- "Crie uma tabela comparativa com as principais características da ligação iônica, covalente e metálica. Inclua colunas para os tipos de elementos envolvidos, a natureza da ligação e as propriedades físicas resultantes (ponto de fusão, condutividade elétrica)."

4. Revisão e Avaliação

Objetivo: Testar o conhecimento e identificar pontos que precisam de reforço.

- **Prompt de Exemplo:**

- "Crie 10 perguntas de múltipla escolha sobre balanceamento de equações químicas. Ao final, me forneça as respostas e uma breve explicação para cada uma."
- "Me faça perguntas sobre o conteúdo que acabei de estudar (termodinâmica). Pergunte uma por vez e, após eu responder, me diga se minha resposta está correta e por quê."
- "Atue como um tutor de Química. Me ajude a identificar quais conceitos de Cinética Química eu ainda não domino. Me faça perguntas de forma progressiva, da mais fácil para a mais difícil, para avaliar meu nível de conhecimento."

APÊNDICE E: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **“O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE QUÍMICA: Uma Análise das Tecnologias Digitais para Facilitar a Aprendizagem de Conceitos sobre as Propriedades Coligativas”**. Neste estudo pretendemos **como objetivo analisar os conceitos relacionados às propriedades coligativas apresentados por três plataformas de inteligência artificiais distintas, *ChatGPT* (OpenAI), *Copilot* (Microsoft) e *Gemini* (Google), visando identificar abordagens, semelhanças, diferenças e possíveis lacunas no entendimento do tema.**

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é **difículdade notória no ensino e aprendizado dos conceitos de propriedades coligativas, cuja natureza abstrata e molecular resulta frequentemente em uma compreensão superficial. A Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora para preencher essa lacuna, oferecendo novas formas de visualização e interação que podem tornar fenômenos complexos mais tangíveis. O trabalho propõe uma análise comparativa das abordagens de três plataformas de IA — ChatGPT, Copilot e Gemini — sobre o tema, visando identificar suas potencialidades, limitações e lacunas. A relevância da pesquisa transcende a simples aplicação de tecnologia, pois se baseia na necessidade de adaptar o ensino de Química às demandas de um mundo digital e interconectado, capacitando os estudantes a desenvolverem pensamento crítico e competências essenciais para o futuro.** Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. **A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você poderá ser identificado apenas na apresentação do trabalho por imagens.** Este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, ler etc. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, _____, fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclareceras minhas dúvidas.

Picos- PI, _____ de _____ de 2025

Assinatura do aluno ou responsável

Assinatura do pesquisador