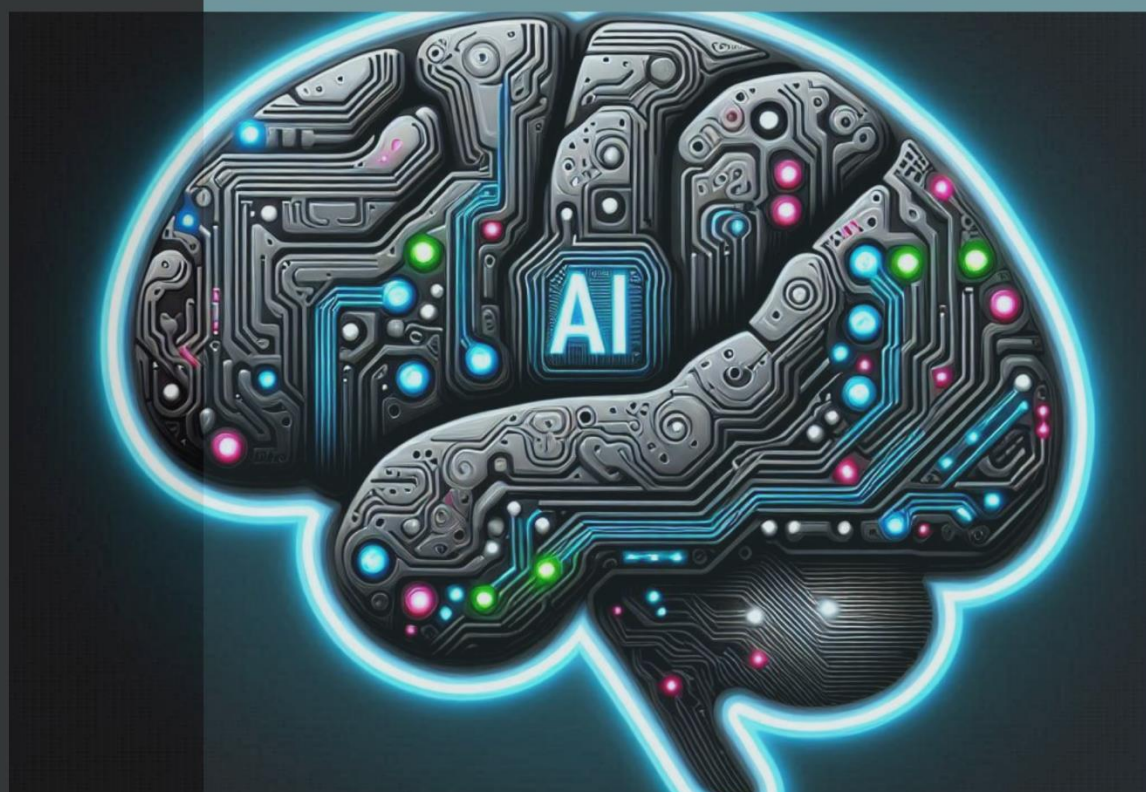


SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA – SBQ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
(PROFQUI)

ALQUIMIA DIGITAL



TRANSFORMANDO A EDUCAÇÃO EM
QUÍMICA COM IA GENERATIVA

DIOGO GONZAGA MONTE DA COSTA
EDGAR PERIN MORAES



Sociedade Brasileira de Química



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

Sociedade Brasileira de Química – SBQ

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI

**Coleção de e-books do Programa de Mestrado Profissional em Química em
Rede Nacional (PROFQUI)**

ALQUIMIA DIGITAL

Transformando a Educação em Química com IA Generativa

**Diogo Gonzaga Monte da Costa
Edgar Perin Moraes**

**1º Edição EditSBQ / PubliSBQ Sociedade Brasileira de
Química
2024**

© **Sociedade Brasileira de Química – SBQ**

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI)

Coleção de e-books do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI)

Coordenadora do PROFQUI

Bárbara Vasconcelos da Silva (IQ-UFRJ)

Corpo editorial da EditSBQ

Carlos Alberto L. Filgueiras (UFMG)

Claudia Moraes de Rezende (UFRJ)

Daltamir Justino Maia (IFSP) - Coordenador

Edvaldo Sabadini (UNICAMP)

Frank Herbert Quina (USP)

Heloise de Oliveira Pastore (UNICAMP)

Hugo Alejandro Gallardo Olmedo (UFSC)

Joaquim de Araujo Nobrega (UFSCar)

Marco Tadeu Grassi (UFPR)

Mário Cesar Ugulino de Araújo (UFPB)

Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Romeu Cardozo Rocha Filho (UFSCAR)

Ronaldo Aloise Pilli (UNICAMP)

Ficha Catalográfica

Este conteúdo está licenciado com uma licença Creative Commons – Atribuição-não comercial CC BY-NC.

É permitido o compartilhamento e adaptações desde que para fins não comerciais.



Sobre os autores



DIOGO GONZAGA MONTE DA COSTA

Licenciado em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), em 2012, especialista em Ensino de Química pela Faculdade de Educação e Tecnologia da Região Missioneira (FETREMIS), em 2014.

Professor efetivo da rede estadual da Paraíba, professor efetivo da rede municipal de João Pessoa-PB e professor da rede privada na cidade de João Pessoa. Atualmente, está no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), 2023-2024.



EDGAR PERIN MORAES

Professor associado III na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) desde 2012, especializado em separações analíticas e quimiometria. Sua pesquisa integra análises Químicas com métodos matemáticos e estatísticos, visando avançar a compreensão de sistemas complexos.

Ele possui mestrado e doutorado em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (USP) e realizou pós-doutorado na Universidad CEU San Pablo, em Madrid, Espanha. Posteriormente, retornou à Universidade de São Paulo para um segundo pós-doutorado. Sua formação abrange Planejamento e Otimização de Experimentos, Reconhecimento de Padrões e Classificação de Dados, Calibração Multivariada e métodos de Inteligência Artificial.

Atua no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) desde 2017.

Prefácio

A publicação deste e-book é mais uma demonstração de que o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) vem se constituindo em um *locus* importante para a criação de instrumentos facilitadores do ensino e da aprendizagem da Química.

Sobre seus autores, conheci o estudante Diogo Gonzaga Monte da Costa em 2023.1, após o seu ingresso no PROFQUI, quando ele cursava o componente curricular “Química I – Origem dos elementos e das moléculas”, tendo excelente desempenho e apresentando ideias que eram socializadas com seus colegas, razão que o tornou representante discente no Colegiado do PROFQUI-UFRN.

Já o professor Edgar Perin Moraes convive conosco como docente do Instituto de Química da UFRN desde 2012, tendo se integrado ao PROFQUI-UFRN em 2017. Em todo esse período, Edgar tem atuado como docente ministrando cursos, orientando estudantes e desenvolvendo pesquisas das quais resultaram artigos bem referenciados, publicados em periódicos especializados da área de Química Analítica e, mais recentemente, da área de Educação em Química.

Certamente foi da convergência de ideias entre estes autores que se definiu o projeto de unir princípios surgidos desde a época da alquimia até o atual estágio da Química, com os constantes avanços das tecnologias digitais, objetivando criar suporte a novas metodologias para o ensino e a aprendizagem da Química, utilizando tecnologias de Inteligência Artificial Generativa.

O resultado desse projeto consolida-se com a elaboração deste e-book, no qual são descritos princípios e ações que, seguidos adequadamente, além do caráter motivacional para os estudantes, podem amparar aspectos representacionais mais realísticos, facilitando a compreensão dos assuntos tratados nos processos de aprendizagem e minimizando riscos de internalização de conceitos alternativos equivocados pelos estudantes.

Vale registrar que as ideias desenvolvidas nesta obra não se limitam ao ensino da Química, podendo ser customizadas para aplicações com objetivos semelhantes em outros campos do saber.

Professor Ótom Anselmo de Oliveira

Instituto de Química

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Sumário



1. Boot inicial: Fundamentos da Inteligência Artificial Generativa na Educação em Química.....	6
2. Firewall Ético: Navegando Responsabilidades no uso da IAG.....	15
3. Prompts: Maximizando o uso da IAG no Ensino de Química.....	20
3.1. O que é um <i>prompt</i> ?.....	21
3.2. <i>Prompts</i> eficientes para IAG no Educação em Química.....	22
3.3. Etapas para o desenvolvimento de <i>prompts</i> eficientes.....	22
3.4. Comparação entre um <i>prompt</i> simples e um <i>prompt</i> bem construído.....	25
4. Moldando Planos de Ensino com o uso da IAG.....	30
4.1. <i>Prompt</i> genérico para suporte na elaboração de um Plano de Ensino com IAG.....	32
5. Desenhando Aulas Inovadoras: O Suporte da IAG na Elaboração de Planos de Aula.....	38
5.1. O papel da IAG na elaboração de Planos de Aula.....	39
5.2. Aplicações da IAG na promoção da Inclusão Educativa.....	40
5.3. Preparando um <i>prompt</i> para Plano de Aula.....	42
6. Dinâmicas de Grupo Facilitadas por IAG.....	47
6.1. Importância das Dinâmicas de Grupo no processo educacional.....	48
6.2 O Papel da IAG nas Dinâmicas de Grupo.....	48
6.3. Benefícios e desafios do uso da IAG nas Dinâmicas de Grupo.....	49
6.4. Preparando um <i>prompt</i> para Dinâmicas de Grupo.....	50
7. Laboratório Virtual: Experimentos Enriquecidos com IAG.....	57
7.1. Importância de experimentos no Processo Educacional.....	58
7.2. Benefícios e desafios do uso da IAG em Experimentos Virtuais.....	59
7.3 Plataformas para laboratórios virtuais.....	59
7.4. Preparando a prática virtual.....	61

Sumário



8. Upgrade na Educação em Química com Atividades e Exercícios Baseados em IAG.....	66
8.1. Importância das atividades e exercícios no Processo Educacional.....	66
8.2. O papel da IAG na produção de atividades e exercícios.....	67
8.3. Benefícios e desafios do uso da IAG na elaboração atividades e exercícios no Processo Educacional.....	68
8.4. Um <i>prompt</i> genérico para criar atividades e exercícios em Química.....	69
9. Revisão e Aperfeiçoamento de Textos com IAG.....	77
9.1. A relevância da revisão e aperfeiçoamento de textos na educação.....	78
9.2. O papel da IAG na revisão e aperfeiçoamento de textos didáticos.....	79
9.3. Benefícios e desafios do uso da IAG na revisão e aperfeiçoamento de textos no Processo Educacional.....	79
9.4. Um <i>prompt</i> genérico para revisão e aperfeiçoamento de textos com IAG....	81
9.5. Aplicação de revisão e aperfeiçoamento de um texto.....	84
10. Geração de Imagens, Ilustrações, Áudios e Vídeos a partir da IAG.....	87
10.1. A relevância da utilização de imagens, ilustrações, áudios e vídeos.....	88
10.2. O papel da IAG na criação de imagens, ilustrações, áudios e vídeos para fins didáticos.....	89
10.3. Como criar <i>prompt</i> eficaz para geração de imagens.....	94
10.4. Benefícios e desafios do uso da IAG na geração de imagens, ilustrações, áudios e vídeos.....	96
10.5. Outras ferramentas e plataformas para criação de imagens, ilustrações e áudios.....	98
Referências Bibliográficas.....	103

1. *Boot inicial:* Fundamentos da Inteligência Artificial Generativa na Educação em Química

A Química e a computação estão em uma festa dos anos 80. Nesta hipotética festa, a Química é o *DJ* talentoso, misturando elementos e compostos como se estivesse criando a trilha sonora mais incrível de todas. Ela pega átomos de hidrogênio e oxigênio e, de repente, cria uma batida d'água que todo mundo adora. Mas, eis que entra a computação, o especialista em tecnologia, com seu teclado de sintetizador e um monte de instruções brilhantes. Juntos, eles fazem uma dupla imbatível: a Química fornece as notas, os reagentes e as reações, enquanto a computação processa tudo isso em sinfonias digitais incríveis.

Agora, adicionemos à mistura um assistente avançado: a Inteligência Artificial Generativa (IAG). Pense nela como um atendente nessa festa, mas em vez de servir coquetéis, ele mistura dados, instruções detalhadas e conhecimento químico para criar conteúdo educativos que são verdadeiros elixires do aprendizado. Precisa de uma explicação sobre ligações covalentes? O nosso atendente robô explica com clareza e de uma maneira que faria você querer pedir "mais uma rodada" de conhecimento.

Esse capítulo é como se estivéssemos explorando a evolução dessa festa. Começamos nos primórdios, quando a Química estava começando a fazer seus primeiros remixes com a ajuda de computadores rudimentares. Avançamos para o presente, onde as instruções complexas ajudam a resolver os problemas químicos mais desafiadores. E, finalmente, mergulhamos no futuro, onde a IAG promete transformar qualquer aula de Química em uma experiência educativa envolvente, com gráficos tridimensionais, simulações interativas e uma ajudinha

personalizada para cada estudante, como se cada um tivesse um técnico afinando seus instrumentos de aprendizagem.

A Química e a computação sempre estiveram intimamente relacionadas ao longo do tempo. Se por um lado, a computação se desenvolveu apoiada em produtos desenvolvidos com a Química, como *microchips*, polímeros, telas sensíveis ao toque, unidades de processamento, circuitos, memórias, placas, gabinetes, entre outros, pelo outro lado a computação tem sido uma interface que tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias Químicas utilizadas no dia a dia, atuando na produção de alimentos, medicamentos, energia renovável, nanotecnologia, baterias, materiais supercondutores, medicina moderna, entre outros.

Em outras palavras, a Química é uma ciência que sempre esteve à frente da tecnologia, desde os primórdios dos computadores. E com o passar do tempo, a Química tem utilizado algoritmos de programação para solucionar problemas cada vez mais complexos. Esses algoritmos são usados para tratar e selecionar dados, processar sinais analíticos, reconhecer padrões, classificar dados, monitorar e controlar a qualidade, e até mesmo prever propriedades Químicas (Alves; Braga; Andrade, 2018; Barreiro *et al.*, 1997; Barros Neto; Scarminio; Bruns, 2006; Dou *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2019). É como se você estivesse em uma cozinha gigante, cheia de ingredientes e utensílios domésticos. A Química é como o *chef* que tem usado receitas para tudo, desde criar pratos deliciosos até ensinar os outros a cozinhar, sendo o computador um de seus principais utensílios.

A pesquisa em educação tem se concentrado em compreender as necessidades de aprendizagem dos alunos e em avaliar sua compreensão da Química, bem como em identificar abordagens de ensino eficazes (Cooper; Stowe, 2018). Embora essas questões não tenham respostas simples devido à natureza complexa dos processos cognitivos dos estudantes, é empolgante explorar as evidências indiretas de sua compreensão. Os processos cognitivos envolvem raciocínio intuitivo, associação com conhecimentos prévios e julgamentos afetivos, tornando o estudo da educação em Química desafiador e fascinante ao mesmo tempo (Talanquer, 2014). Neste sentido, todos esses

“ingredientes e utensílios” têm contribuído para o ensino e aprendizagem de Química, principalmente os recursos educacionais tecnológicos que vão desde simulações de fenômenos às visualizações do mundo submicroscópico.

De acordo com a Dra. Jean Lave, a Teoria da Aprendizagem Situada enfatiza a importância do contexto social, cultural e prático no processo de aprendizagem, em outras palavras, como a interação dos indivíduos com seu ambiente influencia esse processo (Lave, 2019; Lave; Wenger, 2022). A essência da teoria reside na concepção de que a aquisição de conhecimento está encadeada ao ambiente e contexto em que ocorre. A perspectiva da Aprendizagem Situada ressalta a importância do envolvimento prático e da resolução de problemas autênticos e complexos como pilares básicos do processo educativo.

Como consequência, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) representam um recurso educacional para a realização prática e a resolução de desafios autênticos (Moursund, 2005). Portanto, a sinergia entre Aprendizagem Situada e TDICs pode proporcionar acesso rápido a informações atualizadas, promover interações significativas e colaborativas, facilitando a construção do conhecimento em ambientes educacionais diversos. Além disso, a Aprendizagem Situada e o Construtivismo demonstram uma compatibilidade intrínseca, sustentando um ao outro em seus princípios e abordagens educacionais.

As TDICs têm estimulado mudanças no âmbito educacional da Química, desenvolvendo novos recursos de ensino e aprendizagem (Sepúlveda; Cañas Urrutia; Bobadilla Gómez, 2018; Da Silva; Lins; Leão, 2019; Moreno; Heidelmann, 2017). Apesar de existirem desafios em suas aplicações (Guaita; Gonçalves, 2022), as TICs têm se estabelecido como um elemento transformador. A ampla disponibilidade de recursos educacionais tecnológicos, como simulações computacionais, realidade virtual, metaverso, conteúdo online, aplicativos interativos e vídeos educacionais de alta qualidade, oferece aos educadores uma gama diversificada de ferramentas poderosas para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem.

Esta obra digital oferece uma visão atual e enriquecedora da crescente integração de uma Tecnologia de Informação e Comunicação na educação, a Inteligência Artificial (IA), e o seu impacto transformacional na paisagem do ambiente educacional em Química. Neste contexto, o livro explora o vasto potencial dessas tecnologias avançadas, revelando suas promessas disruptivas para a experiência didática e a eficiência acadêmica.

Seguindo esta linha, a análise foca em como as Inteligências Artificiais (IAs) podem redefinir a dinâmica tradicional da sala de aula, proporcionando soluções modernas e personalizadas para o aprendizado da Química. Esta obra pode contribuir para o debate interdisciplinar entre especialistas em educação, ciência da computação e Química, visando desenvolver soluções colaborativas e sustentáveis para o futuro da educação em Química. Além disso, um dos objetivos é estimular o entusiasmo e a curiosidade dos leitores e professores de Química, incentivando-os a refletir sobre as implicações positivas e negativas das IAs na educação, e a discutir maneiras responsáveis de implementar essas tecnologias para benefício máximo dos estudantes. E este livro digital busca explorar o novo mundo das inteligências artificiais (IAs) e desvendar como essas IAs irão revolucionar a sala de aula.

O grande ponto de inflexão, talvez o maior de toda nossa humanidade, é a Inteligência Artificial Generativa (IAG), uma subárea da Inteligência Artificial que está revolucionando a educação e a pesquisa (Alasadi; Baiz, 2023; Bai; Stede, 2022; Dou *et al.*, 2023; Zhang; Aslan, 2021). A IAG usa técnicas de aprendizado de máquina para gerar conteúdo original e criativo a partir de dados existentes (Goodfellow *et al.*, 2014; Radford; Metz; Chintala, 2016). É como se a máquina fosse um artista que cria obras a partir de inspirações antigas. E isso não se limita apenas a textos, mas também a imagens, músicas e vídeos.

Voltando ao exemplo da Química como *chef* de cozinha, a IAG seria como um assistente de cozinha que, a partir de muitas receitas que ela aprendeu durante seu treinamento, cria novas variações de bolo, com diferentes sabores e texturas. Ou então, se o professor for um músico com algumas melodias, a IAG seria como um produtor musical que, a partir de um supertreinamento com *terabytes* de melodias, cria novas músicas, com diferentes ritmos e instrumentos. Essa tecnologia oferece um potencial incrível para transformar a forma de

interagir com as máquinas. É como se as máquinas estivessem se tornando cada vez mais humanas, capazes de criar e inovar como nós. E isso é apenas o começo. Com a IAG, a educação em Química está prestes a dar um salto quântico, transformando a forma de aprender e ensinar dessa ciência fascinante.

Em um contexto de continua evolução tecnológica, esta obra digital se esforça em explorar o vasto potencial das IAGs – particularmente os modelos de aprendizado de máquina conhecidos como *Large Language Models* (LLMs) – e seus impactos transformadores na educação em Química.

Os LLMs (Chowdhery *et al.*, 2022; Dai *et al.*, 2019; Hoffmann *et al.*, 2022; Kesar *et al.*, 2019; Touvron *et al.*, 2023; Vaswani *et al.*, 2017), como o famoso *ChatGPT* (*Chat Generative Pre-Trained Transformer*) (Brown *et al.*, 2020), modelo de linguagem AI desenvolvido pela *OpenAI* (chat.openai.com), *Copilot*, assistente de inteligência artificial desenvolvido pela *Microsoft* (copilot.microsoft.com), e *Gemini*, um novo modelo de linguagem de inteligência artificial (IA) desenvolvido pelo *Google* (gemini.google.com), representam uma revolução na geração automatizada de textos, permitindo interações mais naturais e inteligentes com sistemas informáticos. Esses *chatbots* são programas de computador que simulam e processam a conversação humana (seja escrita ou falada), permitindo que humanos interajam com máquinas digitais como se estivessem se comunicando com uma pessoa real.

Esses *chatbots* podem ajudar o professor de Química a pensar e planejar planos de curso e de aulas, desenvolver dinâmicas de grupo e experimentos interessantes e contextualizados, reforçar temas específicos, ofertar atividades e exercícios diferenciados, revisar textos e melhorar a comunicação com a escola e com os alunos, e acompanhar o progresso individual dos estudantes, temas que são abordados por este livro digital.

Além disso, existem plataformas de geração de imagens, como por exemplo *DALL-E*, *Midjourney*, *Copilot Designer*, *Leonardo AI*, *Canva*, e muitas outras que utilizam inteligência artificial para criar imagens de forma automatizada (figura 1). Essas plataformas permitem a criação instantânea de imagens a partir de textos descritivos e são capazes de gerar imagens tridimensionais e animadas. Na Química, seu uso pode auxiliar na construção de

materiais didáticos e na criação de atividades para o aprendizado, podem ser utilizadas para ilustrar conceitos complexos relacionados à cinética molecular ou à cristalografia, gerar visualizações para ilustrar conceitos complexos de termodinâmica, equilíbrio iônico e outros campos da Química, auxiliando na criação de materiais didáticos e apresentações.

Figura 1. Representação de Dmitri Ivanovic Mendeleev e a tabela periódica usando o Copilot Designer.



Estas plataformas de geração de imagens representam apenas algumas opções disponíveis no mercado, mas já mostram seu grande potencial para transformar a educação em Química, tornando mais atraente o aprendizado deste importante ramo do conhecimento científico.

Explorando a fronteira entre a inteligência artificial e a educação em Química, é razoável prever que os próximos modelos de aprendizado de máquina, especialmente os LLMs, adquirirão um alcance ainda mais expressivo graças à sua capacidade de lidar com vários modos de entrada, como texto, imagens, áudio e vídeo. Esse paradigma multimodal significa que os futuros LLMs terão a capacidade de interpretar e gerar conteúdo em diferentes formatos,

permitindo uma interação mais natural e fluida com os sistemas informáticos. Por exemplo, um modelo multimodal poderia responder perguntas sobre a estrutura molecular de um composto, enquanto também apresentasse uma imagem visual da molécula em questão. Ou ainda, um modelo multimodal poderia gerar vídeos explicativos sobre reações Químicas, incorporando animações e narrativas audiovisuais. Além disso, a capacidade de lidar com múltiplos modos de entrada pode auxiliar na criação de conteúdos acessíveis para estudantes com deficiências auditivas, visuais ou outras limitações.

No entanto, é importante destacar que a implantação de modelos multimodais requer investimentos consideráveis em recursos humanos e tecnológicos, além de uma abordagem cautelosa e ética na criação e distribuição de conteúdo. Assim, embora a perspectiva de modelos multimodais seja excitante, é fundamental garantir que essas tecnologias sejam responsabilizadas e benéficas para todos os membros da sociedade.

No contexto da criação de músicas, imagens e vídeos, é notável observar como as IAGs, como o *Runway* da *Runway Research* e o *SORA* da *OpenAI*, estão redefinindo os limites da criatividade algorítmica. Essas plataformas exemplificam a capacidade das IAGs de transcender as fronteiras tradicionais da geração de conteúdo multimídia, oferecendo novas perspectivas e possibilidades para a expressão artística e educacional. A sinergia entre tecnologia e educação em Química é uma fonte inesgotável de inovação, promovendo a disseminação do conhecimento de forma envolvente e acessível. Este cenário dinâmico representa um marco significativo na integração da IAG no contexto educacional, abrindo portas para uma abordagem mais holística e estimulante no ensino e aprendizado da Química.

Por exemplo, com a IAG *Runway* (runwayml.com), basta você entrar no site e criar uma conta para começar a produzir seus próprios vídeos. É possível se cadastrar ou entrar com sua conta *Google* e gerar vídeos personalizados. Você pode criar um personagem junto com sua turma e dar vida a ele, sendo a mascote da turma, auxiliando no desenvolvimento de conteúdos, criar um desenho animado, um anime, entre outros. Na figura 2 é possível observar 2 quadros de um vídeo produzido com a IAG *Runway* usando a personagem animada do Mendeleev da figura 1.

Figura 2. Dois quadros de um vídeo criado da representação de Dmitri Ivanovic Mendeleev e a tabela periódica usando o *Runway*.



Com a *Runway*, é possível criar vídeos a partir de textos, usando imagens e até outros vídeos. O site é repleto de tutoriais que podem melhorar a performance dos vídeos. Entretanto, em muitos casos os vídeos acabam deformando as imagens e apresentam algumas limitações que possivelmente serão superadas nas próximas versões.

A *OpenAI* surpreendeu o mercado ao publicar um relatório técnico intitulado “*Video generation models as world simulators*” a inteligência artificial *SORA* (openai.com/index/sora/), um modelo generalista capaz de gerar imagens e vídeos com durações, proporções e resoluções diversas e em alta definição. Entretanto, diferente das outras IAGs que foram treinadas usando *tokens* de texto, *SORA* está sendo treinada com *patches* visuais, uma vez que eles são uma representação eficaz para modelos de dados visuais. Ou seja, essa IAG está sendo treinada com vídeos e imagens fragmentados e cada um desses fragmentos de espaço-tempo é chamado de *patch*.

Com essa nova tecnologia, *SORA* é capaz de produzir vídeos realísticos e em alta definição, capazes de revolucionar a indústria audiovisual, de videogames e outras, mas não só isso, como diz o próprio título do relatório técnico, esses modelos são capazes de simular mundos, onde diversos experimentos poderão ser testados e otimizados antes da produção no mundo real. A limitação no desenvolvimento encontra-se nas supermáquinas necessárias para treinar esse tipo de inteligência artificial.

Com base nestas tecnologias emergentes, este livro visa explorar o potencial das IAGs para transformar a forma de interagir com as máquinas,

oferecendo possibilidades inovadoras para o aprendizado da Química. Neste caminho, a análise considera se a integração dessas tecnologias pode resultar em maior acessibilidade ao conhecimento científico, aumento dos recursos pedagógicos disponíveis, além de diagnóstico instantâneo e adaptativo para os estudantes.

2. Firewall Ético: Navegando Responsabilidades no uso da IAG

Você está em um restaurante *gourmet*, onde cada prato é uma obra-prima, elaborada por *top chefs*. O menu é repleto de delícias promissoras, mas há um problema: alguns dos pratos ocasionalmente saem da cozinha com erros. Pode ser um toque de tempero a mais, um ingrediente trocado ou uma técnica mal executada, e isso pode comprometer toda a experiência gastronômica.

Da mesma forma, as Inteligências Artificiais Generativas (IAGs) são esses *chefs* modernos na cozinha da ciência e da tecnologia. Elas prometem avanços significativos em diversas áreas, criando pratos (ou respostas) incríveis a partir de um vasto repertório de receitas (dados). Contudo, assim como no restaurante, esses *chefs* eletrônicos também enfrentam desafios e limitações que precisam ser cuidadosamente gerenciados para evitar que um prato perfeito se transforme em um desastre culinário. No capítulo a seguir, exploraremos essas promessas e percalços das IAGs, e como a comunidade científica está lidando com as possíveis "alucinações" que podem surgir desse banquete digital.

O uso de Inteligências Artificiais Generativas (IAGs) tem despertado considerável interesse em diversas áreas, oferecendo promessas de avanço significativo. No entanto, este avanço é acompanhado por desafios substanciais e limitações que merecem atenção. Uma série de publicações (Casheekar *et al.*, 2024; Currie, 2023; Emenike; Emenike, 2023; Graham, 2022; Hutson, 2022; Lawrie, 2023; Passos; Eleutério, 2023; Qasem, 2023; Raman; Venugopalan; Kamal, 2024; Retkowsky; Hafermalz; Huysman, 2024; Vaishya; Misra; Vaish, 2023) destacaram a propensão dessas ferramentas a erros e à geração de informações incorretas, representando um risco para o profissionalismo, a ética e a integridade.

Essas preocupações levaram muitos corpos editoriais de revistas científicas a abordar os potenciais riscos associados ao uso de modelos linguísticos na pesquisa, e a discutir maneiras de garantir sua utilização ética (Aghemo; Forner; Valenti, 2023; Ali; Djalilian, 2023; Altmäe; Sola-Leyva; Salumets, 2023; Chen, 2023; Gaggioli, 2023; Gilat; Cole, 2023; Golan *et al.*, 2023; Marchi; Sampieri, 2023; Misra; Chandwar, 2023; Rahimi; Abadi, 2023; Vintzileos; Chavez; Romero, 2023; Zheng; Zhan, 2023). A questão central reside na necessidade de estabelecer diretrizes claras para o uso dessas ferramentas, a fim de manter a integridade e transparência na pesquisa científica, evitando seu uso inadequado, como na produção de textos científicos.

Quando se trata de resolver questões de Química, é possível observar que o ChatGPT muitas vezes fornece respostas incorretas e explicações deficientes, especialmente em consultas que exigem habilidades específicas (Clark, 2023; Leon; Vidhani, 2023). Além disso, há preocupações sobre a integridade das respostas geradas por *chatbots*, especialmente em questões relacionadas à Química orgânica, onde esses sistemas não conseguem realizar raciocínios mecanicistas no mesmo nível que os alunos (Watts *et al.*, 2023). Outras limitações incluem o fenômeno das "alucinações artificiais", em que o *ChatGPT* gera informações que parecem autênticas, mas não são precisas, afetando a confiabilidade das respostas (Alkaissi; Mcfarlane, 2023; Salvagno; Taccone; Gerli, 2023).

As alucinações artificiais que as Inteligências Artificiais (IAs) sofrem são como ilusões ou enganos que ocorrem nos sistemas de inteligência artificial. Assim como nós, seres humanos, podemos ter visões ou percepções falsas, as IAs também podem ter essas "alucinações". Isso acontece porque as IAs são treinadas com enormes quantidades de dados e padrões, e às vezes, esses padrões podem ser interpretados de maneira errada, levando a conclusões falsas.

Imagine uma IA treinada para identificar imagens de deliciosos muffins. Agora, se ela deparar com uma imagem de um cachorro Chihuahua com uma aparência suspeitamente parecida, mas que na verdade não é um muffin, ela pode acabar "alucinando" e classificando erroneamente o pobre cachorrinho

como um muffin (Figura 3). Essa confusão toda acontece por causa da complexidade dos algoritmos e da forma como os dados são interpretados pela IA. Afinal, até mesmo as máquinas podem ter seus momentos de ilusão de ótica!

Figura 3. Representação de uma montagem interessante que brinca com nossa percepção visual entre um muffin e um cachorro Chihuahua usando a Leonardo AI.



Em Química, as alucinações artificiais podem ser comparadas ao efeito de drogas, como por exemplo cannabis, anfetaminas, álcool, cocaína, LSD, entre outras, que alteram a percepção da realidade e causam alucinações visuais, auditivas e táteis (Medeiros; Ribeiro; Trajano, 2021). Essas substâncias afetam o sistema nervoso central, causando distorções na percepção da realidade. Da mesma forma, as IAs podem "alucinar" ao interpretar erroneamente os padrões e dados com os quais foram treinadas, resultando em produções de conteúdo sem sentido, incorretas ou fictícias. Essas "alucinações" das IAs podem ser comparadas aos efeitos das drogas psicotrópicas, que distorcem a percepção da realidade.

Tanto no caso das drogas psicoativas, que alteram o processo psíquico, quanto no caso das IAs, que interpretam erroneamente os padrões e dados com os quais foram treinadas, as alucinações são consequências de uma interpretação distorcida da realidade.

As alucinações artificiais das IAs têm implicações significativas para a humanidade (Ho; Cheung, 2024; Sohail *et al.*, 2023; Thangavel *et al.*, 2024). Elas podem levar as IAs a gerarem informações incorretas ou fictícias, afetando a

confiabilidade dos dados e das decisões baseadas nessas informações, se forem responsáveis por operar sistemas autônomos, como veículos autônomos, drones, satélites ou sistemas de saúde, as alucinações podem resultar em comportamentos imprevisíveis e potencialmente perigosos, podem gerar conteúdos falsos e comprometer até a polarização sócio-política e eleições nos países (Jacobs, 2024; Moravec *et al.*, 2024), levantando questões éticas sobre a responsabilidade pelos resultados produzidos. Essas alucinações artificiais podem ainda distorcer a percepção pública da realidade, afetando a confiança nas instituições, na mídia e na informação em geral. Isso pode ter consequências sociais e econômicas negativas.

Na Química não é diferente e essas alucinações artificiais das IAs podem impactar profundamente o desenvolvimento de diversas áreas. Primeiramente, elas podem comprometer a precisão dos resultados ao interpretarem de maneira incorreta dados experimentais ou teóricos, comprometendo a confiabilidade das descobertas científicas. Ademais, essas alucinações podem distorcer informações sobre propriedades de materiais e compostos químicos, potencialmente levando a tentativas equivocadas de síntese ou aplicação de substâncias inexistentes. No âmbito da Química farmacêutica, tais distorções podem resultar em descobertas de drogas inexistentes, prejudicando o processo de desenvolvimento de novos medicamentos. Adicionalmente, interpretações errôneas em simulações moleculares podem gerar resultados distorcidos, comprometendo a compreensão e previsão de fenômenos químicos.

As consequências se estendem também à educação em Química, onde alucinações artificiais podem fornecer conceitos alternativos, informações confusas ou incorretas, prejudicando o aprendizado e a pesquisa. Em um contexto educacional, estudantes e pesquisadores confiam nas informações fornecidas por sistemas de IA para ampliar seu conhecimento e realizar investigações acadêmicas. No entanto, se essas informações forem distorcidas devido a alucinações, isso pode levar a concepções errôneas, resultados experimentais imprecisos e conclusões equivocadas. Essa falta de confiabilidade pode minar a credibilidade da educação em Química e prejudicar o progresso científico como um todo. Dessa forma, é importante enfrentar os

desafios dos vieses algorítmicos e as implicações éticas das decisões orientadas por IA (Alqahtani *et al.*, 2023; Kumar *et al.*, 2024).

Portanto, a comunidade científica precisa abordar esses desafios de forma abrangente e ética, implementando medidas para garantir a precisão e confiabilidade das informações geradas por IAs e preservar a integridade da educação e da pesquisa Química. Isso inclui o desenvolvimento de algoritmos mais robustos, a validação rigorosa de dados, a revisão das informações por profissionais especializados da área, a transparência nos processos de tomada de decisão das IAs e a promoção de uma cultura de responsabilidade e ética. Somente assim podemos garantir que as alucinações artificiais não comprometam a qualidade e a integridade da educação e pesquisa em Química.

É de grande valia reconhecer a importância da responsabilidade no uso das IAs na educação em Química, dada sua capacidade de influenciar significativamente o aprendizado e a pesquisa nessa área. Embora seja necessário estar atento aos desafios e riscos associados ao uso das IAs, proibir sua utilização não é o caminho ideal. As IAs representam um avanço científico substancial que pode oferecer uma série de benefícios para a educação em Química. Por exemplo, elas podem facilitar a individualização do processo de ensino-aprendizagem, adaptando o conteúdo e os métodos de aprendizado às necessidades de cada aluno, enriquecendo a comunidade acadêmica como um todo, além de promover a diversidade e a excelência acadêmica.

Finalmente, as IAs podem fornecer recursos de aprendizado interativos e envolventes, como tutoriais virtuais e simulações de laboratório, criando alternativas para a experiência educacional. Outros benefícios incluem a análise automatizada de dados e a identificação de padrões em pesquisas Químicas, acelerando o processo de descoberta e desenvolvimento de novos materiais e compostos. Portanto, é fundamental buscar um equilíbrio entre a responsabilidade no uso das IAs e o aproveitamento de seu potencial para impulsionar o avanço da educação em Química, promovendo uma abordagem ética e orientada para o benefício mútuo.

3. *Prompts*: Maximizando o uso da IAG na Educação em Química

Ainda no restaurante *gourmet* do capítulo 2, o garçom se aproxima e, em vez de você simplesmente pedir "uma refeição", você detalha exatamente o que quer: "Gostaria de um filé mignon ao ponto, acompanhado de batatas gratinadas, legumes salteados e um molho de pimenta verde, por favor." Quanto mais específico você for, mais provável será que o *chef* prepare exatamente o prato que você deseja.

Agora, vamos transportar essa ideia para o mundo da Inteligência Artificial Generativa (IAG), como o *ChatGPT*. Quando você quer que a IA produza uma resposta específica, você precisa fornecer instruções detalhadas e claras, assim como você faria ao pedir sua refeição no restaurante. Essas instruções detalhadas são chamadas de "*prompts*".

Um *prompt* é essencialmente uma forma de comunicar à IA exatamente o que você deseja que ela faça. Ele pode variar de algo simples, como pedir uma definição, a algo complexo, como pedir uma explicação detalhada de um conceito científico. Assim como no restaurante, onde a precisão no pedido pode transformar ingredientes comuns em um prato *gourmet*, a precisão no *prompt* pode transformar uma resposta genérica da IA em uma interação educativa rica e esclarecedora.

Neste capítulo, vamos explorar como criar esses *prompts*, especialmente no contexto educacional. Vamos ver como instruções bem elaboradas podem direcionar a IA para fornecer respostas mais coerentes. A ideia é fazer com que a IA não erre o ponto do seu filé mignon.

3.1. O que é um *prompt*?

Um *prompt* é uma instrução que orienta a Inteligência Artificial Generativa (IAG), como o ChatGPT, a produzir respostas específicas (Liu *et al.*, 2021). Em outras palavras, o *prompt* é uma entrada que irá gerar uma saída. Variando desde solicitações simples até comandos complexos, os *prompts* são determinantes para que a IAG compreenda o contexto e as expectativas dos usuários, resultando em interações mais precisas e úteis (White *et al.*, 2023). Dessa forma, os *prompts* direcionam a IAG, permitindo um controle sobre a saída do modelo.

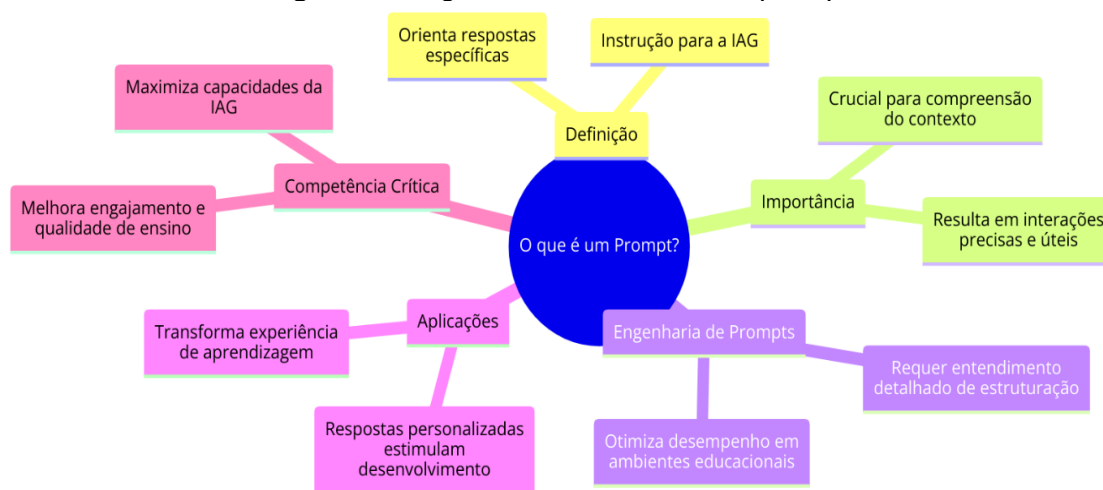
Compreender a engenharia de *prompts* otimiza o desempenho da IAG em ambientes educacionais. Isso vai além de simplesmente inserir comandos em um modelo de linguagem; requer um entendimento detalhado de como estruturar essas solicitações para obter respostas eficazes (Lo, 2023a). Ou seja, para obter bons resultados nas interações, é necessário elaborar os *prompts* considerando as implicações éticas e práticas do uso da IAG, além de uma compreensão aprofundada das necessidades específicas dos alunos e das capacidades da tecnologia.

A aplicação de *prompts* bem planejados pode transformar a experiência de aprendizagem, proporcionando aos alunos respostas personalizadas que estimulam seu desenvolvimento intelectual e curiosidade. De acordo com Xu e Ouyang (2022), integrar essas práticas contribui para um ambiente de aprendizado mais interativo e adaptável, permitindo que os estudantes utilizem a tecnologia avançada para enriquecer sua educação.

Dominar a engenharia de *prompts* é uma competência crítica na educação, permitindo que os educadores maximizem as capacidades da IAG para enriquecer o ensino de disciplinas complexas como a Química (Emenike; Emenike, 2023). Ao empregar esses princípios, os educadores têm a capacidade de aprimorar de maneira substancial a incorporação da IAG em suas estratégias pedagógicas, fomentando, assim, um processo de ensino mais individualizado e participativo. Isso não só melhora a participação dos alunos, mas também eleva a qualidade do ensino, preparando-os para enfrentar desafios complexos com

uma compreensão mais profunda da ciência (Araújo; Saúde, 2024). Na Figura 4 é possível observar uma ilustração visual desses conceitos.

Figura 4. Diagrama conceitual de um *prompt*.



3.2. *Prompts* eficientes para IAG na Educação em Química

A eficácia da IAG no ensino de Química depende substancialmente da qualidade dos *prompts* utilizados. Um *prompt* bem construído direciona a IAG de maneira que ela possa oferecer respostas educativas precisas e adaptadas às necessidades dos alunos. A seguir, um processo integrado para desenvolver esses *prompts* é detalhado, combinando princípios essenciais com técnicas específicas.

3.3. Etapas para o Desenvolvimento de *Prompts* Eficientes

1. Perfil da IAG: Defina o comportamento esperado da IAG ao responder aos *prompts*. Decida o nível de complexidade, o estilo de linguagem (formal, informal, técnico, simplificado), a metodologia que deseja abordar e outras características desejadas que influenciem a interação com os alunos. Este passo garante a clareza na comunicação. Adicionar um estilo específico pode ajudar a atividade a ter um tom particular, aumentando o interesse dos alunos.

Exemplo: “Prepare uma introdução para a aula de [tópico] no estilo de um professor de Química com mais de 10 anos de experiência.” Adicione adjetivos

como inspirador, sarcástico, intrigante e/ou divertido, e o resultado mudará significativamente.

2. Atividade a Ser Realizada: Especifique a tarefa que a IAG deve ajudar a executar, seja explicar um conceito, criar um conteúdo ou resolver um problema de Química. A especificidade aqui ajuda a focar a IAG na tarefa desejada, evitando respostas genéricas que não atendem às necessidades dos alunos.

3. Descrição das Etapas: Detalhe as ações específicas que a IAG deve tomar para cumprir a tarefa. Dividir problemas complexos em etapas mais simples é uma técnica eficaz para melhorar a compreensão e a precisão das respostas da IAG.

Neste ponto, dedique atenção à estruturação da atividade, seja ela teórica ou prática, descrevendo a sequência didática desejada. No caso de uma atividade avaliativa, detalhe os conteúdos a serem abordados, garantindo a pertinência e relevância da avaliação proposta.

4. Contextualização do *Prompt*: Adapte o *prompt* ao conhecimento prévio dos alunos e ao contexto específico em que a IAG está sendo utilizada. É importante considerar o contexto educacional para que as respostas sejam interessantes e de fácil compreensão. Inclua a Teoria de Aprendizagem que pretende utilizar.

5. Restrições na Resposta: Estabeleça claramente as limitações das respostas da IAG, como evitar jargões complicados ou limitar o escopo da informação fornecida. Regular essas condições ajuda a manter as respostas direcionadas e compreensíveis.

Crie restrições afirmativas, pois são mais específicas. Por exemplo, uma restrição afirmativa pode ser: *"A IAG pode fornecer informações sobre a distribuição eletrônica."* Isso é direto e deixa claro o que a IAG é capaz de fazer. Por outro lado, uma restrição negativa seria: *"A IAG não pode fornecer informações sobre a distribuição eletrônica."* Isso é menos claro, pois não especifica diretamente o que a IAG pode fazer, apenas o que ela não pode.

6. Definição de Objetivos: Clarifique o que se espera alcançar com o *prompt*. Isso inclui especificar os resultados de aprendizagem desejados e como a resposta da IAG deve ajudar a atingir esses objetivos.

7. Resultado Esperado: Descreva o tipo de resposta esperada da IAG, como uma explicação detalhada com exemplos ou uma série de perguntas que estimulem o pensamento crítico. A especificação clara da saída esperada assegura que os resultados sejam práticos e úteis para o contexto educacional.

Figura 5. Mapa conceitual de desenvolvimento de um *prompt*.



Adotando diretrizes claras e princípios bem definidos na criação de *prompts*, como precisão, detalhamento e adaptação ao contexto, professores podem desenvolver instruções que maximizem o potencial educacional das IAGs. Além disso, a seleção criteriosa de palavras-chave é fundamental para orientar a IA com eficácia, fazendo com que as respostas sejam mais relevantes e alinhadas aos objetivos de aprendizagem. Palavras-chave funcionam como sinais que direcionam a IA a focar em elementos específicos do conteúdo, melhorando substancialmente a precisão das informações geradas (Han; Qiu; Cheng, 2024). As respostas resultantes não apenas fornecem informação, mas também engajam e motivam os estudantes, enriquecendo assim o ensino de Química. De acordo com Yi *et al.* (2024), estes princípios são suportados por estudos sobre a engenharia de prompts, que ilustram como uma formulação cuidadosa pode melhorar significativamente a performance das IAGs em tarefas específicas, desde o ensino até aplicações médicas e tecnológicas. Esta

abordagem busca aprimorar a interação com a tecnologia e expandir as possibilidades educacionais.

3.4. Comparação entre um *prompt* simples e um *prompt* bem construído

Prompt simples:

""Crie uma animação explicativa sobre o conceito de ligações covalentes, destacando exemplos de moléculas com ligações simples, duplas e triplas.""

Ao inserir esse *prompt* em uma IAG, como o ChatGPT, sua resposta foi:

Figura 6. Saída do *ChatGPT* para um *prompt* simples.

Título: Explorando Ligações Covalentes
Introdução: A animação começa com uma vista ampla de um laboratório químico, com moléculas flutuando no ar e cientistas trabalhando ao fundo.
Cena 1: Introdução às Ligações Covalentes Um cientista entra em cena e explica brevemente o conceito de ligações covalentes enquanto segura um modelo de molécula. Ele destaca que as ligações covalentes são formadas quando átomos compartilham pares de elétrons para alcançar estabilidade.
Cena 2: Ligações Simples A câmera se aproxima de um átomo de hidrogênio (H) e um de oxigênio (O). Os átomos se aproximam e compartilham um par de elétrons, formando uma ligação simples (H₂O). O cientista explica como a água é um exemplo de uma molécula com ligações covalentes simples.
Cena 3: Ligações Duplas A câmera muda para mostrar um átomo de carbono (C) e dois átomos de oxigênio (O). Dois pares de elétrons são compartilhados entre o carbono e cada oxigênio, formando duas ligações duplas (CO₂). O cientista destaca que o dióxido de carbono é um exemplo de molécula com ligações covalentes duplas.
Cena 4: Ligações Triplas A câmera se move para mostrar um átomo de nitrogênio (N) e um de hidrogênio (H). Três pares de elétrons são compartilhados entre o nitrogênio e o hidrogênio, formando uma ligação tripla (NH₃). O cientista explica como o amoníaco é um exemplo de molécula com ligações covalentes triplas.
Conclusão: O cientista retorna à cena principal e resume os diferentes tipos de ligações covalentes, enfatizando sua importância na formação de moléculas estáveis e variadas encontradas na natureza.
Fechamento: A animação termina com uma mensagem sobre a importância do entendimento das ligações covalentes na química e na vida cotidiana.

O texto "Explorando Ligações Covalentes" aborda de forma clara e educativa os conceitos das ligações covalentes, utilizando uma abordagem visual e prática com cenas que exemplificam ligações simples, duplas e triplas. No entanto, é importante considerar que o texto traz um conceito alternativo, a molécula de amônia (NH₃) como exemplo de ligação tripla. Em uma perspectiva mais avançada, seria relevante discutir a teoria da ligação de valência (TLV) e a teoria dos orbitais moleculares (TOM) para explicar a formação e a natureza das ligações covalentes de maneira mais detalhada. Além disso, a ressonância e o caráter parcial das ligações covalentes em moléculas como o benzeno poderiam ser incluídos para ilustrar a complexidade das interações atômicas. Uma abordagem mais abrangente também incluiria a discussão sobre a polaridade das ligações covalentes e suas implicações nas propriedades físicas e Químicas

das moléculas, proporcionando uma compreensão mais completa e sofisticada do tema.

Prompt mais elaborado:

“Por favor, crie uma animação educacional detalhada que explique o conceito de ligações covalentes na Química molecular. Na animação, destaque a natureza do compartilhamento de elétrons entre átomos para formar ligações covalentes estáveis. Especificamente, demonstre como as ligações simples, duplas e triplas diferem em termos de número de pares de elétrons compartilhados e força da ligação.

Para ilustrar esse conceito, inclua exemplos específicos de moléculas com ligações covalentes simples, duplas e triplas. Por exemplo, você pode destacar a molécula de hidrogênio (H_2) para representar uma ligação simples, o dióxido de carbono (CO_2) para uma ligação dupla e o nitrogênio molecular (N_2) para uma ligação tripla.

Certifique-se de explicar como os elétrons de valência dos átomos interagem durante o compartilhamento, como as ligações covalentes afetam a geometria molecular e como elas influenciam as propriedades Químicas das substâncias resultantes. Use termos técnicos como 'orbitais atômicos', 'hibridização', 'ligações sigma' e 'ligações pi' para garantir precisão e clareza na explicação.

O objetivo final é fornecer uma animação completa e esclarecedora que ajude os espectadores a compreenderem profundamente o conceito de ligações covalentes e sua importância na Química molecular.”

Ao inserir esse *prompt* na mesma IAG, a resposta apresentada na Figura 7 foi gerada.

Figura 7. Saída do *ChatGPT* para um *prompt* mais elaborado.

Título: A Dança dos Elétrons: Compreendendo as Ligações Covalentes

Introdução:

- Cena de abertura com átomos flutuando no espaço, destacando a importância dos elétrons na formação de ligações químicas.
- Narrador introduz o conceito de ligações covalentes como o compartilhamento de elétrons entre átomos para alcançar estabilidade.

Seção 1: Natureza do Compartilhamento de Elétrons

- Animação mostrando os orbitais atômicos dos átomos de hidrogênio se aproximando e compartilhando elétrons para formar uma ligação covalente simples.
- Explicação de como os elétrons de valência dos átomos se aproximam e interagem para formar uma nuvem eletrônica compartilhada.

Seção 2: Ligações Simples, Duplas e Triplas

- Introdução das ligações covalentes simples, duplas e triplas.
- Destaque para moléculas representativas de cada tipo de ligação: H₂ (ligação simples), CO₂ (ligação dupla) e N₂ (ligação tripla).
- Animação mostrando a diferença no número de pares de elétrons compartilhados em cada tipo de ligação.

Seção 3: Geometria Molecular e Hibridização

- Explicação de como as ligações covalentes afetam a geometria molecular das moléculas.
- Animação mostrando exemplos de moléculas e como a disposição dos átomos é influenciada pelas ligações covalentes.
- Introdução do conceito de hibridização para explicar como os orbitais atômicos se reorganizam para formar orbitais híbridos durante a formação das ligações.

Seção 4: Ligação Sigma e Ligação Pi

- Explicação das diferentes componentes das ligações covalentes, incluindo ligação sigma e ligação pi.
- Animação mostrando a sobreposição de orbitais durante a formação de diferentes tipos de ligações covalentes.
- Destaque para a diferença na distribuição de densidade eletrônica ao longo das ligações sigma e pi.

Seção 5: Propriedades Químicas e Aplicações

- Discussão sobre como as ligações covalentes influenciam as propriedades químicas das substâncias, como ponto de fusão, ponto de ebulição e solubilidade.
- Exemplos de aplicações práticas das ligações covalentes em materiais e compostos do dia a dia.

Conclusão:

- Recapitulação dos principais pontos abordados na animação.
- Encorajamento para os espectadores explorarem mais sobre as ligações covalentes na química e sua importância na compreensão do mundo ao nosso redor.

Fim da Animação

O texto "A Dança dos Elétrons: Compreendendo as Ligações Covalentes" oferece uma abordagem detalhada e didática sobre as ligações covalentes, expandindo para conceitos mais avançados, como geometria molecular, hibridização, e tipos de ligações sigma e pi. Esta estrutura proporciona uma visão mais abrangente e aprofundada das ligações covalentes, indo além da simples partilha de elétrons e introduzindo a influência da geometria e da hibridização orbital na formação e características das moléculas.

O principal desafio na formulação de *prompts* bem elaborados é encontrar o equilíbrio entre ser engajador e informativo, evitando ao mesmo tempo a complexidade excessiva ou a simplicidade (Mcintosh *et al.*, 2024). Isso requer uma compreensão detalhada das capacidades da IAG, bem como do nível de conhecimento dos alunos. Os educadores precisam ajustar continuamente os

prompts com base na opinião dos alunos, o que exige prática e atenção às reações dos alunos às perguntas feitas.

Em um ambiente educacional que está constantemente evoluindo, manter a relevância e a adaptabilidade dos *prompts* é essencial. Para isso, é necessário atualizar continuamente os *prompts* com base nas últimas descobertas científicas e na experiência dos alunos. Essa prática assegura que o ensino acompanhe os avanços tecnológicos e as mudanças curriculares, contribuindo para um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e personalizado (Borah; Nischith; Gupta, 2024). Adaptar os *prompts* também envolve considerar novas abordagens pedagógicas e tecnológicas que podem ser integradas no ensino para melhorar ainda mais a interatividade e a eficácia do aprendizado.

O ajuste contínuo de *prompts* baseado nas respostas da IAG é um componente vital do processo educativo que utiliza IAGs. Este ciclo assegura que as interações sejam cada vez mais precisas e educativamente ricas (Da Silva; Kampff, 2023).

Se um *prompt* inicial produz uma resposta demasiado genérica, o educador pode ajustar o *prompt* para algo mais desafiador e instrutivo. Segundo Velásquez-Henao; Franco-Cardona; Cadavid-Higueta (2023), esse refinamento estimula respostas mais profundas e detalhadas.

Ao dominar a arte de criar instruções e questionamentos eficazes, os educadores ampliam a eficácia das atividades de aprendizagem e se equipam com ferramentas poderosas para explorar o vasto potencial da tecnologia educacional. De acordo com Chiu (2023), essas habilidades são essenciais para transformar a forma como o conteúdo é apresentado e absorvido pelos alunos, garantindo uma experiência de aprendizado mais enriquecedora e envolvente.

A experimentação e a adaptação contínua das instruções e questionamentos formam a espinha dorsal de uma prática pedagógica inovadora que responde dinamicamente aos desafios educacionais emergentes. Por meio dessa abordagem iterativa, os educadores podem aprimorar constantemente suas técnicas para melhor atender às necessidades de seus alunos e às demandas de um currículo em constante evolução. Isso não apenas beneficia os professores, oferecendo-lhes um método mais eficaz de ensino, mas também

enriquece os alunos, proporcionando-lhes uma compreensão mais profunda e contextualizada.

Além disso, ao incorporar essas práticas, contribui-se significativamente para a criação de um ambiente de aprendizado mais interativo e responsivo. Esta integração de tecnologia avançada no ambiente educacional capacita os alunos a utilizarem recursos tecnológicos para complementar e expandir sua educação formal (Kilag *et al.*, 2023). O uso habilidoso de instruções e questionamentos na educação em Química, por exemplo, permite que os estudantes absorvam conhecimento e apliquem o que aprenderam em cenários práticos e teóricos, preparando-os melhor para os desafios acadêmicos e profissionais futuros.

As instituições de ensino devem apoiar essa jornada, fornecendo recursos, treinamentos e tempo para que os educadores possam aprimorar essas habilidades (Baidoo-Anu; Owusu Ansah, 2023). Ao dominar essa competência, educadores e alunos podem desbloquear novas dimensões de conhecimento, tornando o processo educacional uma jornada contínua de descoberta e inovação.

4. Moldando Planos de Ensino com o uso da IAG

Agora você é um capitão de um navio navegando pelos mares do conhecimento. Cada membro da sua tripulação representa um aluno, e cada mapa e instrumento de navegação que você usa representa um conceito ou habilidade que você, como professor, precisa ensinar. Para garantir uma viagem bem-sucedida, é essencial ter um plano de navegação detalhado – essa é a essência de um plano de aula.

Agora, pense na Inteligência Artificial Generativa (IAG) como seu primeiro imediato. Esse assistente conhece todas as rotas possíveis, entende as habilidades de cada membro da tripulação e sugere os melhores caminhos a seguir. Ele ajuda a definir os objetivos da viagem, selecionar e organizar as etapas do percurso, recomendar as melhores práticas de navegação e criar atividades que mantêm a tripulação focada na travessia.

Neste capítulo, vamos explorar como essa parceria entre o professor e a IAG pode transformar o planejamento das aulas. A IAG auxilia na definição de objetivos de aprendizagem, organiza o conteúdo de forma estruturada, sugere metodologias de ensino adaptadas às necessidades dos alunos e cria atividades práticas e avaliativas. Em vez de gastar tempo ajustando manualmente cada detalhe do plano de aula, você tem um assistente que faz isso por você, permitindo que você se concentre em guiar e inspirar seus alunos.

Planejar é uma função que cabe ao professor desenvolver junto ao aluno e que abrange não somente atividades de forma organizada e coordenadas diante dos objetivos, mas também a sua correção e adaptação durante o processo de ensino-aprendizagem. Na trajetória do educador, o plano de ensino é um elemento central, funcionando como uma ponte entre a teoria abstrata e a prática tangível. O plano de ensino não é apenas um documento, mas o coração da missão educacional, orientando a escolha de objetivos que acendem a chama

do conhecimento, a seleção de conteúdos que despertam curiosidade, os métodos de ensino que abrem novos horizontes e os critérios de avaliação que desafiam e inspiram os alunos. Anastasiou; Alves (2003) explicam que, atualmente, as propostas ressaltam a importância da construção de um processo de parceria em sala de aula com o aluno, deslocando o foco da ação docente e do ensino para a aprendizagem.

Esse plano deve estar em perfeita sintonia com o projeto pedagógico da instituição, fortalecendo a base educacional e promovendo um aprendizado efetivo. Em geral, o plano de ensino deve conter os dados de identificação da disciplina, ementa, objetivos, conteúdo programático, metodologia, avaliação e bibliografia básica e complementar da disciplina.

Para potencializar ainda mais o impacto dos planos de ensino, a integração da Inteligência Artificial Generativa (IAG) surge como uma ferramenta revolucionária. A IAG pode transformar a forma como desenvolvemos e implementamos os planos de ensino, especialmente em disciplinas complexas como a Química. Ela capacita os educadores a adotarem abordagens pedagógicas inovadoras, auxiliando na reinvenção e aprimoramento das práticas de ensino com um toque de criatividade e inovação (Da Silva; Kampff, 2023). No entanto, essa transformação exige um compromisso genuíno e coragem tanto dos educadores quanto das instituições para explorar e aproveitar todo o potencial da IAG.

Uma das maiores vantagens proporcionadas pela IAG é a personalização da educação. Segundo Moran (2014), personalizar a educação é fundamental para atender às diversas necessidades dos alunos. Cada estudante é um universo único, com seu próprio ritmo, interesses e conhecimento prévio. Na Química, a personalização pode significar mergulhar em temas que fascinam os alunos ou adaptar métodos para tornar conceitos complexos mais acessíveis.

Além disso, a IAG oferece várias vantagens na criação de Planos de Ensino que podem ser aplicadas em diversas disciplinas:

- Adaptação Dinâmica: Funciona como um GPS educacional, recomendando ajustes em tempo real com base na experiência dos alunos.

- **Integração de Recursos:** Enriquece o conteúdo com sugestões de experimentos, leituras complementares e outros materiais, atuando como um assistente de pesquisa.
- **Análise Preditiva:** Prevê obstáculos no aprendizado com base em dados anteriores, ajudando a traçar estratégias pedagógicas eficazes.

Embora o foco aqui seja a Química, a IAG pode ser aplicada a outras disciplinas, como História e Matemática, adaptando métodos e temas conforme necessário. A preparação de Planos de Ensino torna-se um equilíbrio entre estrutura e flexibilidade, mais focado no aluno com a ajuda da IAG. Da Silva; Kampff (2023) destacam que a educação já caminha para uma prática na qual as tecnologias dentro e fora da sala de aula têm – e terão ainda mais – uma função central nos processos de ensino e aprendizagem. Essa integração proporciona ferramentas para a personalização da aprendizagem e permite a criação de novas estratégias para um maior engajamento dos estudantes.

Para demonstrar como a IAG pode ser efetivamente utilizada na elaboração de um plano de ensino, apresentamos a seguir um *prompt* genérico.

4.1. *Prompt* genérico para suporte na elaboração de um Plano de Ensino com IAG

Antes de apresentar o *prompt* específico para a elaboração de um plano de ensino com o auxílio da IAG, é importante entender como essa tecnologia pode ser utilizada para potencializar a criação de planos de ensino. A IAG pode atuar como uma assistente virtual, oferecendo sugestões e ajustando o conteúdo conforme as necessidades específicas de cada turma. Com a capacidade de analisar grandes volumes de dados, a IAG pode ajudar os educadores a:

- **Definir Objetivos de Aprendizagem Claros:** Com base nas informações fornecidas, a IAG pode sugerir objetivos que são alinhados com os padrões curriculares e as necessidades dos alunos.
- **Selecionar Conteúdos Relevantes:** A IAG pode recomendar tópicos e materiais que melhor se adequam ao perfil da turma, garantindo que os conteúdos abordados sejam pertinentes e envolventes.

- Desenvolver Estratégias de Ensino Eficazes: Utilizando dados sobre o desempenho e as preferências dos alunos, a IAG pode propor metodologias de ensino que facilitam a compreensão e a retenção dos conceitos.
- Criar Instrumentos Avaliativos Precisos: A IAG pode sugerir formas de avaliação que não só medem o aprendizado, mas também oferecem avaliação contínua para melhorar a experiência educativa.
- Personalizar o Ensino: Ao adaptar o conteúdo e as atividades conforme as necessidades individuais dos alunos, a IAG garante que cada estudante tenha uma experiência de aprendizagem personalizada e eficaz. Nesta etapa, é possível desenvolver estratégias de inclusão.

De acordo com Mollick; Mollick (2023), focar nos problemas desvia das oportunidades que a IA pode fornecer, incluindo ajudar a ensinar de novas maneiras. A integração da IAG na educação pode transformar a forma como se desenvolve e se implementa os planos de ensino.

A seguir é apresentado um *prompt* genérico que pode ser utilizado para elaborar um plano de ensino completo com a ajuda da IAG. Este *prompt* deve ser preenchido com informações específicas sobre a série, duração, conteúdo, materiais disponíveis, número de aulas por semana e metodologia de ensino desejada.

*""Atue como um especialista em educação em Química e me ajude a elaborar um plano de ensino completo baseado nas seguintes informações: Série: **[insira a série]**, Tempo da Disciplina: **[insira a duração (6 meses ou 1 ano)]**, Conteúdo do Período: **[insira os tópicos principais que serão abordados]**, Materiais Disponíveis: **[insira os materiais e ferramentas que você tem disponível]**, Aulas por Semana: **[insira o número de aulas por semana]**, Metodologia de Ensino (*opcional*): **[insira a metodologia de ensino que deseja utilizar]**. Baseado nas informações fornecidas, retorne um plano de ensino completo incluindo Objetivos da Aprendizagem, Conteúdos que Serão Abordados, Estratégias de Aprendizagem, Recursos Didáticos, Instrumentos Avaliativos e Roteiro do Período.""*

Exemplo de *Prompt* Preenchido

Para ilustrar como a IAG pode ser utilizada na elaboração de um plano de ensino, vamos considerar um exemplo prático. Neste exemplo, o educador fornece informações detalhadas sobre a série, a duração da disciplina, o conteúdo que será abordado, os materiais disponíveis, o número de aulas por semana e a metodologia de ensino desejada. Com base nessas informações, a IAG poderá gerar um plano de ensino completo e personalizado.

Aqui está um exemplo de como o *prompt* pode ser preenchido:

""Atue como um especialista em educação em Química e me ajude a elaborar um plano de ensino completo baseado nas seguintes informações: Série: 2º ano do Ensino Médio, Tempo da Disciplina: 1 ano, Conteúdo do Período: Introdução à Química, Estrutura Atômica, Configuração Eletrônica, Tabela Periódica, Ligações Químicas, Reações Químicas, Materiais Disponíveis: Livros didáticos, vídeos educativos, laboratório de Química, softwares de simulação, Aulas por Semana: 3 aulas por semana, Metodologia de Ensino (opcional): Aulas expositivas, experimentos práticos, discussões em grupo. Baseado nas informações fornecidas, retorne um plano de ensino completo incluindo Objetivos da Aprendizagem, Conteúdos que Serão Abordados, Estratégias de Aprendizagem, Recursos Didáticos, Instrumentos Avaliativos e Roteiro do Período.""

Resposta para o *Prompt* Preenchido

A seguir, é apresentada uma resposta gerada pela IAG, no caso o ChatGPT4o para o *prompt* preenchido, demonstrando como um plano de ensino de Química pode ser estruturado para o 2º ano do Ensino Médio ao longo de um ano. Esse exemplo ilustra como a IAG pode fornecer uma resposta detalhada e organizada, facilitando o trabalho do educador ao planejar o curso.

"Plano de Ensino de Química para o 2º Ano do Ensino Médio (Duração: 1 ano)

1. Objetivos da Aprendizagem:

- Compreender e aplicar os conceitos de estrutura atômica e configuração eletrônica.

- *Explicar a organização e a lógica por trás da Tabela Periódica.*
- *Identificar e descrever as propriedades periódicas dos elementos (eletronegatividade, raio atômico, energia de ionização, etc.).*
- *Realizar e interpretar experimentos químicos básicos.*
- *Utilizar o conhecimento da Tabela Periódica para prever comportamentos químicos e reações.*

2. Conteúdos que Serão Abordados:

- *1º Bimestre: Introdução à Química, Estrutura Atômica, Configuração Eletrônica.*
- *2º Bimestre: Tabela Periódica: História e Organização, Propriedades Periódicas dos Elementos.*
- *3º Bimestre: Ligações Químicas: Iônicas, Covalentes e Metálicas, Forças Intermoleculares.*
- *4º Bimestre: Reações Químicas e Estequiometria, Aplicações Práticas da Química no Cotidiano.*

3. Estratégias de Aprendizagem:

- *Aulas expositivas com apoio visual e uso de slides.*
- *Discussões em grupo para fomentar o debate e a compreensão dos conceitos.*
- *Estudos de caso sobre elementos específicos e suas aplicações práticas.*
- *Experimentações em laboratório para aplicação prática dos conceitos teóricos.*
- *Projetos interdisciplinares envolvendo a Química e outras áreas do conhecimento.*

4. Recursos Didáticos:

- *Livros didáticos de Química.*
- *Vídeos educativos e documentários sobre temas químicos.*

- Softwares de simulação de reações Químicas e configuração eletrônica.
- Equipamentos e materiais de laboratório para realização de experimentos.

5. Instrumentos Avaliativos:

- Testes teóricos mensais para avaliar a compreensão dos conteúdos.
- Relatórios de experimentos realizados em laboratório.
- Trabalhos práticos e projetos sobre temas específicos.
- Apresentações em grupo sobre temas relacionados à Tabela Periódica e Propriedades dos Elementos.
- Participação e engajamento nas atividades propostas.

6. Roteiro do Período:

- 1º Bimestre:
 - Semana 1-2: Introdução à Química e Estrutura Atômica
 - Semana 3-4: Configuração Eletrônica dos Elementos
 - Semana 5-6: Avaliação teórica e prática
- 2º Bimestre:
 - Semana 7-8: História e Organização da Tabela Periódica
 - Semana 9-10: Propriedades Periódicas dos Elementos
 - Semana 11-12: Avaliação teórica e prática
- 3º Bimestre:
 - Semana 13-14: Ligações Químicas
 - Semana 15-16: Forças Intermoleculares
 - Semana 17-18: Avaliação teórica e prática
- 4º Bimestre:
 - Semana 19-20: Reações Químicas e Estequiometria
 - Semana 21-22: Aplicações Práticas da Química no Cotidiano

- Semana 23-24: Avaliação final e apresentação de projetos

Este plano de ensino foi elaborado para proporcionar um aprendizado completo e eficaz, cobrindo todos os principais tópicos de Química necessários para o 2º ano do Ensino Médio. Por favor, revise o plano e me avise se houver algo que precise ser ajustado ou adicionado.

Obrigado!”

Este plano de ensino detalhado foi gerado para garantir que todos os principais tópicos de Química necessários para o 2º ano do Ensino Médio sejam cobertos de forma estruturada e eficiente. Ele inclui uma variedade de métodos de ensino e avaliação para engajar os alunos e promover um aprendizado profundo e significativo.

A adoção da IAG nos planos de ensino é um passo em direção ao futuro da educação, proporcionando uma experiência de aprendizado mais adaptada e eficaz (Oliveira; Pinto, 2023). Isso permite aos educadores melhorarem a qualidade do ensino e preparar melhor os alunos para os desafios do mundo moderno.

5. Desenhando Aulas Inovadoras: O Suporte da IAG na Elaboração de Planos de Aula

As Olimpíadas vão começar e você está organizando a maratona. Você precisa traçar a rota, garantir que cada corredor tenha água e fornecer direções claras em cada etapa do percurso. O sucesso da maratona depende desse planejamento, onde cada detalhe é considerado para garantir que os corredores não se percam e alcancem à linha de chegada. Isso é análogo ao trabalho de um professor ao elaborar um plano de aula: cada detalhe precisa ser planejado para garantir que os alunos possam percorrer o caminho do aprendizado.

Agora, pense na Inteligência Artificial Generativa (IAG) como um coorganizador dessa maratona. Esse assistente tecnológico pode analisar dados sobre os corredores, sugerir as melhores rotas, prever onde os pontos de água são mais necessários e ajustar o planejamento conforme as condições mudam. Na educação, a IAG ajuda a definir objetivos de aprendizagem, selecionar conteúdos relevantes, recomendar metodologias de ensino e criar atividades práticas e avaliativas. Com a IAG, o plano de aula torna-se um guia mais preciso e adaptável, garantindo que cada aluno receba o suporte necessário para chegar à linha de chegada do conhecimento.

Neste capítulo, vamos explorar como a IAG pode transformar a elaboração de planos de aula, especialmente em disciplinas complexas como a Química. Assim como na maratona, onde um bom planejamento pode fazer a diferença entre sucesso e fracasso, na educação, um plano de aula bem estruturado com a ajuda da IAG pode otimizar a aprendizagem e ser a porta para o futuro.

A elaboração de planos de aula é uma atividade cotidiana para professores, entretanto, para aqueles que ensinam disciplinas complexas como a Química, que envolve uma abordagem científica, pode ser ainda mais desafiador (Harahap; Rahmania, 2021). Um plano de aula bem estruturado

garante que os objetivos educacionais sejam atingidos de maneira eficiente e que os alunos se engajem no processo de aprendizagem, conforme enfatizado por Pliushch (2022), na discussão sobre a importância da organização da aprendizagem autodirigida em Química. Com o avanço das tecnologias, a Inteligência Artificial Generativa (IAG) tem se destacado como uma ferramenta útil para apoiar os professores nessa tarefa.

Um plano de aula é um roteiro que direciona o professor quanto ao conteúdo, métodos de ensino e avaliação de cada aula. Segundo Farhang; Hashemi; Ghorianfar (2023), planos detalhados são cruciais para o êxito educativo, ajustando atividades e metas ao nível dos alunos. Ele abrange objetivos educacionais, conteúdo programático, estratégias didáticas, recursos necessários e métodos de avaliação.

A importância de um plano de aula bem elaborado reside no fato de que ele estrutura o conteúdo de maneira lógica e sequencial, assegura que todos os tópicos essenciais sejam cobertos, permite uma gestão eficiente do tempo de aula, facilita a adaptação do ensino às necessidades dos alunos e proporciona um meio de avaliação contínua e *feedback*. Este princípio é corroborado por Shertayeva *et al.* (2022), que identificam que a integração de diferentes disciplinas dentro de uma única lição pode otimizar significativamente a aprendizagem ao permitir que os alunos vejam as conexões interdisciplinares e apliquem o conhecimento de maneira mais holística e prática, uma abordagem que é especialmente eficaz na educação em Química.

5.1. O papel da IAG na elaboração de Planos de Aula

A Inteligência Artificial Generativa pode transformar a elaboração de planos de aula de várias maneiras, contribuindo significativamente para o planejamento, o pensamento crítico e a abertura na formação de professores (Van den Berg; Du Plessis, 2023).

A IAG pode ajudar os professores na criação de planos de aula eficazes e personalizados:

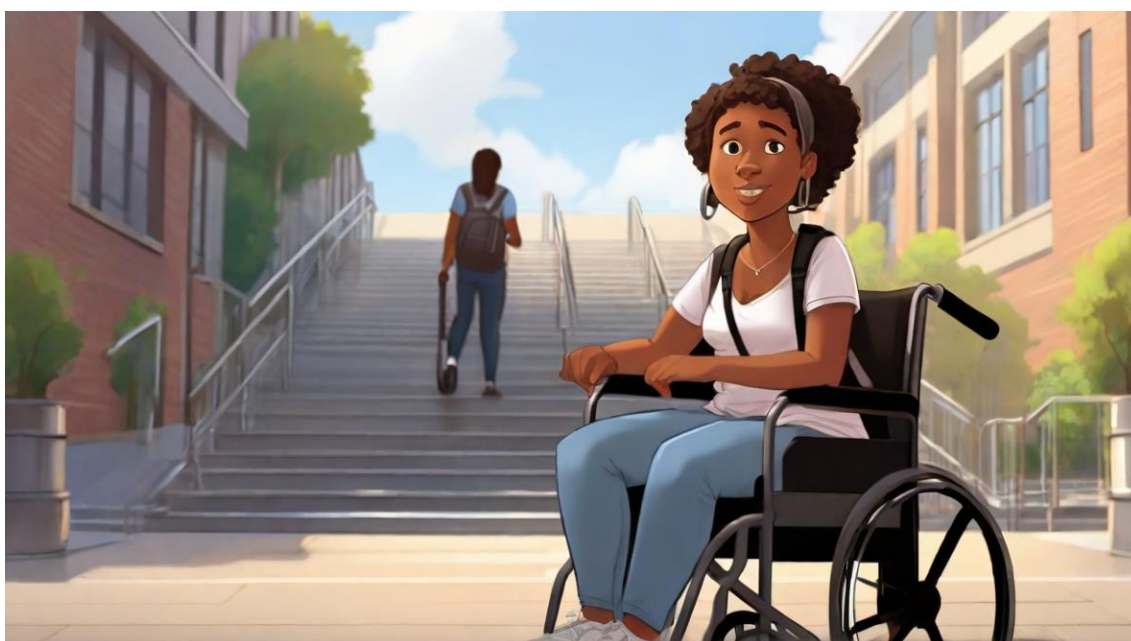
- **Definição de Objetivos de Aprendizagem:** pode auxiliar professores na definição de objetivos de aprendizagem claros e alinhados com padrões curriculares (Bahroun *et al.*, 2023; Kadaruddin, 2023). Utilizando análises baseadas em dados de desempenho dos alunos e necessidades específicas da turma, a IAG pode sugerir metas educacionais que não apenas desafiam os estudantes, mas também são viáveis.
- **Seleção e Organização de Conteúdos:** pode auxiliar na seleção de conteúdos relevantes e na organização lógica dos tópicos a serem abordados em cada aula. Isso inclui sugerir materiais de apoio, como artigos científicos, vídeos educativos, simulações e estudos de caso. Estudos demonstram a eficácia dos Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) em tarefas de análise de conteúdo, sugerindo que essas tecnologias também podem ser valiosas na estruturação de conteúdos educacionais (Platt; Platt, 2023).
- **Desenvolvimento de Metodologias de Ensino:** com base no perfil da turma e nas preferências de aprendizagem dos alunos, a IAG pode recomendar metodologias de ensino variadas e eficazes. Por exemplo, ela pode sugerir o uso de aprendizagem baseada em projetos, discussões em grupo, experimentos práticos no laboratório e o uso de tecnologias interativas para tornar as aulas mais dinâmicas e envolventes (Menekse, 2023).
- **Criação de Atividades Práticas e Avaliativas:** a Inteligência Artificial Generativa (IAG) pode gerar atividades práticas e avaliativas que não apenas reforçam o conteúdo ensinado, mas também promovem a aplicação prática do conhecimento (Bahroun *et al.*, 2023). Entre essas atividades, é possível incluir questionários, exercícios de resolução de problemas, projetos colaborativos e atividades experimentais.

5.2. Aplicações da IAG na promoção da Inclusão Educativa

A utilização de atividades adaptadas é capaz de promover a inclusão em ambientes educacionais, mesmo representando um desafio significativo das

atividades, quando cuidadosamente planejadas e implementadas, permitem ajustar o processo de aprendizagem às necessidades individuais de cada aluno, especialmente aqueles com necessidades educacionais especiais (Savec; Devetak, 2013). Os autores destacam a necessidade de técnicas de adaptação eficazes que não apenas atendam às capacidades individuais dos alunos, mas também mantenham as exigências acadêmicas (Houseknecht *et al.*, 2020), garantindo que tanto alunos com necessidades especiais quanto os demais possam alcançar o desenvolvimento acadêmico (Figura 8).

Figura 8. Representação de uma estudante com deficiência e as barreiras enfrentadas.



Este enfoque em práticas educacionais adaptativas e inclusivas é imprescindível para o desenvolvimento de um ambiente educacional que valoriza a diversidade e promove a igualdade de oportunidades para todos (Eilks; Prins; Lazarowitz, 2013). Ao incorporar tecnologias educacionais, como a Inteligência Artificial Generativa, professores podem criar conteúdo personalizado e abordar diferentes estilos de aprendizagem e níveis de habilidade, facilitando assim a participação ativa e o progresso de todos os estudantes (Souza *et al.*, 2023). Essa abordagem não apenas melhora o engajamento e a compreensão dos alunos, mas também fomenta um ambiente de ensino mais inclusivo e equitativo (Patchen; Smithenry, 2015).

A integração eficaz de tecnologias de inteligência artificial (IA) no cotidiano educacional exige não apenas uma compreensão teórica das suas potencialidades, mas também uma aplicação prática e bem planejada (Luckin; Cukurova, 2019). É aqui que a capacidade da IAG de auxiliar na elaboração de planos de aula se torna inestimável.

5.3. Preparando um *prompt* para Plano de Aula

As ferramentas de IA generativa, como *ChatGPT*, podem revolucionar o planejamento de aulas, permitindo a criação de planos de aula abrangentes e bem estruturados a partir de requisitos específicos fornecidos pelos professores (Kehoe, 2023). Com este objetivo, a seguir é apresentado um *prompt* genérico que pode ser utilizado por professores para a elaboração de planos de aula com o suporte da Inteligência Artificial Generativa. Este *prompt* é desenhado para ser flexível e adaptável, permitindo que os professores insiram detalhes específicos relativos à disciplina, duração da aula, conteúdo, materiais disponíveis, desenho universal para a aprendizagem, número de alunos e o nível de conhecimento prévio dos estudantes.

Para dar início, aqui está um *prompt* genérico que pode ser usado como ponto de partida:

"Atue como um especialista em educação em Química e me ajude a elaborar um plano de aula completo baseado nas seguintes informações: Disciplina: [insira a disciplina], Duração da Aula: [insira a duração (em minutos)], Conteúdo da Aula: [insira os tópicos principais que serão abordados], Materiais Disponíveis: [insira os materiais e ferramentas que você tem disponíveis], Número de Alunos: [insira o número de alunos], Nível de Conhecimento Prévio: [insira o nível de conhecimento dos alunos]. Baseado nas informações fornecidas, retorne um plano de aula completo incluindo Objetivos de Aprendizagem, Conteúdos que Serão Abordados, Metodologias de Ensino, Atividades Práticas e Avaliativas, Recursos Didáticos Necessários e Roteiro da Aula."

Agora, para ilustrar como este *prompt* pode ser utilizado, considere um exemplo concreto. Suponha que um professor de Química precise elaborar um plano de aula sobre reações de oxidação-redução para uma turma de 30 alunos de nível intermediário. Usando o *prompt*, ele preencheria as informações específicas da seguinte maneira:

*""Atue como um especialista em educação em Química e me ajude a elaborar um plano de aula completo baseado nas seguintes informações: Disciplina: **Química**, Duração da Aula: **50 minutos**, Conteúdo da Aula: **Reações de Oxidação-Redução**, Materiais Disponíveis: **Livros didáticos, vídeos educativos, laboratório de Química, softwares de simulação**, Número de Alunos: **30**, Nível de Conhecimento Prévio: **Intermediário**. Baseado nas informações fornecidas, retorne um plano de aula completo incluindo Objetivos de Aprendizagem, Conteúdos que Serão Abordados, Metodologias de Ensino, Atividades Práticas e Avaliativas, Recursos Didáticos Necessários e Roteiro da Aula. Considere que dois alunos da turma têm baixa visão.""*

Com base nas informações fornecidas pelo professor, a Inteligência Artificial Generativa pode criar um plano de aula detalhado. A seguir, apresentamos um exemplo do que foi gerado pela IAG:

""Plano de Aula: Reações de Oxidação-Redução

Disciplina: Química

Duração da Aula: 50 minutos

Conteúdo da Aula: Reações de Oxidação-Redução

Materiais Disponíveis: Livros didáticos, vídeos educativos, laboratório de Química, softwares de simulação

Número de Alunos: 30

Nível de Conhecimento Prévio: Intermediário

Objetivos de Aprendizagem:

Compreender os conceitos básicos de oxidação e redução.

Identificar as reações de oxidação-redução em diferentes contextos.

Diferenciar os agentes oxidantes dos agentes redutores.

Realizar e observar experimentos práticos de reações de oxidação-redução.

Utilizar softwares de simulação para modelar reações redox.

Promover a inclusão dos alunos com baixa visão através de adaptações apropriadas.

Conteúdos que Serão Abordados:

Definição de oxidação e redução.

Agentes oxidantes e redutores.

Exemplos de reações redox na vida cotidiana.

Balanceamento de equações de oxidação-redução.

Aplicações práticas das reações redox.

Metodologias de Ensino:

Aula expositiva com uso de lousa e projeção de slides.

Demonstrações práticas no laboratório.

Utilização de vídeos educativos.

Atividades em grupo e discussões orientadas.

Uso de softwares de simulação para visualização das reações.

Atividades Práticas e Avaliativas:

Início da Aula (10 minutos):

Apresentação dos objetivos da aula.

Revisão rápida dos conceitos prévios necessários (interação com a turma para ativar o conhecimento prévio).

Exposição Teórica (15 minutos):

Explicação dos conceitos de oxidação e redução, agentes oxidantes e redutores.

Projeção de slides e uso de vídeos educativos para exemplificar as reações redox.

Demonstração Prática (10 minutos):

Realização de uma demonstração no laboratório mostrando uma reação de oxidação-redução (exemplo: reação entre zinco e sulfato de cobre).

Atividade em Grupo (10 minutos):

Divisão dos alunos em grupos de 5 para discutir e identificar exemplos de reações redox no dia a dia.

Cada grupo apresenta um exemplo e explica por que se trata de uma reação redox.

Utilização de Softwares de Simulação (10 minutos):

Demonstração do uso de um software de simulação para modelar uma reação de oxidação-redução.

Alunos com baixa visão serão auxiliados com softwares acessíveis e com o auxílio de colegas.

Atividade Avaliativa (5 minutos):

Questionário rápido (quiz) sobre os conceitos discutidos durante a aula para avaliar a compreensão imediata dos alunos.

Recursos Didáticos Necessários:

Lousa e canetas.

Projeção de slides.

Vídeos educativos sobre reações redox.

Equipamentos e reagentes para demonstração no laboratório.

Softwares de simulação de reações Químicas (acessíveis para alunos com baixa visão).

Livros didáticos de Química.

Roteiro da Aula:

(0-10 min): Apresentação dos objetivos e revisão rápida de conceitos prévios.

(10-25 min): Exposição teórica utilizando slides e vídeos educativos.

(25-35 min): Demonstração prática no laboratório.

(35-45 min): Atividade em grupo para identificação de reações redox cotidianas.

(45-50 min): Utilização de software de simulação e aplicação do questionário rápido.

Adaptações para Alunos com Baixa Visão:

Slides e materiais impressos em fonte ampliada.

Descrição verbal detalhada de todos os processos e imagens projetadas.

Uso de softwares acessíveis e auxílio de colegas.

Permitir toque e manipulação cuidadosa dos materiais do laboratório com supervisão.

Este plano de aula visa proporcionar uma compreensão completa das reações de oxidação-redução, utilizando uma abordagem interativa e prática, garantindo a inclusão de todos os alunos.""

O plano de aula proposto, com foco em reações de oxidação-redução, apresenta uma estrutura bem delineada que atende aos requisitos pedagógicos para o nível intermediário de ensino. A integração de metodologias diversificadas, como a exposição teórica, atividades práticas no laboratório, uso de recursos audiovisuais e softwares de simulação, garante um aprendizado significativo e contextualizado. Além disso, a preocupação com a inclusão de alunos com baixa visão, através de adaptações específicas, demonstra uma abordagem pedagógica inclusiva e equitativa. A divisão do tempo é adequada, permitindo uma progressão lógica do conteúdo e uma avaliação formativa eficaz. No entanto, a eficácia do plano dependerá da execução precisa e do engajamento dos alunos durante as atividades propostas. Em outras palavras, este plano de aula é robusto e bem concebido, alinhado com as melhores práticas pedagógicas contemporâneas em educação em Química.

6. Dinâmicas de Grupo

Facilitadas por IAG

Imagine que você está em um grande canteiro de obras, onde cada projeto precisa de uma coordenação cuidadosa para garantir que tudo corra bem. Há diferentes equipes trabalhando juntas: engenheiros, arquitetos, eletricitas e operários, todos com suas especializações. Para que o projeto seja bem-sucedido, a colaboração e a comunicação entre essas equipes são muito importantes. Aqui, entra um supervisor inovador, a Inteligência Artificial Generativa (IAG), que ajuda a coordenar cada passo, adaptando-se às necessidades específicas de cada equipe e ao ritmo do trabalho.

No mundo da educação, as dinâmicas de grupo funcionam de maneira semelhante. São atividades planejadas para promover a interação entre os alunos, estimulando habilidades como comunicação, trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico. Assim como no canteiro de obras, onde a colaboração facilita a construção de grandes estruturas, nas salas de aula, a colaboração entre os alunos facilita a compreensão de conceitos complexos e o desenvolvimento de competências práticas.

A IAG atua como esse supervisor inovador, transformando as dinâmicas de grupo tradicionais em experiências interativas e adaptativas. Imagine que a IAG pode formar grupos balanceados automaticamente, sugerir atividades baseadas no conteúdo do curso e nos objetivos de aprendizagem, e até monitorar o progresso dos alunos em tempo real, fornecendo orientações imediatas. É como ter um supervisor no canteiro de obras que garante que cada equipe tenha as ferramentas certas, siga o plano de forma eficiente e ajuste as estratégias conforme o necessário.

As dinâmicas de grupo são fundamentais para desenvolver habilidades sociais e cognitivas nos alunos, promovendo um aprendizado mais ativo e colaborativo (Hernandez; Bautista, 2022; Javed; Jamali, 2023). Com a ajuda da IAG, essas dinâmicas podem ser mais bem estruturadas e adaptativas, colaborando com a mediação no ambiente educacional.

6.1. Importância das Dinâmicas de Grupo no processo educacional

As dinâmicas de grupo são atividades planejadas para promover a interação entre os alunos, estimulando habilidades como comunicação, trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico. Segundo Andrews; Sekyere; Bugarcic (2020), elas são especialmente importantes no ensino de disciplinas complexas como a Química, onde a colaboração pode facilitar a compreensão de conceitos abstratos e o desenvolvimento de competências práticas. Suas contribuições abrangem:

- **Desenvolvimento de Habilidades Sociais:** as dinâmicas de grupo incentivam os alunos a se comunicarem de forma eficaz, ouvirem diferentes perspectivas e trabalharem em conjunto para atingir objetivos comuns (Markevysh; Khavanska; Filenko, 2022).
- **Engajamento Ativo:** alunos engajados são mais propensos a participar ativamente das aulas, tornando o aprendizado mais significativo e duradouro (Elsayary, 2023).
- **Resolução de Problemas:** a colaboração em grupo permite que os alunos abordem problemas de diferentes ângulos, promovendo soluções mais criativas e inovadoras (Meyer; Plucker, 2022).

6.2 O Papel da IAG nas Dinâmicas de Grupo

A IAG pode transformar dinâmicas de grupo tradicionais em experiências interativas e diferenciadas, adaptando-se às necessidades e ao ritmo dos alunos (Yu; Guo, 2023). Aqui estão algumas maneiras práticas pelas quais a IAG pode facilitar dinâmicas de grupo:

- **Formação de Grupos:** pode utilizar dados já disponíveis, como notas, dados anteriores e preferências de estilo de aprendizagem, para formar grupos balanceados em dinâmicas de grupo em sala de aula. Ferramentas de IAG analisam esses dados para ajudar educadores a criar grupos que melhoram os resultados de aprendizagem, apoiando tanto estudantes quanto professores (Taylor, 2023).

- Exemplo Prático: A IAG acessa as notas dos alunos e seus perfis de aprendizagem registrados na plataforma educacional e sugere grupos equilibrados automaticamente, apresentando essas sugestões ao professor para ajustes finais, se necessário.
- Sugestão de Atividades: pode sugerir atividades de grupo baseadas no conteúdo do curso e nos objetivos de aprendizagem, garantindo que as atividades sejam relevantes e engajadoras (Abdelghani; Sauzón; Oudeyer, 2023).
 - Exemplo Prático: Ao identificar que a turma está estudando reações Químicas, a IAG pode sugerir um experimento colaborativo como misturar vinagre e bicarbonato de sódio, com instruções detalhadas e materiais necessários.
- Monitoramento e parecer: durante as atividades de grupo, a IAG pode monitorar o progresso e fornecer parecer em tempo real, ajudando os alunos a se manterem no caminho certo (Lindsay; Johri; Bjerva, 2023).
 - Exemplo Prático: Utilizando dispositivos como *tablets* ou *laptops*, a IAG pode acompanhar as respostas dos alunos durante a atividade e sugerir correções ou encorajamentos conforme necessários.
- Avaliação de Desempenho: pode avaliar a participação e o desempenho dos alunos nas dinâmicas de grupo, fornecendo relatórios detalhados para o professor. Ela analisa comportamentos em sala de aula usando redes neurais e dados de ensino (Liu, 2020).
 - Exemplo Prático: Após a conclusão da atividade, a IAG gera um relatório com informações sobre a colaboração e o desempenho de cada grupo, destacando pontos fortes e áreas para melhoria.

A aplicação da Inteligência Artificial Generativa revoluciona as dinâmicas de grupo, tornando-as mais adaptativas e engajadoras. Porém, essa transformação traz tanto benefícios quanto desafios.

6.3. Benefícios e desafios do uso da IAG nas Dinâmicas de Grupo

O uso da Inteligência Artificial Generativa (IAG) em dinâmicas de grupo apresenta uma série de benefícios e desafios. Entre os benefícios, é destaque a

personalização das atividades, onde a IAG adapta as tarefas às necessidades individuais e ao ritmo de cada grupo, o que pode favorecer a motivação intrínseca dos alunos e seu engajamento ativo, tornando o aprendizado mais dinâmico (Abdelghani; Sauzéon; Oudeyer, 2023). Além disso, as atividades interativas e personalizadas proporcionadas pela IAG aumentam significativamente o engajamento dos alunos, tornando o aprendizado mais interessante e relevante (Kadaruddin, 2023). Outro ponto positivo é o retorno imediato que a IAG oferece, permitindo que os alunos corrijam erros rapidamente e melhorem continuamente (Lindsay; Johri; Bjerva, 2023). A eficiência também é um benefício importante, pois a IAG automatiza tarefas administrativas, como a formação de grupos e a avaliação de desempenho, liberando tempo para que os professores se concentrem em ensinar (Yeralan; Lee, 2023).

Por outro lado, existem desafios a serem considerados. A dependência tecnológica é um deles, já que o uso da IAG requer acesso a tecnologias adequadas, o que pode ser um desafio em algumas escolas (You *et al.*, 2023). Além disso, é necessária a capacitação dos professores, que precisam ser treinados para utilizar a IAG de maneira eficaz, garantindo que possam aproveitar ao máximo suas funcionalidades. A competência tecnológica dos professores e sua preparação para utilizar a IAG são o eixo principal, sendo necessário implementar programas de treinamento sistemáticos para aprimorar suas habilidades e enfrentar os desafios tecnológicos (Zhang; Villanueva, 2023). Por fim, a qualidade das sugestões fornecidas pela IAG deve ser cuidadosamente configurada para assegurar que as atividades e o parecer sejam pedagogicamente adequados e alinhados com os objetivos educacionais (Lindsay; Johri; Bjerva, 2023).

6.4. Preparando um *prompt* para Dinâmicas de Grupo

Para facilitar essa implementação, o *prompt* abaixo serve como um guia para educadores. Ele foi desenhado para ser adaptável a diferentes conteúdos e configurações de sala de aula, permitindo que os professores maximizem o potencial da IAG enquanto abordam os desafios tecnológicos e pedagógicos destacados anteriormente.

“Com base nas informações a seguir:

Conteúdo da Aula: **[Insira o conteúdo aqui]**

Objetivo da Atividade: **[Insira o objetivo aqui]**

Quantidade de Alunos: **[Insira a quantidade de alunos aqui]**

Duração da Aula: **[Insira a duração da aula aqui]**

Materiais Disponíveis: **[Insira os materiais disponíveis aqui]**

Ajude-me a planejar e executar uma dinâmica de grupo para minha aula de Química. Retorne com um plano detalhado que aborde os seguintes pontos, considerando diferentes cenários de sala de aula:

1. *Formação dos Grupos: Como os grupos devem ser formados e quantos alunos em cada grupo.*
2. *Tarefas Específicas: Quais serão as tarefas específicas de cada grupo relacionadas ao conteúdo da aula. Sugira uma atividade principal e uma alternativa.*
3. *Introdução e Monitoramento da Atividade: Descreva uma forma padrão de introduzir a atividade e monitorar o progresso dos grupos, adaptável com base nos recursos disponíveis.*
4. *Soluções para Dificuldades: Exemplos de soluções para possíveis dificuldades que os grupos possam encontrar durante a atividade.*
5. *Apresentação e Avaliação dos Resultados: Proporcione um formato prático para a apresentação dos resultados e métodos eficazes para avaliar a eficácia da atividade.*
6. *Revisão e Reflexão Pós-Atividade: Como o professor deve conduzir a discussão e o feedback após as apresentações, e revisar os conceitos abordados.*
7. *Relatório Final: Principais pontos que devem ser incluídos no relatório final da atividade.*

Para escolhas que introduzem novas abordagens ou métodos inovadores, inclua uma justificativa que explique por que essa abordagem é recomendada com base nos objetivos da atividade e nos recursos disponíveis.”

O *prompt* acima serve como um esqueleto flexível que pode ser adaptado para diferentes cenários educacionais, permitindo que os educadores explorem as capacidades da IAG de forma prática e contextualizada. Para ilustrar como este *prompt* pode ser preenchido e utilizado em uma situação real, vejamos um exemplo detalhado.

Considerando uma dinâmica em grupo sobre a estrutura atômica, o *prompt* genérico abaixo visa desenvolver uma atividade que envolva os alunos e maximizar o uso da IAG para melhorar o aprendizado. Veja como o *prompt* pode ser especificamente adaptado:

“Com base nas informações a seguir:

*Conteúdo da Aula: **Estrutura atômica***

*Objetivo da Atividade: **Compreender a organização dos elétrons nos átomos e o conceito de números quânticos.***

*Quantidade de Alunos: **25***

*Duração da Aula: **90 minutos***

*Materiais Disponíveis: **Cartolina, marcadores, cola, tesouras, cópias de tabelas periódicas, lápis de pintar, papel.***

Ajude-me a planejar e executar uma dinâmica de grupo para minha aula de Química. Retorne com um plano detalhado que aborde os seguintes pontos, considerando diferentes cenários de sala de aula:

- 1. Formação dos Grupos: Como os grupos devem ser formados e quantos alunos em cada grupo.*
- 2. Tarefas Específicas: Quais serão as tarefas específicas de cada grupo relacionadas ao conteúdo da aula. Sugira uma atividade principal e uma alternativa.*

3. *Introdução e Monitoramento da Atividade:* Descreva uma forma padrão de introduzir a atividade e monitorar o progresso dos grupos, adaptável com base nos recursos disponíveis.

4. *Soluções para Dificuldades:* Exemplos de soluções para possíveis dificuldades que os grupos possam encontrar durante a atividade.

5. *Apresentação e Avaliação dos Resultados:* Proporcione um formato prático para a apresentação dos resultados e métodos eficazes para avaliar a eficácia da atividade.

6. *Revisão e Reflexão Pós-Atividade:* Como o professor deve conduzir a discussão e o feedback após as apresentações, e revisar os conceitos abordados.

7. *Relatório Final:* Principais pontos que devem ser incluídos no relatório final da atividade.

Para escolhas que introduzem novas abordagens ou métodos inovadores, inclua uma justificativa que explique por que essa abordagem é recomendada com base nos objetivos da atividade e nos recursos disponíveis.”

Com base neste *prompt* adaptado, observe como a IAG elabora um plano detalhado, que não apenas aborda essas necessidades específicas, mas também enriquece a experiência de aprendizagem através de soluções tecnologicamente avançadas.

“Para planejar uma dinâmica de grupo eficaz e envolvente sobre estrutura atômica em sua aula de Química, você pode seguir este plano detalhado que cobre todos os pontos requisitados:

1. Formação dos Grupos

Formação: *Divida os alunos em 5 grupos de 5 membros cada. Essa formação permite colaboração efetiva e garante que todos os alunos possam participar ativamente.*

Justificativa: *Grupos menores facilitam a gestão e o monitoramento do progresso, além de permitir que todos os alunos tenham um papel significativo nas atividades.*

2. Tarefas Específicas

Atividade Principal: Criação de um "Modelo Atômico 3D". Cada grupo usará cartolina, marcadores, cola, tesouras e lápis de pintar para construir um modelo tridimensional que represente a estrutura de um átomo, incluindo núcleo e distribuição eletrônica conforme os números quânticos.

Atividade Alternativa: Se os materiais para o modelo 3D estiverem indisponíveis, a alternativa será desenhar e rotular diagramas detalhados dos átomos em papel, explicando os números quânticos e sua importância na configuração eletrônica.

3. Introdução e Monitoramento da Atividade

Introdução: Comece explicando a importância dos números quânticos e da organização eletrônica. Distribua cópias da tabela periódica e outros recursos visuais para auxiliar na compreensão.

Monitoramento: Circule pela sala, observando o trabalho dos grupos e oferecendo orientação quando necessário. Faça perguntas provocativas para ajudar os alunos a pensarem criticamente sobre o que estão construindo ou desenhando.

4. Soluções para Dificuldades

Problemas Comuns:

- *Confusão sobre a configuração eletrônica:* Prepare miniaulas de reforço para explicar novamente o conceito com exemplos claros.
- *Dificuldade com os materiais de construção:* Tenha um plano B com atividades menos dependentes de materiais específicos, como debates ou questionários interativos.

5. Apresentação e Avaliação dos Resultados

Apresentação: Cada grupo apresentará seu modelo ou diagrama, explicando a lógica por trás da construção e o significado dos elementos representados.

Avaliação: Use uma rubrica que avalie criatividade, precisão científica, clareza na apresentação, e colaboração no grupo. Isso ajudará a manter os critérios objetivos e claros para os alunos.

6. Revisão e Reflexão Pós-Atividade

Discussão: Conduza uma discussão em sala sobre o que foi aprendido durante a atividade. Pergunte aos alunos o que descobriram que foi surpreendente ou desafiador.

Feedback: Encoraje feedback entre os grupos sobre as apresentações e discuta como o conhecimento adquirido se aplica em contextos reais e em futuros tópicos de estudo.

7. Relatório Final

Conteúdo do Relatório:

- Descrição detalhada da atividade realizada.
- Reflexões sobre o aprendizado durante a atividade.
- Feedback dos alunos sobre a utilidade da atividade.
- Sugestões para melhorias em atividades futuras baseadas nas experiências e desafios enfrentados.

Ao implementar este plano, você proporcionará uma experiência de aprendizado abrangente e interativa que não só engaja os alunos com o material de estudo de forma prática, mas também aprofunda a compreensão de conceitos fundamentais da Química.””

O planejamento e a execução de dinâmicas de grupo em aulas de Química sobre estrutura atômica, conforme descrito, demonstram um enfoque pedagógico centrado no aluno, com ênfase na colaboração e no aprendizado ativo. A formação de grupos pequenos (5 grupos de 5 alunos) facilita uma gestão eficaz e assegura a participação de todos, promovendo um ambiente de aprendizagem inclusivo. A principal atividade proposta, a construção de um modelo atômico 3D, é altamente didática, pois permite que os alunos visualizem e compreendam melhor a estrutura atômica e a distribuição eletrônica, fundamentando-se nos números quânticos.

A introdução e o monitoramento contínuo pelo professor, juntamente com a utilização de recursos visuais e perguntas provocativas, incentivam o pensamento crítico e a compreensão profunda dos conceitos. A apresentação dos trabalhos pelos alunos e a avaliação baseada em critérios claros, como criatividade, precisão científica, e colaboração, garantem uma apreciação objetiva dos esforços dos estudantes. A etapa de revisão e reflexão pós-atividade consolida o aprendizado. O relatório final serve como uma ferramenta de documentação e reflexão, facilitando a avaliação contínua e o aprimoramento das práticas pedagógicas.

7. Laboratório Virtual: Experimentos Enriquecidos com IAG

Saindo do canteiro de obras, você entra em uma oficina mecânica e está cercado por várias peças de um carro desmontado. Cada componente, do motor aos pneus, está espalhado à sua volta, esperando para ser montado em algo funcional. Agora, você não está sozinho nessa tarefa. Ao seu lado, há um mestre mecânico experiente que entende cada peça e sabe exatamente como combiná-las para fazer o carro funcionar perfeitamente.

No campo da educação em Química, os experimentos de laboratório são como essa oficina mecânica. As teorias abstratas são as peças soltas, e os experimentos são a prática de montá-las para ver como tudo se encaixa. No entanto, assim como em uma oficina real, há desafios: o custo das peças, a segurança e o acesso a ferramentas adequadas podem limitar o trabalho.

E aqui entra a Inteligência Artificial Generativa (IAG). Imagine a IAG como uma ferramenta inovadora que permite realizar todos os experimentos sem precisar de um único equipamento físico. Como se você tivesse um simulador virtual onde pode testar cada parte, montar e desmontar o carro quantas vezes quiser, sem gastar uma fortuna em peças ou correr riscos de segurança.

Neste capítulo, exploramos como a IAG pode transformar o ensino de Química, criando laboratórios virtuais que democratizam o acesso a experiências práticas e tornam o aprendizado seguro e envolvente. Vamos ver como essas simulações, alimentadas por dados precisos, permitem que os alunos formulem hipóteses, observem fenômenos e se preparem para futuros desafios tecnológicos, tudo isso enquanto desenvolvem um pensamento crítico e ético. É como ter o mestre mecânico e o simulador virtual trabalhando juntos para que cada estudante possa entender a fundo como as peças da Química se encaixam no grande motor da ciência.

No caminho do ensino e aprendizado de Química, os experimentos de laboratório servem como pontes entre a teoria abstrata e a prática tangível. Experimentos baseados em investigação, em particular, têm mostrado ser uma plataforma eficaz para a formulação de argumentos e para aprimorar o pensamento crítico e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem (Katchevich *et al.*, 2013). Essas experiências práticas facilitam a compreensão dos conceitos químicos inspiram a curiosidade e a paixão pela ciência (Hofstein; Hugerat, 2021). Contudo, obstáculos significativos como o alto custo dos materiais, riscos de segurança e barreiras de acesso limitam a capacidade de oferecer uma educação prática inclusiva (Kuzmina; Hoyle, 2020).

7.1. Importância de experimentos no Processo Educacional

Os experimentos de laboratório de Química permitem que os alunos compreendam os conceitos químicos de maneira prática e visual. Essas experiências não apenas fortalecem o entendimento teórico, mas também estimulam o interesse pela ciência e desenvolvem habilidades práticas (Hofstein; Hugerat, 2021). No entanto, o acesso a laboratórios físicos é muitas vezes limitado devido a restrições financeiras e de segurança (Kuzmina; Hoyle, 2020).

Neste cenário, a Inteligência Artificial Generativa (IAG) tem a capacidade de transformar o ensino prático de Química, como demonstrado por estudos que exploram seu potencial para criar laboratórios virtuais realistas (Bahroun *et al.*, 2023). Estas simulações alimentadas por dados democratizam o acesso a experiências de laboratório e garantem um ambiente de aprendizado seguro, sem os riscos físicos dos procedimentos experimentais tradicionais (Deng *et al.*, 2023). Os alunos podem testar hipóteses e observar fenômenos complexos, preparando-se para os desafios tecnológicos futuros, enquanto consideram questões éticas e de privacidade (Yu; Guo, 2023).

7.2. Benefícios e desafios do uso da IAG em Experimentos Virtuais

Ao integrar a IAG nos laboratórios de Química, expande-se as fronteiras da sala de aula do que é possível no ensino da disciplina. Este avanço incentiva

uma jornada educacional onde a Química se torna mais acessível e envolvente (Farrelly; Baker, 2023). O avanço da IAG revolucionou o campo da Química ao capacitar a geração de ambientes virtuais de laboratório extremamente detalhados e realísticos. Estas simulações, que reproduzem reações Químicas com uma precisão anteriormente inalcançável, expandem significativamente as possibilidades de experimentação científica e pesquisa, eliminando a necessidade de ambientes físicos (Wang *et al.*, 2023). No entanto, existem desafios, incluindo a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a manutenção de um equilíbrio entre aprendizado virtual e experiências práticas (Meccawy, 2023).

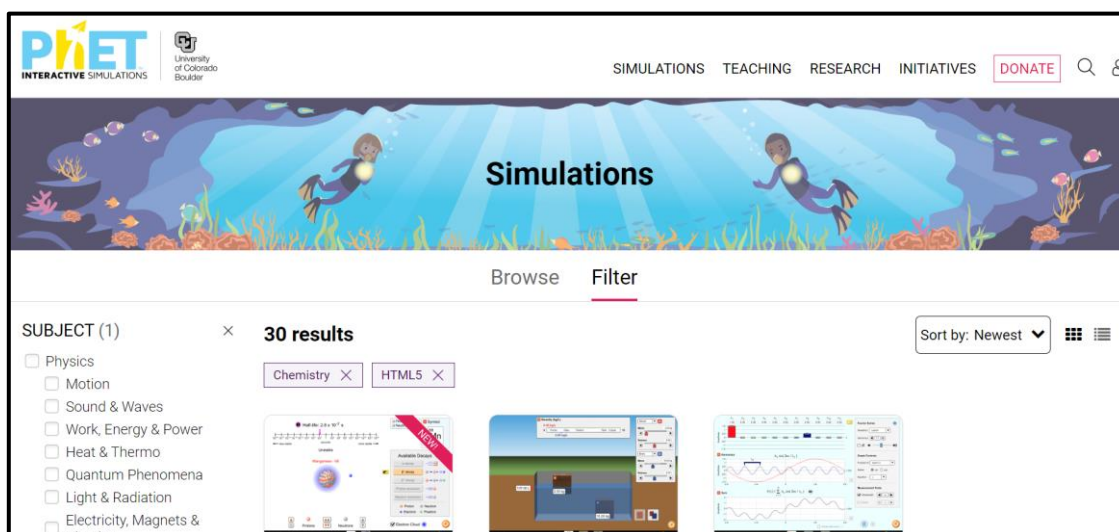
7.3 Plataformas para laboratórios virtuais

De acordo com um estudo publicado no *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, as plataformas para laboratórios virtuais proporcionam um ambiente rico para experimentação virtual e aumentam significativamente a autoeficácia experimental dos estudantes, oferecendo-lhes um espaço seguro para desenvolver suas habilidades práticas e confiança em realizar procedimentos químicos (Kolil; Muthupalani; Achuthan, 2020).

Duas plataformas e ferramentas de IA projetadas para enriquecer a experiência de aprendizado em Química, oferecendo aos professores e estudantes acesso a experimentos virtuais sofisticados e interativos são apresentadas a seguir.

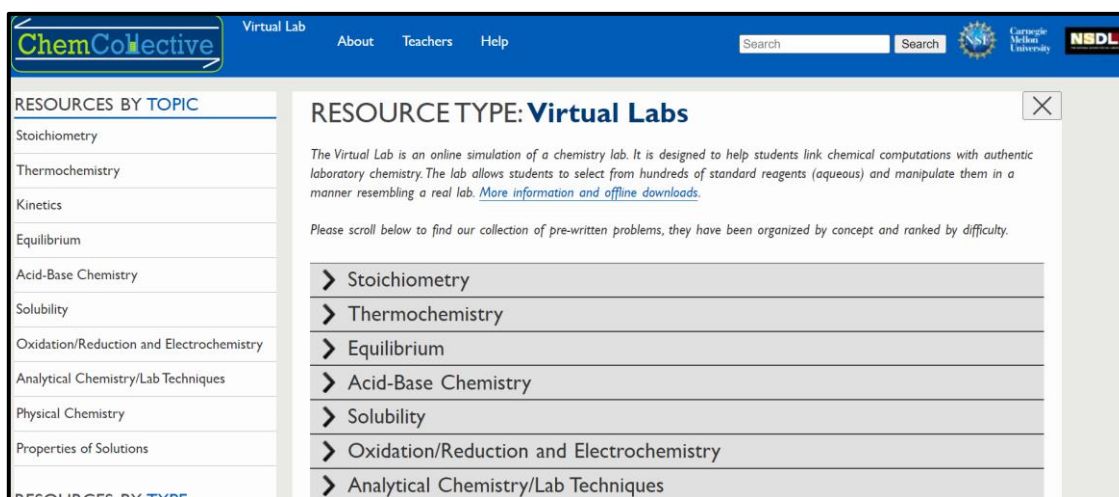
1. *PhET Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/>): Desenvolvida pela Universidade do Colorado Boulder, a *PhET* oferece simulações interativas gratuitas que abrangem uma vasta gama de conceitos de ciências e matemática, incluindo Química, facilitando uma compreensão mais profunda dos conceitos abstratos (Moore *et al.*, 2014).

Figura 9. Página de Simulações Interativas da PhET.



2. *ChemCollective* (<https://chemcollective.org/>): Patrocinado pela *National Science Foundation* e parte do projeto da *Carnegie Mellon University*, o *ChemCollective* fornece um ambiente virtual de laboratório onde os alunos podem realizar experimentos químicos, capaz de introduzir os estudantes à pesquisa Química e ao processo científico sem os custos ou riscos de um laboratório real (Yaron *et al.*, 2010).

Figura 10. Página de Simulações Interativas da *ChemCollective*.



Ao utilizar plataformas educacionais como o *PhET*, professores podem selecionar ferramentas alinhadas aos objetivos educacionais, enriquecendo o currículo de Química com simulações interativas. Essas simulações promovem o engajamento dos alunos, desenvolvem o pensamento crítico e aprofundam a compreensão dos conceitos de Química. Dados recentes indicam que as simulações do *PhET* impactam positivamente as atitudes e percepções dos

estudantes em relação ao aprendizado, facilitando a compreensão de conceitos abstratos (Salame; Makki, 2021). Além disso, essas simulações fornecem instruções claras e são de fácil utilização, oferecendo oportunidades de aprendizado que não podem ser alcançadas em um laboratório tradicional. A integração de tecnologias emergentes como o *PhET* não só melhora a receptividade dos alunos aos conteúdos, mas também resulta em uma significativa melhoria na compreensão e precisão das respostas, tornando o ensino de Química mais atual e preparando os estudantes para enfrentar desafios em um contexto tecnológico avançado.

7.4. Preparando a prática virtual

Prompts para laboratório virtual usando *chatbots* de IAG variam em complexidade, desde introduções básicas até desafios avançados. Eles devem incluir instruções claras sobre a introdução de conceitos, a simulação do experimento e a análise dos resultados, fomentando uma reflexão crítica. Observe aqui um modelo de *prompt* genérico:

*""Atue como assistente de um laboratório de Química, aplicando a teoria de aprendizagem escolhida: **[insira a teoria de aprendizagem aqui]** em um experimento virtual sobre **[insira a reação, processo ou fenômeno químico aqui]**. Este experimento busca aprofundar o entendimento do tópico específico: **[insira o tópico específico aqui]**, realçando sua importância teórica e prática. Introduza conceitos relevantes de compostos químicos e proceda com a simulação do experimento, observando transformações e analisando os produtos. Assegure-se de que tudo esteja fundamentado em princípios químicos precisos, considerando restrições específicas **[insira restrições específicas aqui]**, o nível de compreensão dos alunos **[insira nível de entendimento dos alunos]**, e limitações de tempo e recursos **[insira limites relacionados ao tempo de experimentação e aos recursos digitais disponíveis]**. O objetivo é desenvolver uma compreensão detalhada dos conceitos-chave **[insira quais conceitos quer enfatizar]**, aprimorando habilidades analíticas e incentivando a aplicação prática e a curiosidade científica. Documente os resultados esperados com equações balanceadas e uma análise profunda do processo, destacando*

implicações e aspectos específicos para maior exploração [indicar aspectos específicos para aprofundamento]. Apresente possíveis plataformas de laboratórios virtuais existentes na internet e que possam realizar o experimento."

Para ilustrar como implementar o *prompt* genérico, veja este exemplo para uma aula de Química Orgânica:

"Atue como assistente de um laboratório de Química, aplicando a teoria de aprendizagem situada de Lave e Wenger em um experimento virtual sobre a síntese de aspirina (ácido acetilsalicílico). Este experimento busca aprofundar o entendimento da síntese e reatividade em compostos carbonílicos, realçando sua importância teórica e prática. Introduza conceitos relevantes de compostos químicos e proceda com a simulação do experimento, observando transformações e analisando os produtos. Assegure-se de que tudo esteja fundamentado em princípios químicos precisos, considerando condições de reação seguras e controle de temperatura, o nível de compreensão dos alunos intermediário, e limitações de tempo e recursos (sessões de 45 minutos com software básico de simulação). O objetivo é desenvolver uma compreensão detalhada dos conceitos-chave (mecanismos de reação, purificação e análise de produto), aprimorando habilidades analíticas e incentivando a aplicação prática e a curiosidade científica. Documente os resultados esperados com equações balanceadas e uma análise profunda do processo, destacando implicações na indústria farmacêutica e na saúde. Apresente possíveis plataformas de laboratórios virtuais existentes na internet e que possam realizar o experimento."

Após inserir o *prompt* adaptado no ChatGPT-4, o chatbot gerou a seguinte resposta:

Introdução ao Experimento Virtual: Síntese de Aspirina

Contexto Pedagógico

Aplicando a teoria de aprendizagem situada de Lave e Wenger, este experimento virtual não só ensina a síntese do ácido acetilsalicílico, mas também situa os aprendizes em um contexto prático onde eles podem visualizar a relevância dos conceitos químicos na vida real e na indústria farmacêutica. A interação com o ambiente virtual e com os colegas possibilita um aprendizado mais profundo por meio da prática e da discussão.

Objetivos de Aprendizagem

1. Entender a estrutura e reatividade dos compostos carbonílicos.
2. Aprender o mecanismo de reação para a síntese de ácido acetilsalicílico.
3. Desenvolver habilidades de análise e purificação de compostos químicos.
4. Explorar a aplicação prática da síntese na indústria farmacêutica e seus impactos na saúde.

Conceitos Químicos Fundamentais

Compostos Carbonílicos: São compostos orgânicos que contêm um grupo carbonila (C=O). Este grupo é altamente reativo devido à polaridade entre o carbono e o oxigênio. Exemplos incluem aldeídos e cetonas.

Ácido Acetilsalicílico (Aspirina): É um composto derivado do ácido salicílico, onde um grupo acetilo é esterificado ao grupo hidroxila do ácido salicílico. É amplamente utilizado como anti-inflamatório e analgésico.

Procedimento do Experimento Virtual

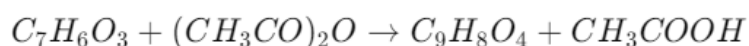
Materiais e Reagentes

- Ácido salicílico
- Anidrido acético
- Ácido sulfúrico (como catalisador)
- Equipamento de simulação básico

Etapas do Experimento

1. **Reação:** Mistura-se ácido salicílico com anidrido acético e algumas gotas de ácido sulfúrico em um béquer virtual. A temperatura deve ser controlada entre 70-80°C para garantir a reação sem decomposição do produto.
2. **Observação:** Acompanha-se a formação do produto observando a mudança na mistura e monitorando a temperatura.
3. **Purificação:** Após a reação, a mistura é resfriada e a aspirina precipitada é filtrada sob vácuo.
4. **Análise do Produto:** A pureza da aspirina sintetizada é testada através de técnicas de simulação de espectroscopia de infravermelho (IR) e ponto de fusão.

Equação Balanceada da Reação



Legenda:

- $C_7H_6O_3$: Ácido salicílico
- $(CH_3CO)_2O$: Anidrido acético
- $C_9H_8O_4$: Ácido acetilsalicílico (Aspirina)
- CH_3COOH : Ácido acético (subproduto)

Análise e Resultados Esperados

Mecanismo de Reação

O anidrido acético aceta o grupo hidroxila do ácido salicílico, formando aspirina e ácido acético. Este mecanismo envolve a transferência de um grupo acil, facilitada pelo ácido sulfúrico que atua como catalisador.

Implicações na Indústria Farmacêutica e na Saúde

A aspirina é um dos medicamentos mais amplamente utilizados para alívio da dor, febre e inflamação.

A compreensão detalhada de sua síntese ajuda a melhorar processos industriais, tornando-os mais eficientes e seguros.

A análise do produto garante a pureza e eficácia do medicamento, essencial para a segurança do paciente.

Plataformas de Laboratórios Virtuais

ChemCollective Virtual Lab: Permite simulações detalhadas de experimentos de Química, incluindo a síntese de aspirina.

Labster: Oferece laboratórios virtuais interativos com feedback em tempo real e integração de teoria e prática.

PhET Interactive Simulations: Oferece simulações interativas para várias áreas da ciência, incluindo Química.

Resultados Esperados

Síntese: Obtenção de cristais brancos de aspirina.

Análise: Confirmação do ponto de fusão e testes de pureza indicam a formação de ácido acetilsalicílico com alta pureza.

Conclusão

Esse experimento virtual não só aprofunda o entendimento dos alunos sobre a Química dos compostos carbonílicos e a síntese orgânica, mas também os prepara para futuras aplicações práticas na indústria e pesquisa. A colaboração em um ambiente virtual reflete as práticas reais de um laboratório, promovendo um aprendizado ativo e situado.”

A resposta ao *prompt*, elaborada sob a perspectiva da teoria da aprendizagem situada, transforma a tarefa em um experimento virtual interativo que incorpora elementos práticos e teóricos. Neste contexto, os estudantes não apenas aprendem sobre a síntese Química, mas também participam ativamente em uma simulação que replica o ambiente de um laboratório real. Eles observam as transformações, analisam os produtos e consideram as implicações práticas e industriais do processo químico. Esta metodologia de "aprender fazendo" é o foco para a internalização do conhecimento, conforme Lave e Wenger (2022) destacam. A participação periférica legítima, um conceito central da teoria, permite que os aprendizes se envolvam nas práticas socioculturais de uma comunidade, movendo-se gradualmente em direção à participação plena.

Além disso, o uso de plataformas de laboratórios virtuais é uma escolha acertada, mas seria benéfico explorar a interoperabilidade dessas ferramentas com software de análise de dados, aumentando a precisão e a aplicabilidade dos resultados experimentais. Assim, ao imergir os alunos em uma experiência prática e contextualizada, a simulação promove um aprendizado profundo e significativo, reforçando a ideia de que o conhecimento e a destreza são adquiridos através do engajamento ativo e contextualizado em atividades autênticas.

8. Upgrade na Educação em Química com Atividades e Exercícios Baseados em IAG

Imagine que você está aprendendo a cozinhar. No início, seguir receitas complexas, medir ingredientes e entender como tudo se encaixa pode ser um desafio. Agora, pense na Inteligência Artificial Generativa (IAG) como um assistente de cozinha muito esperto. Esse assistente entende as receitas e sabe ajustá-las perfeitamente ao seu gosto e às suas habilidades.

No mundo da educação em Química, os professores são como *chefs* experientes que preparam pratos deliciosos para seus alunos, servindo conceitos complexos de uma maneira que todos possam saborear e entender. A IAG entra em cena como um *sous-chef* dedicado, auxiliando na criação de exercícios personalizados, ajustados ao nível de conhecimento e ao ritmo de cada aluno.

Este capítulo explora como a Inteligência Artificial Generativa (IAG) auxilia a Educação em Química, tornando-se uma ferramenta alternativa para professores na elaboração de exercícios educacionais. A capacidade das IAGs de gerar listas de exercícios personalizadas, contextualizadas e alinhadas com as últimas tendências científicas, transforma a dinâmica do ensino e oferece uma ferramenta para tornar o aprendizado mais adaptável, engajador e relevante para os alunos do século XXI.

8.1. Importância das atividades e exercícios no Processo Educacional

A importância das atividades e exercícios na educação em Química e ciências naturais é amplamente reconhecida por diversos estudos. Exercícios específicos podem ajudar os estudantes a desenvolverem habilidades críticas como análise e avaliação de argumentos, tomada de decisões, recuperação de informações e experimentação (Garratt *et al.*, 2000). Esses exercícios, quando bem estruturados e conduzidos em um ambiente de sala de aula colaborativo,

promovem discussões vigorosas e pensamento crítico, levando a um aprendizado mais efetivo (Garratt *et al.*, 2000).

Além disso, a resolução de problemas de Química é uma estratégia eficaz para melhorar a compreensão dos alunos. De acordo com (Cardellini, 2006), ao resolver problemas, os estudantes desenvolvem habilidades cognitivas superiores e aprendem a aplicar conceitos de forma criativa, o que resulta em um aprendizado mais profundo e significativo.

Freitas; Jiménez; Mellado (2004) investigaram as concepções e práticas de professores de física e Química sobre a resolução de problemas e descobriram que a resolução eficaz de problemas depende de uma compreensão clara dos conceitos químicos e da capacidade de aplicá-los a situações novas e complexas.

Outra abordagem significativa é o desenvolvimento de habilidades para resolver problemas de Química através de métodos gráficos, como mostrado por Giac; Lien; Tuan (2017). Esses métodos ajudam os alunos a visualizar e compreender melhor os problemas, melhorando suas habilidades de resolução e a aplicação prática do conhecimento teórico.

8.2. O papel da IAG na produção de atividades e exercícios

Com a IAG, os professores têm a capacidade de criar questões personalizadas e adaptativas que se ajustam às necessidades individuais dos alunos, proporcionando um aprendizado mais eficiente e direcionado. Por exemplo, a IAG pode ser utilizada para gerar problemas de Química que variam em complexidade com base no desempenho do aluno, ajustando automaticamente o nível de dificuldade para manter o aluno desafiado e engajado (Gligorea *et al.*, 2023).

Estudos indicam que ferramentas de IAG como o *ChatGPT* podem ser utilizadas para geração de avaliações formativas, onde as perguntas podem ser automaticamente geradas e adaptadas, proporcionando economia de tempo aos professores (Abdelghani; Sauzéon; Oudeyer, 2023; Fergus; Botha; Ostovar, 2023).

8.3. Benefícios e desafios do uso da IAG na elaboração atividades e exercícios no Processo Educacional

A aplicação de Inteligência Artificial Generativa (IAG) na elaboração de exercícios de Química oferece benefícios significativos, mas também apresenta desafios que precisam ser abordados. Focando especificamente na criação de atividades e questões para a Educação Química, os seguintes aspectos são destacados:

Benefícios

- **Personalização do Aprendizado**

A IAG pode criar exercícios personalizados adaptados ao nível de conhecimento e necessidades individuais dos alunos. Isso permite que os estudantes avancem em seu próprio ritmo, recebendo desafios adequados e monitoramento imediato, melhorando o engajamento e a retenção de conhecimento (Vincent-Ruz; Boase, 2022).

- **Aumento da Eficiência dos Professores:**

A IAG pode automatizar a criação de exercícios e testes, liberando os professores para focarem mais na interação direta com os alunos e no desenvolvimento de atividades pedagógicas mais complexas. Essa automatização reduz o tempo gasto em tarefas repetitivas e administrativas (Rizvi, 2023).

- **Variedade de Formatos de Exercícios:**

Com o uso da IAG, é possível gerar uma ampla variedade de tipos de questões, incluindo perguntas de múltipla escolha, exercícios de resolução de problemas e simulações interativas. Essa diversidade ajuda a abordar diferentes estilos de aprendizagem e a manter os alunos interessados (Ali *et al.*, 2023).

Desafios

- **Desafios na Formulação de Questões Contextualizadas:**

Elaborar questões de Química que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas também contextualizadas em situações do mundo real é um desafio. A IAG pode ter dificuldades em criar exercícios que integram conceitos químicos com aplicações práticas de maneira significativa e relevante para os alunos (Ali *et al.*, 2023).

- **Qualidade e Precisão das Questões:**

A garantia de que as questões geradas sejam de alta qualidade e cientificamente precisas é um desafio contínuo. O conteúdo gerado pela IAG deve ser revisado regularmente para evitar a propagação de erros ou conceitos mal explicados (Daher; Diab; Rayan, 2023).

- **Integração de Aspectos Interdisciplinares:**

Integrar aspectos interdisciplinares nas questões de Química, como a conexão com a biologia ou a física, pode ser complexo para a IAG. Desenvolver questões que abordem a natureza interdisciplinar da ciência requer uma compreensão profunda de várias disciplinas e a capacidade de criar exercícios que reflitam essas conexões (Jackson; Hurst, 2021).

8.4. Um *prompt* genérico para criar atividades e exercícios em Química

Para facilitar a implementação e maximizar o potencial da Inteligência Artificial Generativa (IAG) na Educação em Química, este guia adaptável foi desenvolvido para ajudar educadores a criar atividades e exercícios personalizados. Ele auxilia na superação de desafios tecnológicos e pedagógicos, inspirando professores a enriquecerem o aprendizado com atividades interativas e envolventes (Lo, 2023b). Seguindo estas diretrizes, os educadores podem enfrentar desafios tecnológicos e pedagógicos, proporcionando um aprendizado mais dinâmico e eficaz. O objetivo é oferecer um guia adaptável que maximiza o potencial da IAG na Educação em Química.

Para criar atividades e exercícios bem estruturados, siga os pontos abaixo:

1. Denomine o Perfil:

Adote o perfil de um(a) [tipo de educador, por exemplo, "professor(a) de Química do ensino médio"]. Especifique o estilo que o *chatbot* deve adotar para criar conteúdo adequado à disciplina.

2. Defina a Atividade:

Descreva claramente a atividade desejada, indicando o tema específico dos exercícios. Por exemplo: "Crie um conjunto de exercícios focados em [tema específico, por exemplo, 'reações ácido-base']."

3. Descreva as Etapas:

Detalhe a organização da atividade, assegurando a progressão adequada das questões. Por exemplo:

- Introdução ao tema com conceitos fundamentais.
- Questões teóricas para avaliar a compreensão inicial.
- Problemas práticos para aplicar os conceitos aprendidos.
- Questões desafiadoras para aprofundar o conhecimento.

4. Contexto:

Especifique os tópicos a serem abordados para definir o escopo dos exercícios. Por exemplo: "Os exercícios devem abordar os conceitos de pH, forças intermoleculares e estequiometria."

5. Restrições:

Defina quaisquer limitações específicas para o formato das questões. Por exemplo: "Evite questões de múltipla escolha. Prefira questões dissertativas e de cálculo."

6. Objetivo:

Declare o objetivo educacional para orientar o propósito dos exercícios. Por exemplo: "O objetivo é reforçar a capacidade dos alunos de resolver problemas estequiométricos e compreender as propriedades ácido-base."

7. Saída:

Especifique a quantidade de questões e as expectativas de resposta, definindo a quantidade de conteúdo e a necessidade de validação das respostas. Por exemplo: "Crie um total de 10 questões, sendo 4 teóricas e 6 práticas, com respostas detalhadas e explicações passo a passo."

Para ilustrar como preencher o prompt genérico e criar atividades de Química eficazes, observe um exemplo prático.

“Adote o perfil de um(a) professor(a) de Química do ensino médio. O estilo deve ser didático e acessível, adaptado para alunos de 14 a 18 anos. Crie um conjunto de exercícios focados em reações ácido-base. Detalhe a organização da atividade, incluindo uma introdução ao tema com conceitos fundamentais, questões teóricas para avaliar a compreensão inicial, problemas práticos para aplicar os conceitos aprendidos e questões desafiadoras para aprofundar o conhecimento.

Os exercícios devem abordar os conceitos de pH, forças intermoleculares e estequiometria. Evite questões de múltipla escolha, preferindo questões dissertativas e de cálculo. O objetivo é reforçar a capacidade dos alunos de resolver problemas estequiométricos e compreender as propriedades ácido-base. Crie um total de 10 questões, sendo 4 teóricas e 6 práticas, com respostas detalhadas e explicações passo a passo.”

Essa estruturação permite que os educadores maximizem o uso da IAG para criar exercícios que não só testem, mas também expandam o conhecimento dos alunos em Química.

Após inserir o *prompt* adaptado no ChatGPT-4, o *chatbot* gerou a seguinte resposta:

“Introdução ao Tema: Reações Ácido-Base

As reações ácido-base são fundamentais na Química e ocorrem quando um ácido reage com uma base, formando água e um sal. Os ácidos são substâncias que liberam íons de hidrogênio (H^+) em solução aquosa, enquanto as bases

liberam íons hidróxido (OH^-). A força de um ácido ou base depende de sua capacidade de se dissociar em íons na água. O pH é uma medida da acidez ou basicidade de uma solução, variando de 0 (muito ácido) a 14 (muito básico), sendo 7 o neutro.

Questões Teóricas

1. Defina ácido e base segundo a teoria de Arrhenius e a teoria de Brønsted-Lowry.

- Resposta:

- Arrhenius: Ácido é uma substância que libera H^+ em solução aquosa; base é uma substância que libera OH^- .

- Brønsted-Lowry: Ácido é um doador de prótons (H^+); base é um receptor de prótons.

2. Explique a diferença entre ácidos e bases fortes e fracos, dando exemplos de cada.

- Resposta:

- Ácidos fortes se dissociam completamente em solução (ex: HCl , H_2SO_4).

- Ácidos fracos se dissociam parcialmente (ex: CH_3COOH).

- Bases fortes se dissociam completamente (ex: NaOH , KOH).

- Bases fracas se dissociam parcialmente (ex: NH_3).

3. O que é pH e como ele é calculado? Dê um exemplo de cálculo do pH de uma solução de ácido clorídrico (HCl) com concentração 0,01 M.

- Resposta:

- pH é a medida da acidez de uma solução, calculado como $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$.

- Exemplo: Para HCl 0,01 M, $[\text{H}^+] = 0,01$ M. $\text{pH} = -\log(0,01) = 2$.

4. Descreva a importância das forças intermoleculares nas propriedades das soluções ácido-base.

- Resposta:

- Forças intermoleculares, como ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals, influenciam a solubilidade, volatilidade e a capacidade de um ácido ou base de se dissociar em solução.

Problemas Práticos

5. Calcule o pH de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração 0,001 M.

- Resposta:

- NaOH é uma base forte e se dissocia completamente em Na^+ e OH^- .

- $[\text{OH}^-] = 0,001 \text{ M}$.

- $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,001) = 3$.

- $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 3 = 11$.

6. Determine a quantidade de ácido sulfúrico (H_2SO_4) necessária para neutralizar 100 mL de uma solução de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M.

- Resposta:

- Reação: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

- Moles de KOH = $0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$.

- Relação estequiométrica: 1 mol H_2SO_4 neutraliza 2 mol KOH.

- Moles de $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,01 \text{ mol KOH} \times (1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 / 2 \text{ mol KOH}) = 0,005 \text{ mol}$.

- Massa de $\text{H}_2\text{SO}_4 = 0,005 \text{ mol} \times 98 \text{ g/mol} = 0,49 \text{ g}$.

7. Uma solução contém 0,05 mol de ácido acético (CH_3COOH) em 1 litro de água. Calcule o pH sabendo que a constante de dissociação (K_a) do ácido acético é $1,8 \times 10^{-5}$.

- Resposta:

- $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$.

- $K_a = [\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-] / [\text{CH}_3\text{COOH}]$.

- Supondo $[\text{H}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = x$ e $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ inicial - $x \approx [\text{CH}_3\text{COOH}]$ inicial.

$$- 1,8 \times 10^{-5} = x^2 / 0,05.$$

$$- x^2 = 1,8 \times 10^{-5} * 0,05.$$

$$- x^2 = 9 \times 10^{-7}.$$

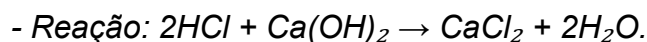
$$- x = \sqrt{9 \times 10^{-7}}.$$

$$- x = 3 \times 10^{-4} \text{ M}.$$

$$- \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(3 \times 10^{-4}) = 3,52.$$

8. Calcule o volume de ácido clorídrico (HCl) 0,2 M necessário para neutralizar 50 mL de uma solução de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) 0,1 M.

- Resposta:



$$- \text{Moles de Ca(OH)}_2 = 0,1 \text{ mol/L} * 0,05 \text{ L} = 0,005 \text{ mol}.$$

- Relação estequiométrica: 2 mol HCl neutralizam 1 mol Ca(OH)₂.

$$- \text{Moles de HCl} = 0,005 \text{ mol Ca(OH)}_2 * (2 \text{ mol HCl} / 1 \text{ mol Ca(OH)}_2) = 0,01 \text{ mol}.$$

$$- \text{Volume de HCl} = \text{moles} / \text{concentração} = 0,01 \text{ mol} / 0,2 \text{ mol/L} = 0,05 \text{ L} = 50 \text{ mL}.$$

Questões Desafiadoras

9. Um tampão é preparado misturando 0,1 mol de ácido acético (CH₃COOH) com 0,1 mol de acetato de sódio (CH₃COONa) em 1 litro de solução. Calcule o pH dessa solução.

- Resposta:

$$- \text{Solução tampão: } \text{pH} = \text{pKa} + \log([\text{base}]/[\text{ácido}]).$$

$$- \text{pKa do ácido acético} \approx 4,76.$$

$$- \text{pH} = 4,76 + \log(0,1/0,1) = 4,76 + \log(1) = 4,76.$$

10. Explique como as forças intermoleculares afetam a dissociação de ácidos e bases em solução aquosa, utilizando exemplos de ácidos e bases fortes e fracos.

- Resposta:

- Ligações de hidrogênio são cruciais na dissociação de ácidos e bases em água. Por exemplo, HCl (ácido forte) se dissocia completamente devido à forte interação do H^+ com as moléculas de água, formando hidrônios (H_3O^+).

- No caso do ácido acético (CH_3COOH), que é um ácido fraco, as ligações de hidrogênio e as forças de Van der Waals mantêm parte do ácido não dissociado.

- Bases fortes como NaOH dissociam-se completamente devido à forte atração entre OH^- e H_2O .

- Bases fracas como NH_3 formam poucas moléculas de OH^- , pois as forças de Van der Waals e ligações de hidrogênio não são suficientes para dissociar completamente a amônia.

Espero que estes exercícios ajudem a aprofundar o entendimento de vocês sobre reações ácido-base. Qualquer dúvida, não hesitem em perguntar!"

A lista de exercícios apresentada oferece uma abordagem abrangente e didática sobre reações ácido-base, abordando desde definições fundamentais até problemas aplicados e questões desafiadoras. No entanto, uma análise crítica revela alguns pontos de melhoria. Primeiramente, a introdução ao tema poderia ser enriquecida com exemplos cotidianos de reações ácido-base para contextualizar melhor o conceito aos alunos. As questões teóricas são claras e bem estruturadas, mas poderiam incluir perguntas que incentivem a reflexão sobre a aplicação prática dos conceitos discutidos. Nos problemas práticos, a abordagem passo a passo facilita o entendimento, porém, seria benéfico incluir uma discussão sobre possíveis fontes de erro experimental e suas implicações nos resultados. As questões desafiadoras são apropriadas para alunos avançados, mas poderiam ser complementadas com simulações virtuais ou experimentos de laboratório controlado para fortalecer a compreensão. No geral, a lista de exercícios é sólida e organizada, mas poderia ser aprimorada com

maior contextualização prática, discussões sobre a análise crítica de dados e integração com ferramentas de ensino.

É recomendado que para validar a eficácia da abordagem educacional e garantir que os conceitos estejam sendo adequadamente assimilados pelos alunos, é necessário realizar uma revisão periódica das respostas e fornecer um parecer construtivo. Além disso, todos os educadores devem se encorajar a adaptarem os exemplos e conceitos apresentados conforme a necessidade e o nível de compreensão dos estudantes, tornando o aprendizado em Química não apenas um processo de memorização, mas uma verdadeira exploração do mundo molecular.

9. Revisão e Aperfeiçoamento de Textos com IAG

Finalmente, você é um artesão moldando uma escultura. Cada detalhe importa – desde a forma básica até as minúcias que dão vida à obra. Agora, pense na Inteligência Artificial Generativa (IAG) como seu aprendiz dedicado, sempre pronto para sugerir melhorias, ajustar proporções e adicionar toques finais que transformam sua escultura em uma peça de arte cativante.

No contexto da educação, os materiais didáticos são como essa escultura. Educadores dedicam tempo e esforço para criar conteúdo claros, precisos e envolventes. A IAG entra como esse aprendiz, capaz de revisar textos, corrigir inconsistências, sugerir adaptações e enriquecer os materiais, tornando-os mais acessíveis e atrativos para os alunos.

Este capítulo demonstra o potencial transformador da Inteligência Artificial Generativa (IAG) no aprimoramento de materiais didáticos, enfocando especialmente textos e documentos educacionais. Através da utilização da IAG, professores e educadores podem refinar e enriquecer o conteúdo didático, garantindo que os materiais não apenas estejam em consonância com os padrões educacionais modernos, mas também sejam mais acessíveis e atraentes para os alunos (Jauhiainen; Guerra, 2023).

Figura 11. A IAG pode ajudar você, professor!



A capacidade da IAG de analisar, revisar e sugerir melhorias de forma rápida e precisa oferece uma ferramenta incomparável para otimizar a qualidade dos recursos educacionais (Dickey; Bejarano, 2023). Contudo, é essencial equilibrar o uso da IAG para evitar uma dependência excessiva que pode prejudicar a compreensão dos materiais acadêmicos (Ju, 2023).

9.1. A relevância da revisão e aperfeiçoamento de textos na educação

A revisão e o aperfeiçoamento de textos desempenham um papel fundamental no processo educacional, contribuindo significativamente para a eficácia do ensino e aprendizado. A clareza e precisão dos materiais didáticos são essenciais para que os alunos compreendam e retenham informações de forma eficiente (Back, 2021). Com o avanço das tecnologias, especialmente a Inteligência Artificial Generativa (IAG), tornou-se possível otimizar esses materiais em tempo real, adaptando-os aos diversos estilos de aprendizagem dos estudantes (Figueiredo *et al.*, 2023).

O uso da IAG na revisão de textos permite aos educadores integrarem as melhores práticas pedagógicas, identificando e corrigindo ambiguidades e inconsistências. Isso garante que os textos sejam não apenas informativos, mas também envolventes e acessíveis a todos os alunos, independentemente de suas capacidades individuais (Bahroun *et al.*, 2023). Além disso, a tecnologia de IAG apoia a educação inclusiva ao adaptar os materiais de ensino para atender às necessidades específicas dos estudantes, promovendo a igualdade de acesso ao conhecimento. Essa capacidade de personalização e adaptação é particularmente importante em um ambiente educacional que valoriza a diversidade e busca incluir todos os alunos no processo de aprendizagem.

A revisão e o aperfeiçoamento contínuos dos textos educacionais também são essenciais para manter os materiais atualizados com as últimas descobertas científicas e metodológicas. Isso enriquece o currículo e assegura que os alunos estejam engajados com conteúdo que reflete os avanços atuais e as práticas emergentes em suas áreas de estudo.

9.2. O papel da IAG na revisão e aperfeiçoamento de textos didáticos

De acordo com estudos recentes (Kehoe, 2023; Menekse, 2023; Platt; Platt, 2023), a Inteligência Artificial Generativa (IAG) oferece possibilidades promissoras na revisão e aperfeiçoamento de textos didáticos, transformando o modo como os materiais educacionais são elaborados e apresentados. Com a IAG, educadores podem refinar textos de maneira a torná-los mais claros, precisos e adaptados às necessidades específicas de seus alunos, promovendo uma compreensão mais profunda e um engajamento mais significativo.

Por exemplo, ferramentas baseadas em IAG podem analisar documentos e sugerir modificações que aumentem a legibilidade e a relevância do conteúdo para diferentes grupos de alunos (Sağın *et al.*, 2023; Yeralan; Lee, 2023). Essas tecnologias podem identificar jargões complexos ou explicações ambíguas e propor alternativas mais simples e diretas, facilitando o entendimento por parte dos estudantes (Bahroun *et al.*, 2023; Kadaruddin, 2023). Adicionalmente, a IAG pode ajudar a customizar exemplos e analogias de acordo com os interesses e o contexto cultural dos alunos, tornando o aprendizado mais relevante e eficaz (Abdelghani; Sauzéon; Oudeyer, 2023).

9.3. Benefícios e desafios do uso da IAG na revisão e aperfeiçoamento de textos no Processo Educacional

A aplicação de Inteligência Artificial Generativa (IAG) na revisão e aperfeiçoamento de textos educacionais traz vantagens significativas, mas também enfrenta desafios que precisam ser cuidadosamente gerenciados. Ao focar na melhoria de textos e documentos para o ensino, destacam-se os seguintes pontos:

Benefícios

- **Melhoria da Qualidade do Conteúdo**

A IAG, como o ChatGPT, tem a capacidade de avaliar e aprimorar a clareza, precisão e pertinência dos recursos educacionais, garantindo que sejam de alta qualidade e compreensíveis para os alunos (Van de Berg; Du Plessis, 2023).

- **Personalização do Material Didático**

A tecnologia permite adaptar o conteúdo às necessidades específicas e ao nível de compreensão de cada aluno. Esta capacidade de personalização promove uma experiência de aprendizado mais eficaz e profundamente adaptada ao indivíduo, conforme explorado por (Hashim *et al.*, 2022) em sua análise sobre as tendências tecnológicas na educação personalizada.

- **Economia de Tempo para Educadores**

Com a IAG, o processo de revisão e atualização de textos torna-se mais rápido e eficiente, liberando os educadores para se concentrarem em outras tarefas pedagógicas e na interação direta com os alunos (Farrelly; Baker, 2023).

Desafios

- **Manutenção da Autenticidade do Texto**

Garantir que a voz e o estilo originais do autor sejam preservados durante a revisão automatizada é um desafio, pois estudos (Doshi; Hauser, 2023; Hsu, 2023; Pavlik, 2023) mostram que a IAG pode alterar inadvertidamente o tom ou o estilo do conteúdo.

- **Complexidade Linguística e Contextual**

Como discutido por Yan *et al.* (2024), a IAG pode ser incapaz de lidar efetivamente com contextos de aprendizagem complexos, como é o caso da Química, e a necessidade de adaptar conteúdos de forma culturalmente relevante, aspectos essenciais para a eficácia do material educacional.

- **Precisão e Confiança do Conteúdo Gerado**

Assegurar que as alterações sugeridas pela IAG sejam precisas e baseadas em informações cientificamente válidas é essencial para evitar a disseminação de erros, alucinações ou mal-entendidos. Conforme (Tang *et al.*, 2023), é necessário verificar a qualidade e consistência dos dados para garantir a confiabilidade desses resultados.

Com os benefícios claramente visíveis e os desafios identificados na utilização da Inteligência Artificial Generativa na revisão de textos, fica evidente

a necessidade de uma abordagem equilibrada e de estratégias bem definidas para a integração eficaz desta tecnologia. O próximo passo é capacitar os educadores para aplicarem estas inovações de maneira prática, ajustando-as ao ambiente educacional contemporâneo. No próximo segmento, ofereceremos um guia detalhado para implementar a revisão e aperfeiçoamento de textos com IAG, permitindo que os educadores transformem os desafios em oportunidades e maximizem os benefícios desta tecnologia em suas práticas pedagógicas.

9.4. Um *prompt* genérico para revisão e aperfeiçoamento de textos com IAG

Para facilitar a implementação e maximizar o potencial da Inteligência Artificial Generativa (IAG) na revisão e aperfeiçoamento de textos educacionais, este guia adaptável foi desenvolvido para auxiliar educadores na otimização de seus materiais didáticos. Ele aborda desafios tanto tecnológicos quanto pedagógicos, incentivando professores a aprimorarem a qualidade e a relevância dos textos, tornando-os mais envolventes e eficazes para o aprendizado. O objetivo é oferecer um guia flexível que maximize o uso da IAG na melhoria de textos educacionais.

Vamos supor que um professor elaborou um texto sobre algum conteúdo de Química e deseja que a inteligência artificial generativa faça a revisão e o aperfeiçoamento desse texto. Para estruturar eficazmente essa revisão e aperfeiçoamento, siga os pontos abaixo:

1. Defina o Perfil:

Adote o perfil de um(a) "Revisor de textos, especialista em materiais pedagógicos". Especifique o estilo que o *chatbot* deve adotar para ajustar os textos de acordo com a disciplina.

2. Descreva o Texto:

Informe que o texto a ser revisado e aperfeiçoado será anexado ou demonstrado ao final do *prompt*. Especifique o conteúdo ou tema do texto, por exemplo: "Revise o texto anexado que aborda as reações de oxirredução em Química."

3. Estructure as Modificações:

Detalhe os aspectos do texto que necessitam de revisão e aperfeiçoamento, como:

- Verificação de clareza e coerência.
- Correção de erros gramaticais e ortográficos.
- Enriquecimento de conteúdo com exemplos e analogias relevantes.
- Adaptação de linguagem para aumentar a acessibilidade e engajamento dos alunos.

4. Contexto e Público-alvo:

Especifique para quem o texto é destinado e quais ajustes são necessários para alinhar o conteúdo com o público. Por exemplo: "O texto deve ser adaptado para ser compreensível e interessante para alunos de 15 a 17 anos."

5. Restrições e Limitações:

Defina quaisquer limitações específicas para a revisão. Por exemplo: "Mantenha a estrutura básica do texto, focando apenas em melhorias de linguagem e adição de conteúdo contextual."

6. Objetivo da Revisão:

Declare o propósito educacional da revisão para guiar o foco das modificações. Por exemplo: "O objetivo é melhorar a compreensão dos alunos sobre processos químicos complexos através de uma linguagem mais acessível e exemplos práticos."

7. Saída Esperada:

Especifique o resultado esperado após a revisão, como o número de modificações sugeridas ou a profundidade das explicações. Por exemplo: "Forneça sugestões para pelo menos cinco melhorias significativas no texto, incluindo revisões detalhadas e exemplos ilustrativos."

Para exemplificar como utilizar o *prompt* genérico para revisar e aperfeiçoar textos, observe um exemplo prático:

""Adote o perfil de um revisor de textos, especialista em materiais pedagógicos. Revise o texto anexado que aborda as reações de oxirredução em Química. O estilo deve ser claro e direto, adequado para adolescentes de 15 a 17 anos. Revise um capítulo do livro didático que aborda as reações de oxirredução em Química. Foque na verificação de clareza e coerência, corrija erros gramaticais, enriqueça o conteúdo com exemplos pertinentes ao cotidiano dos alunos e adapte a linguagem para aumentar a acessibilidade e engajamento. O texto deve ser ajustado para ser compreensível e cativante para o público-alvo. Mantenha a estrutura original do texto, concentrando-se apenas em melhorias linguísticas e adições contextuais. O objetivo é facilitar a compreensão dos processos químicos complexos. Forneça sugestões para pelo menos cinco melhorias significativas, incluindo revisões detalhadas e exemplos ilustrativos. (Anexe o texto a ser revisado ao final deste prompt)""

A solicitação para revisar o texto sobre reações de oxirredução em Química com foco na clareza e coerência é extremamente pertinente e necessária para garantir que o conteúdo seja acessível e envolvente para adolescentes de 15 a 17 anos. A abordagem do revisor deve ser minuciosa, corrigindo erros gramaticais e ajustando a linguagem para torná-la mais cativante e compreensível. A inclusão de exemplos do cotidiano é essencial para contextualizar os conceitos e facilitar a aprendizagem. As sugestões para melhorias significativas devem ser detalhadas, abrangendo desde a simplificação de termos técnicos até a inserção de analogias e situações reais que ressoem com o público-alvo. Este processo não só enriquece o conteúdo pedagógico, mas também promove um entendimento mais profundo dos conceitos de oxirredução, essencial para a formação científica dos alunos.

Estudos recentes (Konstantinova *et al.*, 2023; Su; Yang, 2023) demonstram que ao utilizar a Inteligência Artificial Generativa (IAG) para a revisão e aperfeiçoamento de textos educacionais, é esperado que a resposta da IAG seja detalhada e atenda a vários critérios específicos. A seguir, são delineadas as expectativas para a resposta da IAG, com base no *prompt* fornecido.

1. Clareza e Coerência:

A IAG deve analisar o texto original e assegurar que todas as informações sejam apresentadas de maneira clara e coerente. Isso envolve reestruturar frases confusas, simplificar linguagem complexa e garantir que o fluxo de ideias seja lógico e fácil de seguir (Corti; Yang, 2023; Niklaus *et al.*, 2019).

2. Correção de Erros Gramaticais e Ortográficos:

Como destacado por Penteado; Perez (2023) e Park (2023), a IAG deve identificar e corrigir todos os erros gramaticais, de pontuação e ortográficos presentes no texto. Isso inclui a correção de concordância verbal e nominal, uso adequado de preposições, pontuação correta e eliminação de erros tipográficos.

3. Enriquecimento de Conteúdo:

A IAG pode enriquecer o texto com exemplos e analogias relevantes que ajudem a ilustrar os conceitos discutidos (Kothgassner; Felnhöfer, 2023; Zohny; Mcmillan; King, 2023). Por exemplo, ao explicar reações de oxirredução, a IAG pode incluir exemplos específicos de processos biológicos e industriais, como a respiração celular e a combustão.

4. Adaptação de Linguagem:

A IAG deve ajustar a linguagem para torná-la adequada ao público-alvo (Park, 2023), neste caso, alunos de 15 a 17 anos. Isso envolve o uso de termos simples e explicações detalhadas, evitando jargões e termos técnicos que possam ser difíceis de entender.

9.5. Aplicação de revisão e aperfeiçoamento de um texto

Observe abaixo um exemplo de texto original e o aperfeiçoamento realizado pela a IAG com o prompt.

Texto Original:

"As reações de oxirredução são processos químicos que envolvem a transferência de elétrons entre substâncias. Essas reações são essenciais em muitos processos biológicos e industriais. Por exemplo, a respiração celular e a

combustão são tipos de reações de oxirredução. Na respiração celular, a glicose é oxidada para produzir energia, enquanto o oxigênio é reduzido. Na combustão, o combustível é oxidado, liberando energia na forma de calor."

Após revisão e aperfeiçoamento da IAG:

"As reações de oxirredução são processos químicos fundamentais que envolvem a transferência de elétrons entre diferentes substâncias. Esses tipos de reações são cruciais em vários processos biológicos e industriais. Por exemplo, a respiração celular, que é vital para a produção de energia nos organismos vivos, e a combustão, que é usada para gerar energia em motores e aquecedores, são exemplos de reações de oxirredução.

Na respiração celular, a glicose, que é uma forma de açúcar, é oxidada, ou seja, perde elétrons, para produzir energia que as células utilizam para suas atividades. Ao mesmo tempo, o oxigênio que respiramos é reduzido, ganhando esses elétrons. Isso ajuda a converter a energia armazenada na glicose em uma forma que o corpo pode usar, chamada ATP (adenosina trifosfato).

Na combustão, como a que ocorre quando usamos gasolina em um carro, o combustível é oxidado, o que significa que ele reage com o oxigênio do ar para liberar energia na forma de calor e luz. Essa energia é o que move o carro.

Esses exemplos mostram como as reações de oxirredução são essenciais para nossa vida diária e para muitas tecnologias que usamos."

Melhorias realizadas

1. Verificação de Clareza e Coerência:

A explicação das reações de oxirredução foi simplificada e enriquecida com detalhes adicionais sobre os processos envolvidos, tornando o texto mais claro e fácil de entender.

2. Correção de Erros Gramaticais e Ortográficos:

Correções gramaticais e de pontuação foram feitas para melhorar a fluidez e a legibilidade do texto.

3. Enriquecimento de Conteúdo com Exemplos e Analogias Relevantes:

Foram adicionados exemplos específicos e uma analogia sobre a respiração celular e a combustão, que ajudam os alunos a relacionarem o conteúdo com situações do dia a dia.

4. Adaptação de Linguagem:

A linguagem foi adaptada para ser mais acessível aos alunos de 15 a 17 anos, usando termos simples e explicações detalhadas.

5. Adição de Conteúdo Contextual:

Foram incluídos detalhes sobre a importância das reações de oxirredução na vida diária e nas tecnologias, aumentando a relevância do conteúdo para os alunos.

A revisão e aperfeiçoamento do texto original sobre reações de oxirredução, realizados pela IAG, mostram uma clara melhoria na clareza e detalhamento das informações, tornando o conteúdo mais acessível e relevante para o público-alvo de adolescentes de 15 a 17 anos. O texto original fornece uma descrição básica dos processos de oxirredução e alguns exemplos gerais, mas carece de detalhamento e conexão com o cotidiano dos alunos.

Em contraste, o texto revisado pela IAG expande significativamente as explicações, adicionando detalhes específicos sobre como a glicose é oxidada e o oxigênio é reduzido durante a respiração celular, destacando a produção de ATP. A revisão também enriquece a explicação da combustão, usando a gasolina como exemplo prático, e esclarece o processo de oxidação e liberação de energia. Essas melhorias não apenas corrigem erros gramaticais e aperfeiçoam a estrutura do texto, mas também contextualizam os conceitos de oxirredução de maneira que ressoe com os alunos, ilustrando a importância desses processos em suas vidas diárias e em diversas tecnologias. Assim, o texto aperfeiçoado promove um entendimento mais profundo e engajante dos princípios de oxirredução, alinhado com os objetivos pedagógicos de facilitar a compreensão de processos químicos complexos.

10. Geração de Imagens, Ilustrações, Áudios e Vídeos a partir da IAG

Pense em um estúdio de cinema onde roteiristas, diretores, cinegrafistas e editores trabalham juntos para criar um filme. Cada profissional traz sua expertise para transformar um roteiro escrito em uma experiência visual e auditiva completa. Os roteiristas fornecem a história, os diretores dão vida à visão, os cinegrafistas capturam as cenas e os editores unem tudo de forma coesa para contar uma narrativa envolvente.

Da mesma forma, a Inteligência Artificial Generativa (IAG) atua como um estúdio de produção digital no campo da educação em Química. Com suas capacidades avançadas, a IAG pode criar imagens detalhadas, ilustrações explicativas, áudios claros e vídeos educativos que transformam conceitos teóricos em materiais didáticos dinâmicos. Assim como um estúdio de cinema que transforma um roteiro em uma obra cinematográfica, a IAG converte dados e informações em recursos visuais e auditivos que facilitam o entendimento e o engajamento dos alunos.

Neste capítulo, exploraremos como a IAG pode ser usada para gerar esses conteúdos multimídia, aperfeiçoando a forma como ensinamos e aprendemos Química. Vamos discutir a relevância dessas tecnologias, os benefícios e desafios de sua implementação, e as diversas ferramentas disponíveis que permitem a criação de recursos didáticos inovadores. Prepare-se para descobrir como a IAG pode transformar o ensino de Química em uma experiência rica e interativa.

Estudos recentes (Aldahoul *et al.*, 2023; Epstein *et al.*, 2023) indicam que, com o uso de algoritmos robustos, a IAG é capaz de gerar representações sonoras e visuais. Essas ferramentas automáticas tornam muito fácil a

disseminação de informações técnicas de forma compreensível e cativante (Sajja *et al.*, 2023).

Figura 12. A IAG pode ajudar com ilustrações.



Na Educação em Química, como em qualquer outra disciplina, os materiais acima indicados (imagens, desenhos, tabelas, gráficos, áudios e vídeos) são muito úteis para aumentar o nível de compreensão e assimilação de informações pelos estudantes (Mugitsah; Irwansyah; Subark, 2020; Sumfleth; Telgenbüscher, 2001; Ulva; Mahardika, 2021).

A capacidade da IAG de criar mídias visuais e sonoras de alta qualidade rapidamente e sem erros é um recurso muito forte para os professores (Epstein *et al.*, 2023).

10.1. A relevância da utilização de imagens, ilustrações, áudios e vídeos

O uso de imagens, ilustrações, áudios e vídeos na Educação em Química é uma técnica fundamental para facilitar a compreensão de conceitos muitas vezes abstratos e complexos (Achimugu, 2017). A Química, sendo uma ciência que explora fenômenos invisíveis a olho nu, como a estrutura atômica e

molecular, beneficia-se enormemente de recursos visuais que tornam visível o invisível. Diagramas, modelos moleculares e representações gráficas permitem que os alunos visualizem a estrutura e as reações Químicas, resultando em uma compreensão aprimorada do conceito claro e compreensível (Shams, 2013).

De acordo com (Waycott *et al.*, 2012), além de facilitar a compreensão, esses recursos visuais e auditivos mantêm o interesse e engajamento dos estudantes. Essa abordagem multimodal atende às diferentes preferências de aprendizagem dos alunos, sejam eles mais visuais, auditivos ou cinestésicos (De Oliveira *et al.*, 2016).

A utilização de imagens, ilustrações, áudios e vídeos no ensino também promove um ambiente de aprendizagem mais inclusivo (Walton; Dixon, 2022). Cada aluno possui um estilo de aprendizagem único, e a diversificação dos métodos de ensino garante que todos tenham a oportunidade de compreender o conteúdo de maneira acessível (Paseka; Schwab, 2020). Essa diversidade de abordagens pedagógicas visa facilitar a assimilação dos conceitos e aumentar a motivação dos alunos, pois torna as aulas mais dinâmicas e interessantes.

Além disso, esses recursos ajudam a demonstrar a aplicabilidade prática da Química no mundo real. Fotografias de laboratórios, ilustrações de experimentos reais e gravações de áudio de cientistas explicando descobertas podem conectar o conteúdo curricular à vida cotidiana dos alunos. De acordo com (King, 2012), mostrar como a Química é utilizada em diversas indústrias e na resolução de problemas concretos ajuda a contextualizar o conhecimento, tornando-o mais relevante e significativo para os estudantes.

10.2. O papel da IAG na criação de imagens, ilustrações, áudios e vídeos para fins didáticos

A Inteligência Artificial Generativa (IAG) está transformando a criação de materiais didáticos, oferecendo uma variedade de aplicações que enriquecem a Educação em Química. Esta seção explora as diversas maneiras pelas quais a IAG pode ser utilizada para criar ilustrações, imagens e áudios educacionais, melhorando a experiência de aprendizado dos alunos. A seguir, são

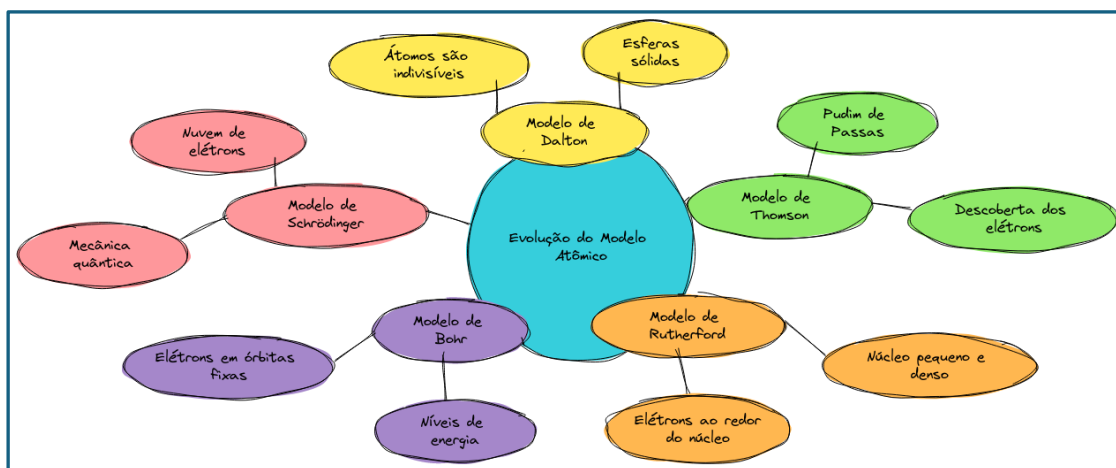
apresentados alguns exemplos de como a IAG pode ser utilizada na criação de imagens, ilustrações e áudios educacionais, juntamente com suas utilizações e exemplos práticos:

1. Mapas Mentais

A IAG pode gerar mapas mentais que, de acordo com estudos (Safar; Jafer; Alqadiri, 2014; Sbaa *et al.*, 2022; Schwendimann, 2015), organizam e relacionam conceitos, facilitando a compreensão de tópicos complexos.

Exemplo Prático: Em uma aula de Química, um mapa mental gerado por IA pode apresentar a evolução das teorias sobre a estrutura do átomo, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13. Mapa mental gerado por IAG (DALL-E 3).



2. Tabelas

Tabelas geradas automaticamente apresentam dados quantitativos de maneira estruturada, ajudando na análise de padrões e tendências.

Exemplo Prático: Em uma aula sobre termodinâmica, a IAG pode criar tabelas, como mostrada na Figura 14, comparando valores de entalpia de formação para diferentes substâncias, facilitando a análise detalhada dos dados pelos alunos.

Figura 14. Tabela de entalpia padrão de formação (kJ/mol e kcal/mol). Gerado por *ChatGPT*.

Substância	Entalpia Padrão de Formação (kJ/mol)	Entalpia Padrão de Formação (kcal/mol)
H ₂ O (gasoso)	-241.82	-57.85
H ₂ O (líquido)	-285.83	-68.72
Gás Carbônico (gasoso)	-393.52	-94.05
Dióxido de Enxofre	-296.83	-70.98
Ácido Clorídrico	-92.31	-22.06

3. Gráficos

A IAG pode criar gráficos que visualizam tendências e padrões de dados, proporcionando uma compreensão mais intuitiva das informações.

Exemplo Prático: Em uma aula sobre cinética Química, gráficos de velocidade de reação versus concentração podem ser gerados dinamicamente, ilustrando diferentes ordens de reação e permitindo aos alunos explorarem diversos cenários de forma interativa.

4. Imagens Educativas

A IAG pode gerar imagens de alta qualidade, como fotos de experimentos, simulações de laboratório e representações visuais de conceitos químicos, enriquecendo o material didático.

Exemplo Prático: Imagens de equipamentos de laboratório e simulações de experimentos ajudam os alunos a se familiarizarem com o ambiente de laboratório, proporcionando um aprendizado mais envolvente e realista.

5. Áudios Educacionais

A IAG pode criar narrações de textos, explicações de conceitos e diálogos simulados, oferecendo uma alternativa auditiva ao conteúdo textual, permitindo a inclusão em sala de aula.

Exemplo Prático: Narrações de procedimentos laboratoriais podem ser geradas para auxiliar os alunos na revisão das etapas de um experimento antes

de sua execução, oferecendo suporte auditivo em situações em que a leitura não é prática.

Na educação em Química, a utilização de ferramentas de conversão de texto em áudio pode facilitar o acesso à informação por parte de estudantes com dificuldades de leitura, além de permitir a criação de materiais educacionais em formatos diversificados. Abaixo é apresentado algumas destas ferramentas:

1. O *Google Text-to-Speech* é uma ferramenta amplamente utilizada devido à sua integração com diversos serviços da *Google*, como o *Google Translate* e o *Google Assistant*. Esta ferramenta oferece suporte a múltiplos idiomas e permite a personalização da voz e da velocidade de leitura, tornando-se uma opção versátil para aplicações educacionais. <https://cloud.google.com/text-to-speech>
2. *Amazon Polly* é um serviço de conversão de texto em fala que utiliza técnicas avançadas de *deep learning* para sintetizar voz de alta qualidade. Com suporte para uma ampla gama de idiomas e a capacidade de criar vozes personalizadas, Amazon Polly é uma ferramenta poderosa para a criação de conteúdos educativos em áudio. <https://aws.amazon.com/polly>
3. *IBM Watson Text to Speech* é uma solução robusta que oferece síntese de fala em várias línguas com alta precisão e clareza. A ferramenta permite a customização da entonação e do ritmo da fala, possibilitando a criação de materiais de áudio adaptados às necessidades específicas dos alunos. <https://www.ibm.com/cloud/watson-text-to-speech>
4. *Microsoft Azure Text to Speech* fornece síntese de voz natural e realista, suportando múltiplos idiomas e dialetos. A plataforma Azure oferece ferramentas adicionais para a personalização e otimização da fala, sendo ideal para a criação de conteúdos educativos acessíveis. <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/text-to-speech>
5. *Natural Reader* é uma ferramenta amigável que transforma texto em áudio com vozes naturais. Oferecendo suporte a diversos formatos de

texto, incluindo documentos PDF, DOCX e e-books, esta ferramenta é uma excelente opção para a criação de materiais didáticos acessíveis.

<https://www.naturalreaders.com>

6. Transforme imagens em vídeos educacionais

A conversão de imagens estáticas em vídeos curtos é uma aplicação inovadora de inteligência artificial (IA) que pode enriquecer significativamente o ensino de Química, transformando a mascote da turma ou um famoso cientista em um vídeo curto que pode ser usado para introduzir um determinado assunto.

Observe algumas ferramentas de conversão de imagem em vídeo:

1. *Deep Nostalgia*, desenvolvida pela *MyHeritage*, utiliza IA para animar fotos antigas, criando vídeos curtos e realistas a partir de imagens estáticas. A tecnologia é baseada em redes neurais profundas que simulam movimentos faciais e corporais, tornando-se uma ferramenta interessante para criar animações educacionais a partir de imagens históricas ou científicas. <https://www.myheritage.com/deep-nostalgia>
2. *Pixbim Animate Photos* é uma ferramenta de IA que transforma fotos em vídeos curtos animados. Esta ferramenta é especialmente útil para criar explicações visuais dinâmicas de conceitos químicos, permitindo que os educadores convertam imagens estáticas de moléculas, diagramas e reações em vídeos animados.

<https://pixbim.com/animate-photos>

3. *ImgPlay* é um aplicativo versátil que converte imagens e fotos em *GIFs* animados e vídeos curtos. A interface amigável e a capacidade de editar e animar facilmente imagens tornam-na ideal para criar materiais educacionais dinâmicos em Química. <https://imgplay.net/>
4. *Luminar AI*, da *Skylum*, oferece funcionalidades avançadas de edição e animação de fotos usando IA. Embora seja mais conhecida por suas capacidades de edição de imagem, a ferramenta também pode ser utilizada para criar efeitos animados em fotos, facilitando a criação de vídeos curtos para demonstrações de experimentos químicos.

<https://skylum.com/luminar-ai>

As aplicações diversificadas da IAG na criação de imagens, ilustrações, áudios educacionais e vídeos proporcionam uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente (Sağın *et al.*, 2023). Integrando tais ferramentas na Educação em Química, mestres podem simplificar conceitos complexos, aumentar o engajamento dos alunos e criar um ambiente de aprendizagem inclusivo. Essas inovações enriquecem a educação e preparam os alunos para aplicar conhecimentos químicos de forma prática e significativa em suas vidas e carreiras futuras.

10.3. Como criar *prompt* eficaz para geração de imagens

Para facilitar a criação de imagens utilizando Inteligência Artificial Generativa (IAG), este guia adaptável foi desenvolvido para ajudar usuários a estruturar prompts eficazes. Seguindo estas diretrizes, você pode criar imagens personalizadas que atendam a objetivos específicos e contemplem todos os elementos necessários. Este guia visa maximizar o potencial da IAG na criação de imagens para diversas finalidades, desde educativas até comerciais.

Para criar um prompt bem estruturado, siga os pontos abaixo:

1. Identificação do Objetivo:

Para determinar o objetivo da imagem, é importante entender o que você deseja representar. Por exemplo, você pode querer ilustrar uma reação Química específica.

2. Listagem dos Elementos Principais:

Identifique os elementos principais que precisam estar na imagem. Por exemplo, você pode incluir um tubo de ensaio, reagentes coloridos e um fundo de laboratório.

3. Adição de Detalhes Específicos:

Adicione descrições detalhadas sobre esses elementos. Por exemplo, inclua um tubo de ensaio com líquido azul efervescente, reagentes coloridos em frascos transparentes e um fundo de laboratório com bancadas e equipamentos de pesquisa.

4. Definição do Ambiente e Estilo:

Escolha um estilo visual e descreva o ambiente. Por exemplo, opte por um estilo cartum com um laboratório moderno, cheio de equipamentos de última geração e cores vibrantes que destacam os elementos principais.

5. Especificação de Ações ou Interações:

Descreva qualquer ação ou interação que deve ocorrer. Por exemplo, reagentes estão sendo misturados no tubo de ensaio, gerando uma reação colorida e efervescente, com pequenas bolhas subindo e mudando de cor.

6. Incorporação de Detalhes Adicionais e Requisitos Técnicos:

Inclua quaisquer detalhes adicionais ou requisitos técnicos. Por exemplo, a imagem deve estar no formato 16:9 e em alta resolução para garantir clareza e detalhes nítidos.

Exemplo de Prompt Preenchido

Para ilustrar como preencher o prompt genérico e criar imagens eficazes, observe um exemplo prático:

“Crie uma imagem de: uma reação Química divertida, onde o principal elemento é um tubo de ensaio com reagentes coloridos. Detalhes específicos incluem um líquido azul efervescente no tubo de ensaio e um fundo de laboratório. O ambiente deve ser em estilo cartum, representando um laboratório moderno. A imagem deve mostrar os reagentes se misturando e gerando uma reação colorida. Além disso, a imagem precisa estar no formato 16:9 e em alta resolução.”

Essa estruturação permite que os usuários maximizem o uso da IAG para criar imagens que não só representem de forma clara o objetivo desejado, mas também incorporem todos os detalhes necessários para uma representação visual precisa e envolvente.

10.4. Benefícios e desafios do uso da IAG na geração de imagens, ilustrações, áudios e vídeos

A utilização da Inteligência Artificial Generativa (IAG) na criação de materiais didáticos traz uma série de benefícios, mas também apresenta desafios que precisam ser considerados para garantir uma implementação eficaz e equilibrada na educação. Nesta seção, serão discutidos os principais benefícios e desafios do uso da IAG na geração de imagens, ilustrações, áudios e vídeos educacionais.

Benefícios da Utilização da IAG

Criação Personalizada e Escalável:

A IAG permite a criação de conteúdo personalizado para atender às necessidades específicas de diferentes turmas e alunos. Essa personalização pode ser escalada rapidamente, oferecendo uma vasta quantidade de recursos visuais e auditivos sem a necessidade de um esforço humano significativo (Kadaruddin, 2023). Por exemplo, a IAG pode gerar diferentes representações de uma mesma reação Química para atender aos diversos estilos de aprendizagem dos alunos.

Acesso a Recursos de Alta Qualidade:

A capacidade da IAG de criar imagens, áudios e vídeos de alta qualidade garante que os recursos didáticos sejam visualmente atraentes e auditivamente claros. Isso pode manter o engajamento dos alunos e facilitar a compreensão de conceitos complexos, como a estrutura molecular e as interações Químicas (Vartiainen; Tedre, 2023).

Inclusividade e Acessibilidade:

A IAG pode criar materiais adaptativos que atendem a diversas necessidades educacionais, incluindo alunos com deficiências visuais ou auditivas (Baidoo-Anu; Owusu Ansah, 2023).

Desafios do Uso da IAG

Qualidade e Precisão do Conteúdo:

Segundo Lorenz; Perset; Berryhill (2023), embora a IAG possa gerar materiais de alta qualidade, a precisão das informações ainda depende da qualidade dos dados e dos algoritmos utilizados. De acordo com os autores é necessário um monitoramento rigoroso para garantir que o conteúdo gerado seja cientificamente correto e didaticamente apropriado.

Capacitação de Educadores:

Para aproveitar plenamente os benefícios da IAG, educadores precisam ser capacitados para utilizar essas ferramentas de maneira eficaz. Programas de formação e desenvolvimento profissional devem ser implementados para preparar os professores para integrar a IAG em suas práticas pedagógicas (Sağın *et al.*, 2023).

Resistência à Mudança:

A adoção de novas tecnologias, como a IAG, pode enfrentar resistência por parte de educadores e instituições acostumados a métodos tradicionais de ensino (Walczak; Cellary, 2023). Para isso, é necessário promover uma cultura de aceitação e adaptação à mudança, destacando os benefícios e oferecendo suporte contínuo durante a transição para métodos mais avançados (Dickey; Bejarano, 2023).

Equidade ao Acesso:

É importante notar que algumas plataformas que utilizam a IAG oferecem versões gratuitas com funcionalidades básicas, enquanto outras funcionalidades mais avançadas estão disponíveis apenas em versões pagas, permitindo que os usuários escolham conforme suas necessidades e possibilidades financeiras. No entanto, a limitação de acesso a funcionalidades avançadas somente através de versões pagas pode ser um obstáculo significativo em instituições de ensino com orçamentos restritos. A falta de políticas públicas que promovam assinaturas institucionais acessíveis compromete a equidade no acesso a esses recursos educacionais de alta qualidade, prejudicando o desenvolvimento acadêmico em ambientes menos favorecidos.

10.5. Outras ferramentas e plataformas para criação de imagens, ilustrações e áudios

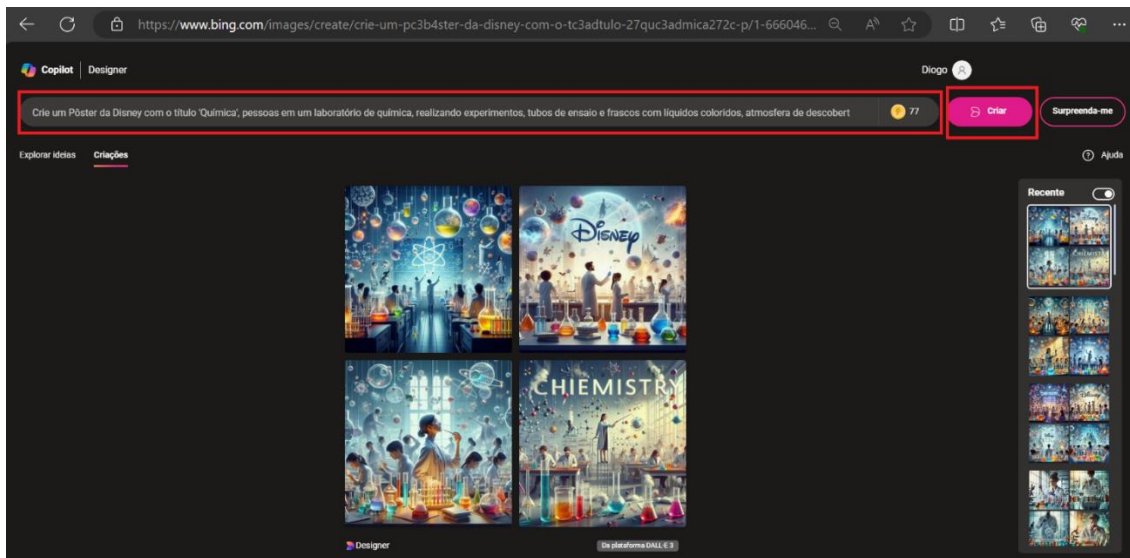
1. *Image Creator from Designer*

O *Image Creator from Designer*, também chamado de *Copilot Designer* ou *Bing Image Creator*, é uma IA que cria ou processa imagens com base em texto inserido pelos usuários, sendo um gerador de arte por IA (Mehdi, 2023). Segundo Diaz (2024), os usuários podem criar imagens inserindo um comando de texto ou prompt, especificando modelo, estilo, cor, e outros critérios.

Para gerar mídia de aprendizagem com o *Image Creator from Designer*, é essencial fornecer comandos claros. Quanto mais detalhado o *prompt*, mais preciso será o resultado. A seguir, um guia para criar uma imagem:

1. *Acesso*: Abra *Image Creator from Designer* (<https://www.bing.com/create>) e faça *login* com sua conta *Microsoft*.
2. *Prompt*: Digite o comando de criação de imagem (figura 15).
3. *Detalhamento*: Especifique a forma do personagem, tema, estilo ou cor desejados. Por exemplo, um *prompt* pode ser: "Pôster da Disney com o título 'Química', pessoas em um laboratório de Química, realizando experimentos, tubos de ensaio e frascos com líquidos coloridos, atmosfera de descoberta e curiosidade, reações Químicas ocorrendo, algumas com fumaça ou faíscas, moléculas e átomos flutuando no ar, pessoas usando jalecos de laboratório, animação 3D."
4. *Criação*: Clique em "Criar" e aguarde o processamento.
5. *Resultados*: O *Image Creator from Designer* apresentará quatro variações da imagem de acordo com o comando, como mostrado na figura 15.
6. *Download*: Faça o *download* da mídia gerada.

Figura 15. Interface do *Image Creator from Designer (Copilot Designer)*.



2. GitMind

O uso de tecnologias e softwares, como o GitMind, facilita processos de aprendizagem inovadores. O GitMind é uma ferramenta online gratuita que se destaca na criação de mapas conceituais, tornando a organização e aplicação de informações mais acessível para os alunos em diversas áreas de aprendizagem, incluindo a aquisição de habilidades (Bhattacharya; Mohalik, 2020). Com uma interface intuitiva, atalhos de teclado, uma barra de ferramentas integrada e recursos de colaboração em tempo real, o *GitMind* permite a visualização de questões complexas e a organização eficiente de informações, auxiliando os alunos a organizarem informações de maneira sistemática.

A seguir, os primeiros passos no website:

- Acesse o site oficial do *GitMind* (<https://gitmind.com/pt/>) e clique em "Entrar" no canto superior direito.
- Inscreva-se ou faça login usando e-mail, *Google*, *Twitter*, *Facebook* ou *Apple ID*.

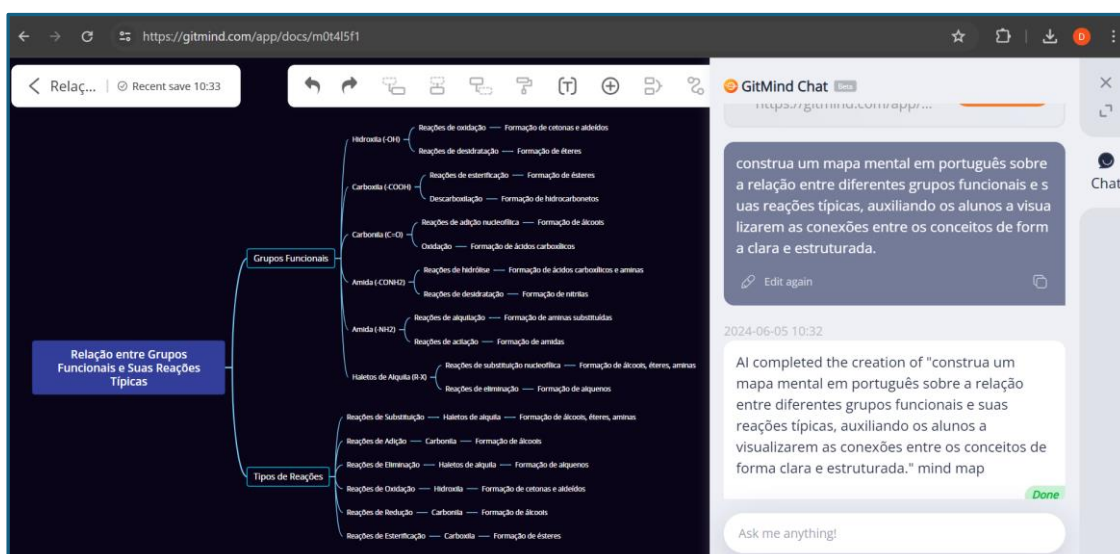
Recursos do GitMind:

- Mapa Mental Assistido por IA: Ajuda no *brainstorming*, fornecendo ideias em segundos. Basta fazer uma pergunta e obter até 8 nós, podendo aprofundar cada resposta clicando no nó.
- *Prompt* para Mapa Mental: Insira um *prompt* na caixa e clique em “Gerar”. Consulte exemplos de *prompt* se precisar de inspiração.
- Geração Automática de Mapas Mentais: Carregue um documento PDF/DOC/PPTX, clique em “Gerar” e o *GitMind* criará automaticamente um mapa mental baseado no conteúdo.

O uso de ferramentas como o *GitMind* facilita a criação e aplicação de mapas conceituais em diversas áreas de aprendizagem, promovendo a organização sistemática das informações e auxiliando na aquisição de habilidades. Com sua interface intuitiva e recursos avançados, o *GitMind* se destaca como uma solução eficaz para inovar o processo educativo.

Na figura 16 é apresentado um exemplo de um mapa mental criado automaticamente por IA baseado no *prompt* “construa um mapa mental sobre relação entre diferentes grupos funcionais e suas reações típicas, auxiliando os alunos a visualizarem as conexões entre os conceitos de forma clara e estruturada.”:

Figura 16. Interface da ferramenta *GitMind*.



3. TTSMaker

TTSMaker é uma ferramenta online gratuita de conversão de texto em fala que suporta vários idiomas e estilos de voz. Utilizando uma rede neural para converter texto em arquivos de áudio, a ferramenta permite escolher entre vozes masculinas e femininas, ajustar a velocidade de leitura (normal, lenta ou rápida) e baixar o áudio gerado. Embora algumas funcionalidades sejam pagas, há um limite semanal gratuito de 20.000 caracteres e opções de upgrade disponíveis.

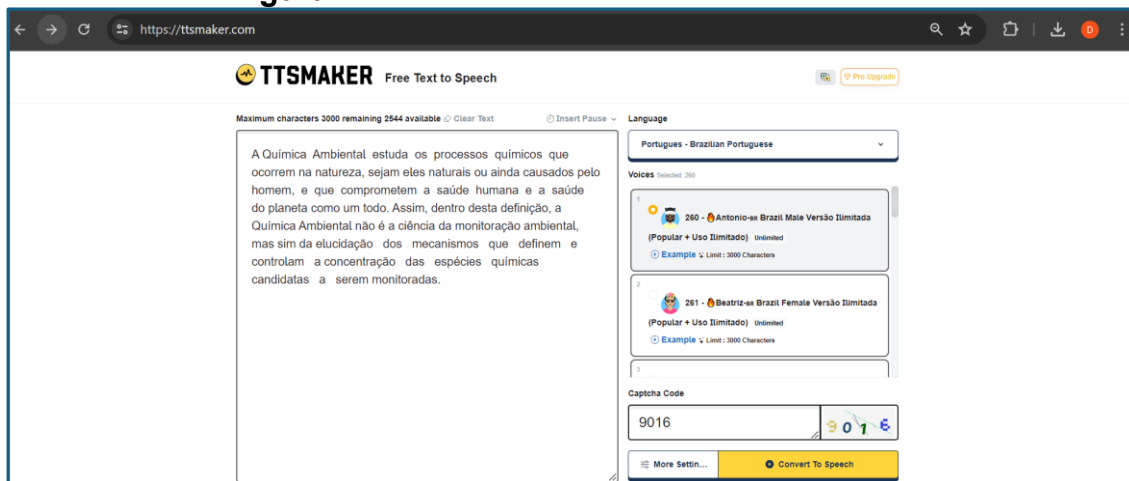
Essa ferramenta possui uma interface intuitiva e fácil de usar. Os usuários inserem texto diretamente em uma grande caixa de texto central. Diversas opções de vozes são oferecidas, cada uma com um número identificador e descrição breve, como "Antonio-BR *Brazil Male* Versão Ilimitada" e "Beatriz-BR *Brazil Female* Versão Ilimitada", que permitem uso ilimitado.

O site permite ajustar configurações de voz, como velocidade, tom, volume e pausa entre parágrafos. Além disso, oferece a opção de adicionar música de fundo para uma experiência de áudio mais rica. Os formatos de saída disponíveis incluem MP3, OGG, AAC, OPUS e WAV, atendendo a diferentes preferências.

Para converter o texto em áudio, o usuário deve inserir um código *Captcha*, garantindo que apenas humanos utilizem o serviço e prevenindo abusos automatizados. Após inserir o texto e o *Captcha*, basta clicar no botão "*Convert To Speech*" para iniciar a conversão e baixar o arquivo de áudio resultante.

A figura 17 demonstra a interface de um exemplo de um áudio sobre Química Ambiental sendo criado utilizando a voz de um homem.

Figura 17. Interface da ferramenta TTSMaker.



As ferramentas e plataformas discutidas, como *Image Creator from Designer*, *GitMind* e *TTSMaker*, exemplificam o potencial da tecnologia em transformar a criação de conteúdos educacionais. Essas soluções não apenas facilitam a produção de mídia de aprendizagem, mas também promovem uma abordagem mais interativa e envolvente para os alunos. Além dessas, existem diversas outras ferramentas disponíveis no mercado ou em desenvolvimento que também oferecem recursos avançados para a criação de materiais educativos dinâmicos, desde mapas conceituais visualmente atraentes até áudios claros e compreensíveis. A utilização dessas tecnologias permite a criação de materiais educativos que enriquecem a experiência de aprendizado, tornando-o mais eficiente e interessante. Com o avanço constante dessas ferramentas, é essencial que educadores se mantenham atualizados e integrem esses recursos de maneira estratégica em suas práticas pedagógicas, sempre focando na melhoria da experiência e no sucesso dos alunos.

Referências

Bibliográficas

ABDELGHANI, Rania; SAUZÉON, Hélène; OUDEYER, Pierre-Yves. Generative AI in the Classroom: Can Students Remain Active Learners?. **arXiv preprint arXiv:2310.03192**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2310.03192>.

ACHIMUGU, Lawrence. Availability and utilization of instructional materials for teaching chemistry in senior secondary schools. **International journal of novel research in education and learning**, v. 4, n. 3, p. 33-43, 2017. Disponível em: www.noveltyjournals.com.

AGHEMO, Andrea; FORNER, Andrea; VALENTI, Luca. Should artificial intelligence-based language models be allowed in developing scientific manuscripts? A debate between ChatGPT and the editors of *Liver International*. **Liver International**, v. 43, n. 5, p. 956–957, 1 maio 2023. DOI: 10.1111/liv.15580. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/liv.15580>.

ALASADI, Enas; BAIZ, Christy. Generative AI in education and research: opportunities, concerns, and solutions. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 8, p. 2965–2971, 8 ago. 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00323. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00323>.

ALDAHOUL, Naser; HONG, Jason; VARVELLO, Matteo; ZAKI, Yasir. Exploring the potential of generative AI for the World Wide Web. **arXiv preprint**, arXiv:2310.17370, 26 out. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2310.17370>.

ALI, Mohammed; DJALILIAN, Ali. Readership awareness series – Paper 4: Chatbots and ChatGPT - ethical considerations in scientific publications. **Ocular Surface**, v. 28, p. 153–154, 1 abr. 2023. DOI: 10.1016/j.jtos.2023.04.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2023.04.001>.

ALI, Sariah Binti; TALIB, Corrienna Abdul; JAMAL, Abubakr Muhammed. Digital technology approach in chemistry education: A systematic literature review. **Journal of Natural Science and Integration**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.24014/jnsi.v6i1.21777>.

ALKAISSI, Hussam; MCFARLANE, Samy I. Artificial hallucinations in ChatGPT: implications in scientific writing. **Cureus**, 19 fev. 2023. DOI: 10.7759/cureus.35179. Disponível em: <https://doi.org/10.7759/cureus.35179>.

ALQAHTANI, Turki; BADRELDIN, Hisham; ALRASHED, Meshari; ALSHAYA, Abdullah; ALGHAMDI, Sultan; BIN SALEH, Khalid; ALOWAIS, Saud; ALSHAYA, Omar; RAHMAN, Ibrahim; AL YAMI, Mohammed; ALBEKAIRY, Ahmed. The

emergent role of artificial intelligence, natural learning processing, and large language models in higher education and research. **Research in Social and Administrative Pharmacy**, v. 19, n. 8, p. 1236–1242, 1 ago. 2023. DOI: 10.1016/j.sapharm.2023.05.016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2023.05.016>.

ALTMÄE, Sirje; SOLA-LEYVA, Amparo; SALUMETS, Andres. Artificial intelligence in scientific writing: a friend or a foe? **Reproductive BioMedicine Online**, v. 47, n. 1, p. 3–9, 1 jul. 2023. DOI: 10.1016/j.rbmo.2023.04.009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2023.04.009>.

ALVES, Vinícius; BRAGA, Raphael; MURATOV, Eugene; ANDRADE, Carolina. Cheminformatics: An Introduction. **Química Nova**, vol. 41, nº 2, p. 202–212, 1 fev. 2018. DOI: 10.21577/0100-4042.20170145. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170145>.

ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Léa Pinheiro. Estratégias de ensinagem. *Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. 3. ed. Joinville: Univille, 2006. p. 67-100. Disponível em: <https://sitee.com.br/sistema1/arquivos/imagens/histogeo/estrategias-de-ensinagem.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2025.

ANDREWS, David; SEKYERE, Ernest; BUGARCIC, Aleksandar. Collaborative Active Learning Activities Promote Deep Learning in a Chemistry-Biochemistry Course. **Medical Science Educator**, vol. 30, nº 2, 2020. DOI: 10.1007/s40670-020-00952-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40670-020-00952-x>.

ARAÚJO, Jéssica; SAÚDE, Iuri. Can ChatGPT Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities. **Journal of Chemical Education**, 9 abr. 2024. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00745. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00745>.

BACK, Geraldo Paulo. O Olhar da Didática e o Ensino-Aprendizagem no Contexto Pedagógico. *ID on line*. **Revista de Psicologia**, vol. 15, nº 58, p. 698–716, 30 dez. 2021. DOI: 10.14295/online.v15i58.3229. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/online.v15i58.3229>.

BAHROUN, Zahra; ANANE, Cherifa; AHMED, Vian; ZACCA, Antonella. Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. **Sustainability**, vol. 15, nº 17, 1 set. 2023. DOI: 10.3390/su151712983. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151712983>.

BAI, Xue; STEDT, Manfred. A Survey of Current Machine Learning Approaches to Student Free-Text Evaluation for Intelligent Tutoring. **International Journal**

of Artificial Intelligence in Education, 2022. DOI: 10.1007/s40593-022-00323-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00323-0>.

BAIDOO-ANU, David; OWUSU ANSAH, Lydia. Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. **Journal of AI**, vol. 7, nº 1, p. 52–62, 2023. DOI: 10.61969/jai.1337500. Disponível em: <https://doi.org/10.61969/jai.1337500>.

BARREIRO, Edson José; RANGEL RODRIGUES, Cláudia; GIRÃO ALBUQUERQUE, Maria; MAURICIO RABELLO DE SANT, Carlos; BICCA DE ALENCASTRO, Ricardo. Modelagem molecular: uma ferramenta para o planejamento racional de fármacos em química medicinal. **Química nova**, v. 20, p. 300-310, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/pWzK48Xxh965cnQkSFmnd3j/?format=pdf&lang=pt>.

NETO, Benício Barros; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. **Como fazer experimentos-: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Bookman Editora, 2010.

BHATTACHARYA, Dipankar; MOHALIK, Rabi. Digital Mind Mapping Software: A New Horizon in the Modern Teaching-Learning Strategy. **Journal of Advances in Education and Philosophy**, vol. 4, nº 10, p. 400–406, 3 out. 2020. DOI: 10.36348/jaep.2020.v04i10.001. Disponível em: <https://doi.org/10.36348/jaep.2020.v04i10.001>.

BORAH, Asha Rani; NISCHITH, T; GUPTA, Saksham. Improved learning based on GenAI. In: **2024 2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)**. IEEE, 2024. p. 1527-1532. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IDCIoT59759.2024.10467943>.

BROWN, Tom; MANN, Benjamin; RYDER, Nick; SUBBIAH, Melanie; KAPLAN, Jared; DHARIWAL, Prafulla; NEELAKANTAN, Arvind; SHYAM, Pranav; SASTRY, Girish; ASKELL, Amanda; AGARWAL, Sandhini; HERBERT-VOSS, Ariel; KRUEGER, Gretchen; HENIGHAN, Tom; CHILD, Rewon; RAMESH, Aditya; ZIEGLER, Daniel; WU, Jeffrey; WINTER, Clemens; AMODEI, Dario. Language models are few-shot learners. **Advances in neural information processing systems**, v. 33, p. 1877-1901, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>.

CARDELLINI, Liberato. Fostering creative problem solving in chemistry through group work. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 131-140, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/B5RP90019K>.

CASHEEKAR, Ashwin; LAHIRI, Aritra; RATH, Keshab; PRABHAKAR, K. S.; SRINIVASAN, Karthik. A contemporary review on chatbots, AI-powered virtual conversational agents, ChatGPT: applications, open challenges and future research directions. **Computer Science Review**, v. 52, p. 100632, maio 2024. DOI: 10.1016/j.cosrev.2024.100632. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574013724000169>.

CHEN, Tien-Jen. ChatGPT and other artificial intelligence applications speed up scientific writing. **Journal of the Chinese Medical Association**, v. 86, n. 4, p. 351–353, 1 abr. 2023. DOI: 10.1097/JCMA.0000000000000900. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000900>.

CHIU, Thomas Kin-Fai. The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: a case of ChatGPT and Midjourney. **Interactive Learning Environments**, p. 1–17, 26 ago. 2023. DOI: 10.1080/10494820.2023.2253861. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>.

CHOWDHURY, Aakanksha; NARANG, Sharan; DEVLIN, Jacob; BOSMA, Mark; MISHRA, Gaurav; ROBERTS, Adam; BARHAM, Paul; CHUNG, Hyung Won; SUTTON, Charles; GEHRMANN, Sebastian; SCHUH, Percy; SHI, Kenton; TSVYASHCHENKO, Sasha; MAYNEZ, Joshua; RAO, Abhijit; BARNES, Parker; TAY, Yi; SHAZEER, Noam; PRABHAKARAN, Vinay; FIEDEL, Noah. PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways. **arXiv preprint**, arXiv:2204.02311, 5 abr. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2204.02311>.

CLARK, Timothy. Investigating the use of an artificial intelligence chatbot with general chemistry exam questions. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 5, p. 1905–1916, 9 maio 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00027. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00027>.

COOPER, Melanie; STOWE, Rebecca. Chemistry education research - from personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. **Chemical Reviews**, v. 118, n. 12, p. 6053–6087, 27 jun. 2018. DOI: 10.1021/acs.chemrev.8b00020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>.

CORTI, Lorenzo; YANG, Jie. Artist: Artificial intelligence for simplified text. **arXiv preprint arXiv:2308.13458**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2308.13458>.

CURRIE, Geoffrey. Academic integrity and artificial intelligence: is ChatGPT hype, hero or heresy? **Seminars in Nuclear Medicine**, 1 set. 2023. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2023.04.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2023.04.008>.

DA SILVA, Daniel; KAMPFF, André. A inteligência artificial generativa como ferramenta educativa: perspectivas futuras e lições de um relato de experiência. **Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, 2023. Disponível em: <https://lens.google/intl/pt-BR/>.

DA SILVA, Ingrid Medeiros; LINS, Wellington Cavalcanti Barbosa; LEÃO, Maria Beatriz Carneiro. Evaluation of the application of the methodology problem-based learning in the discipline of information technology and communication in chemistry teaching. **Educación Química**, v. 30, n. 3, p. 64–78, 1 jul. 2019. DOI: 10.22201/FQ.18708404E.2019.3.68493. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/FQ.18708404E.2019.3.68493>.

DAHER, Wajeeh; DIAB, Hani; RAYAN, Ahmad. Artificial intelligence generative tools and conceptual knowledge in problem-solving in chemistry. *Information (Switzerland)*, v. 14, n. 7, 1 jul. 2023. DOI: 10.3390/info14070409. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/info14070409>.

DAI, Zihang; YANG, Zhilin; YANG, Yiming; CARBONELL, Jaime; LE, Quoc V.; SALAKHUTDINOV, Ruslan. Transformer-XL: attentive language models beyond a fixed-length context. *arXiv preprint*, arXiv:1901.02860, 9 jan. 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1901.02860>.

BARROS NETO, Benício de; SCARMINIO, Ieda; BRUNS, Roy. 25 anos de quimiometria no Brasil. **Química Nova**, v. 29, p. 1401-1406, 2006. Disponível em: www.chemomatrix.iqm.unicamp.br.

FIGUEIREDO, Leonardo; LIMA, Maria; SANTOS, Ana; PEREIRA, José; FERREIRA, Carla. Desafios e impactos do uso da inteligência artificial na educação. **Educação Online**, v. 18, n. 44, p. e18234408-e18234408, 2023.

DE OLIVEIRA, Adriano Soares; DA SILVA, Aline Cristina Andrade; BRONDANI, Priscila Bernardon; VOIGT, Maristela Alves; MAASS, Patricia S.; JUNIOR, Moacir R.; GIESE, Emerson. Infographics and pericyclic reactions: multimodal resources in teaching of organic chemistry. **Creative Education**, v. 7, n. 15, 2016. DOI: 10.4236/ce.2016.715214. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ce.2016.715214>.

DENG, Jacky; LALANI, Zahra; McDERMAID, Lauren; SZOZDA, Alisha. Using generative artificial intelligence in chemistry education research: prioritizing ethical use and accessibility. **ChemRxiv**, 2023. DOI: 10.26434/chemrxiv-2023-24zfl. Disponível em: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2023-24zfl>.

DIAZ, Matthew. How to use Image Creator from Microsoft Designer (formerly Bing Image Creator). **ZDNET**, 19 jan. 2024. Disponível em: <https://www.zdnet.com/article/how-to-use-microsoft-image-creator-to-generate-and-edit-stunning-ai-images-for-free/>.

DICKEY, Ethan; BEJARANO, Andres. A model for integrating generative AI into course content development. **arXiv e-prints**, p. arXiv: 2308.12276, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2308.12276>.

DOSHI, Anil; HAUSER, Oliver. Generative artificial intelligence enhances creativity but reduces the diversity of novel content. **Science Advances**, vol. 10, no. 28, p. eadn5290, 12 Jul. 2024. DOI: 10.1126/sciadv.adn5290. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adn5290>.

DOU, Baichuan; ZHU, Zheyu; MERKURJEV, Egor; KE, Lei; CHEN, Liying; JIANG, Jiawei; ZHU, Yifan; LIU, Jin; ZHANG, Bo; WEI, Guowei. Machine learning methods for small data challenges in molecular science. **Chemical Reviews**, v. 123, n. 13, p. 8736–8780, 12 jul. 2023. DOI: 10.1021/acs.chemrev.3c00189. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00189>.

EILKS, Ingo; PRINS, Gjalt; LAZAROWITZ, Reuven. How to organise the chemistry classroom in a student-active mode. In: **Teaching Chemistry – A Studybook**. Rotterdam: SensePublishers, 2013. p. 183–212. DOI: 10.1007/978-94-6209-140-5_7. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5_7.

ELSAYARY, Ahmed. Students' active engagement in online learning. In: **Overcoming Challenges in Online Learning: Perspectives from Asia and Africa**. Routledge, 2023. DOI: 10.4324/9781003342335-12. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781003342335-12>.

EMENIKE, Mary; EMENIKE, Benjamin. Was this title generated by ChatGPT? Considerations for artificial intelligence text-generation software programs for chemists and chemistry educators. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 4, p. 1413, 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00087. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00087>.

EPSTEIN, Ziv; HERTZMANN, Aaron; HERMAN, Laura; MAHARI, Robert; FRANK, Morgan; GROH, Matthew; SCHROEDER, Hope; SMITH, Amy; AKTEN, Memo; FJELD, Jessica; FARID, Hany; LEACH, Neil; PENTLAND, Alex; RUSSAKOVSKY, Olga. Art and the science of generative AI. **Science**, v. 380, n. 6650, p. 1110-1111, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2306.04141>.

FARHANG, Qassem; HASHEMI, Sayed Shir Aqa; GHORIANFAR, Sakhi Murad. Lesson plan and its importance in teaching process. **International Journal of Current Science Research and Review**, v. 6, n. 8, 23 ago. 2023. DOI: 10.47191/ijcsrr/V6-i8-57. Disponível em: <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V6-i8-57>.

FARRELLY, Tom; BAKER, Naomi. Generative artificial intelligence: implications and considerations for higher education practice. **Education Sciences**, v. 13, n.

11, 1 nov. 2023. DOI: 10.3390/educsci13111109. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci13111109>.

FERGUS, Sean; BOTHA, Marthinus; OSTOVAR, Mohammad. Evaluating academic answers generated using ChatGPT. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 4, p. 1672–1675, 11 abr. 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00087. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00087>.

FREITAS, Isabel Martins; JIMÉNEZ, Ricardo; MELLADO, Vicente. Solving physics problems: the conceptions and practice of an experienced teacher and an inexperienced teacher. **Research in Science Education**, v. 34, n. 1, 2004. DOI: 10.1023/B:RISE.0000021000.61909.66. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:RISE.0000021000.61909.66>.

GAGGIOLI, Andrea. Ethics: disclose use of AI in scientific manuscripts. **Nature**, v. 614, n. 7948, p. 413–413, 16 fev. 2023. DOI: 10.1038/d41586-023-00381-x. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-00381-x>.

GARRATT, John; OVERTON, Tina; TOMLINSON, John; CLOW, Doug. Critical thinking exercises for chemists: are they subject-specific? **Active Learning in Higher Education**, v. 1, n. 2, 2000. DOI: 10.1177/1469787400001002005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1469787400001002005>.

GIAC, Cong; LIEN, Nguyen; TUAN, Pham. Training skills to solve some inorganic chemistry exercises by using the graphic method of calculation for teaching chemistry in high school. **World Journal of Chemical Education**, v. 5, n. 1, p. 12–19, 2017. DOI: 10.12691/wjce-5-1-3. Disponível em: <http://pubs.sciepub.com/wjce/5/1/3>.

GILAT, Roi; COLE, Brian. How will artificial intelligence affect scientific writing, reviewing and editing? The future is here **Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery**, v. 39, n. 5, p. 1119–1120, 1 maio 2023. DOI: 10.1016/j.arthro.2023.01.014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.01.014>.

GLIGOREA, Ioan; CIOCA, Mihai; OANCEA, Ramona; GORSKI, Andrzej Tomasz; GORSKI, Henryk; TUDORACHE, Petru. Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: a literature review. **Education Sciences**, v. 13, n. 12, 1 dez. 2023. DOI: 10.3390/educsci13121216. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>.

GOLAN, Ron; REDDY, Rohith; MUTHIGI, Anil; RAMASAMY, Rajesh. Artificial intelligence in academic writing: a paradigm-shifting technological advance. **Nature Reviews Urology**, v. 20, n. 6, p. 327–328, 1 jun. 2023. DOI: 10.1038/s41585-023-00746-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41585-023-00746-x>.

GOODFELLOW, Ian; POUGET-ABADIE, Jean; MIRZA, Mehdi; XU, Bing; WARDE-FARLEY, David; OZAI, Sherjil; COURVILLE, Aaron; BENGIO, Yoshua. Generative adversarial nets. In: **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 27, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1406.2661>.

GRAHAM, Rory. Discourse analysis of academic debate of ethics for AGI. **AI and Society**, v. 37, n. 4, p. 1519–1532, 1 dez. 2022. DOI: 10.1007/s00146-021-01228-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01228-7>.

GUAITA, Robson Irineu; GONÇALVES, Francisco Paulo. Experimentation related to digital information and communication technologies: problematizations of knowledges in the training of chemistry teachers. **Química Nova**, v. 45, n. 4, p. 474–483, 2022. DOI: 10.21577/0100-4042.20170859. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170859>.

HAN, Yifan; QIU, Zhechao; CHENG, Junyu. When teams embrace AI: human collaboration strategies in generative prompting in a creative design task. In: **Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24)**, 11–16 maio 2024, Honolulu, HI, USA. New York: Association for Computing Machinery, 2024. DOI: 10.1145/3613904.3642133. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3613904.3642133>.

HARAHAP, Lailatul Khusnul; RAHMANIA, Siti. Analisis kemampuan mahasiswa dalam pengembangan RPP mata pelajaran kimia melalui pendekatan saintifik. **Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry**, v. 12, n. 2, 2021. DOI: 10.22437/jisic.v12i2.11072. Disponível em: <https://doi.org/10.22437/jisic.v12i2.11072>.

HASHIM, Siti; OMAR, Mohd Khairul; AB JALIL, Habibah; MOHD SHAREF, Nurfadhlin. Trends on technologies and artificial intelligence in education for personalized learning: systematic literature review. **International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development**, v. 11, n. 1, 27 fev. 2022. DOI: 10.6007/ijarped/v11-i1/12230. Disponível em: <https://doi.org/10.6007/ijarped/v11-i1/12230>.

HERNANDEZ, Lorna; BAUTISTA, Analyn. Group dynamics strategy in teaching Araling Panlipunan in Calaca District. **Instabright International Journal of Multidisciplinary Research**, v. 4, n. 1, 2022. DOI: 10.52877/instabright.04.01.0112. Disponível em: <https://doi.org/10.52877/instabright.04.01.0112>.

HO, Shirley; CHEUNG, Jacqueline. Trust in artificial intelligence, trust in engineers, and news media: factors shaping public perceptions of autonomous drones through UTAUT2. **Technology in Society**, v. 77, p. 102533, jun. 2024. DOI: 10.1016/j.techsoc.2024.102533. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160791X24000812>.

HOFFMANN, Jordan; BORGEAUD, Sebastian; MENSCH, Arthur; BUCHATSKAYA, Elena; CAI, Trevor; RUTHERFORD, Eliza; CASAS, Diego de Las; HENDRICKS, Lisa Anne; WELBL, Johannes; CLARK, Aidan; HENNIGAN, Tom; NOLAND, Eric; MILLICAN, Katie; DRIESSCHE, Guido van den; DAMOC, Bogdan; GUY, Aurelia; OSINDERO, Simon; SIMONYAN, Karen; ELSEN, Erich; SIFRE, Laurent. Training compute-optimal large language models. **arXiv preprint arXiv:2203.15556**, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2203.15556>.

HOFSTEIN, Avi; HUGERAT, Muhamad. Teaching and learning in the school chemistry laboratory. Cambridge: **The Royal Society of Chemistry**, 2021. DOI: 10.1039/9781839164712. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/9781839164712>.

HOUSEKNECHT, Jeffrey B.; BACHINSKI, Greg J.; MILLER, Michael H.; WHITE, Steven A.; ANDREWS, Derek M. Effectiveness of the active learning in organic chemistry faculty development workshops. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 1, p. 387–398, 2020. DOI: 10.1039/C9RP00137A. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C9RP00137A>.

HSU, Hsiu-Ping. Special issue: The games people play: exploring technology-enhanced learning scholarship & generative artificial intelligence – Can generative artificial intelligence write an academic journal article? Opportunities, challenges, and implications. **Irish Journal of Technology Enhanced Learning**, v. 7, n. 2, 2023. Disponível em: <http://www.ilta.ie/>.

HUTSON, Matthew. Could AI help you to write your next paper? **Nature**, v. 611, n. 7934, p. 192–193, 3 nov. 2022. DOI: 10.1038/d41586-022-03479-w. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-03479-w>.

JACKSON, Aaron; HURST, Gregory A. Faculty perspectives regarding the integration of systems thinking into chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 22, n. 4, p. 855–865, 1 out. 2021. DOI: 10.1039/d1rp00078k. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/d1rp00078k>.

JACOBS, James. The artificial intelligence shock and socio-political polarization. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 199, 1 fev. 2024. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.123006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123006>.

JAUHIAINEN, Jussi S.; GUERRA, Andre G. Generative AI and ChatGPT in school children's education: evidence from a school lesson. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 18, 1 set. 2023. DOI: 10.3390/su151814025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151814025>.

JAVED, Hifza; JAMALI, Nawid. Group dynamics: Survey of existing multimodal models and considerations for social mediation. **arXiv preprint arXiv:2306.17374**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2306.17374>.

JU, Qirui. Experimental evidence on negative impact of generative AI on scientific learning outcomes. **arXiv preprint arXiv:2311.05629**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2311.05629>.

KADARUDDIN, Kadaruddin. Empowering education through generative AI: innovative instructional strategies for tomorrow's learners. *International Journal of Business, Law, and Education*, v. 4, p. 618–625, 2023.

KATCHEVICH, Daniel; HOFSTEIN, Avi; MAMLOK-NAAMAN, Rachel. Argumentation in the chemistry laboratory: inquiry and confirmatory experiments. *Research in Science Education*, v. 43, n. 1, 2013. DOI: 10.1007/s11165-011-9267-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9267-9>.

KEHOE, Fergus. Leveraging generative AI tools for enhanced lesson planning in initial teacher education at post primary. *Irish Journal of Technology Enhanced Learning*, v. 7, n. 2, 2023. DOI: 10.22554/ijtel.v7i2.124. Disponível em: <https://doi.org/10.22554/ijtel.v7i2.124>.

KESKAR, Nitish Shirish; MCCANN, Bryan; VARSHNEY, Lav; XIONG, Caiming; SOCHER, Richard. CTRL: a conditional transformer language model for controllable generation. 11 set. 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1909.05858>.

KING, Donna. New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, v. 48, n. 1, p. 51–87, 2012. DOI: 10.1080/03057267.2012.655037. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655037>.

KILAG, Osias Kit; DOMINGO, Jemelita S.; TAN, Alan; ZARAGOZA, Mari Paz; MAGPANTAY, Rodelio. Empowering teachers: integrating technology into livelihood education for a digital future. *Excellencia: International Multi-disciplinary Journal of Education*, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2023.

KOLIL, Vijay Kumar; MUTHUPALANI, Sathiyaraj; ACHUTHAN, Krishnan. Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 17, n. 1, 1 dez. 2020. DOI: 10.1186/s41239-020-00204-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>.

KONSTANTINOVA, Liudmila Viktorovna; VOROZHIKHIN, Vladimir Vladimirovich; PETROV, Alexey Mikhailovich; TITOVA, Ekaterina Sergeevna; SHTYKHNO, Dmitry Alexandrovich. Generative artificial intelligence in

education: discussions and forecasts. **Open Education**, v. 27, n. 2, p. 36–48, 26 mar. 2023. DOI: 10.21686/1818-4243-2023-2-36-48. Disponível em: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2023-2-36-48>.

KOTHGASSNER, Odile Daniel; FELNHOFER, Anna. ChatGPT, who? **Digital Psychology**, v. 4, n. 1, p. 1, 13 jul. 2023. DOI: 10.24989/dp.v4i1.2268. Disponível em: <https://doi.org/10.24989/dp.v4i1.2268>.

KUMAR, Satish; RAO, Pradeep; SINGHANIA, Siddharth; VERMA, Saket; KHETERPAL, Manish. Will artificial intelligence drive the advancements in higher education? A tri-phased exploration. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 201, 1 abr. 2024. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123258. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123258>.

KUZMINA, Olga; HOYLE, Susan. Introduction to challenges for health and safety in research. In: KUZMINA, Olga; HOYLE, Susan (orgs.). **Challenges for health and safety in higher education and research organisations**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2020. DOI: 10.1039/9781839162497-00001. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/9781839162497-00001>.

LAVE, Jean. *Learning and everyday life: access, participation, and changing practice*. 1. ed. Cambridge: **Cambridge University Press**, 2019.

LAVE, Jean; WENGER, Etienne. *Aprendizagem situada: participação periférica legitimada*. 1. ed. Belo Horizonte: **Editora UFMG**, 2022.

LAWRIE, Gwendolyn. Establishing a delicate balance in the relationship between artificial intelligence and authentic assessment in student learning. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 24, n. 2, p. 392–393, 28 mar. 2023. DOI: 10.1039/d3rp90003g. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/d3rp90003g>.

LEON, Alfredo; VIDHANI, Dinesh. ChatGPT needs a chemistry tutor too. **Journal of Chemical Education**, 7 set. 2023. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c00288. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00288>.

LINDSAY, Euan; JOHRI, Aditya; BJERVA, Johannes. A framework for responsible development of automated student feedback with generative AI. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2308.15334>.

LIU, Li. Analysis on class participation based on artificial intelligence. **Revue d'Intelligence Artificielle**, v. 34, n. 3, p. 369–375, 30 jun. 2020. DOI: 10.18280/ria.340316. Disponível em: <https://doi.org/10.18280/ria.340316>.

LIU, Pengfei; YUAN, Weizhe; FU, Jinlan; JIANG, Zhengbao; HAYASHI, Hiroaki; NEUBIG, Graham. Pre-train, prompt, and predict: a systematic survey of

prompting methods in natural language processing. 28 jul. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2107.13586>.

LO, Chung Kwan. What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. **Education sciences**, v. 13, n. 4, p. 410, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci13040410>.

LO, Leo. The art and science of prompt engineering: A new literacy in the information age. **Internet Reference Services Quarterly**, v. 27, n. 4, p. 203-210, 2023b. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10875301.2023.2227621>.

LORENZ, Philippe; PERSET, Karine; BERRYHILL, Jamie. **Initial policy considerations for generative artificial intelligence**. OECD Publishing, 2023.

LUCKIN, Rosemary; CUKUROVA, Mutlu. Designing educational technologies in the age of AI: a learning sciences-driven approach. **British Journal of Educational Technology**, v. 50, n. 6, p. 2824–2838, 21 nov. 2019. DOI: 10.1111/bjet.12861. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/bjet.12861>.

MARCHI, Francesco; SAMPIERI, Clara. From data analysis to paper writing: how artificial intelligence is changing the face of scientific literature. **Oral Oncology**, v. 138, 1 mar. 2023. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2023.106312. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2023.106312>.

MARKEVYCH, Yuliia; KHAVANSKA, Anastasiia; FILENKO, Iryna. Improving students' ability to communicate interpersonally in English classroom discussions through group dynamics implementation. **JELITA**, p. 34–43, 8 fev. 2022. DOI: 10.56185/jelita.v3i1.98. Disponível em: <https://doi.org/10.56185/jelita.v3i1.98>.

MCINTOSH, Timothy; SUSNJAK, Teo; LIU, Tong; WATTERS, Paul; HALGAMUGE, Malka. Inadequacies of large language model benchmarks in the era of generative artificial intelligence. 15 fev. 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2402.09880>.

MECCAWY, Maram. Teachers' prospective attitudes towards the adoption of extended reality technologies in the classroom: interests and concerns. **Smart Learning Environments**, v. 10, n. 1, 1 dez. 2023. DOI: 10.1186/s40561-023-00256-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40561-023-00256-8>.

MEDEIROS, Diego Nascimento; RIBEIRO, João Francisco de Sousa; TRAJANO, Larisse Alves da Silva Nóbrega. Psicose induzida por drogas recreativas: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e21910212459, 13 fev. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12459. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12459>.

MEHDI, Yusuf. Create images with your words – Bing Image Creator comes to the new Bing. 21 mar. 2023. **Official Microsoft Blog**. Disponível em: <https://blogs.microsoft.com/blog/2023/03/21/create-images-with-your-words-bing-image-creator-comes-to-the-new-bing/>.

MENEKSE, Murat. Envisioning the future of learning and teaching engineering in the artificial intelligence era: opportunities and challenges. **Journal of Engineering Education**, v. 112, n. 3, p. 578–582, 20 jul. 2023. DOI: 10.1002/jee.20539. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jee.20539>.

MEYER, Melanie; PLUCKER, Jonathan. Creativity in groups: catalyst or complication? In: PLUCKER, Jonathan A. (Ed.). **Creativity and innovation: theory, research, and practice**. 2. ed. New York: Routledge, 2022. p. 209–216. DOI: 10.4324/9781003233923-17. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781003233923-17>.

MISRA, Durga Prasanna; CHANDWAR, Kanika. ChatGPT, artificial intelligence and scientific writing: what authors, peer reviewers and editors should know. **Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh**, v. 53, n. 2, p. 90–93, 1 jun. 2023. DOI: 10.1177/14782715231181023. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/14782715231181023>.

MOLLICK, Ethan; MOLLICK, Lilach. Why all our classes suddenly became AI classes. **Harvard Business Publishing Education**, 9 fev. 2023. Disponível em: <https://hbsp.harvard.edu/inspiring-minds/why-all-our-classes-suddenly-became-ai-classes>.

MOORE, Emily; CHAMBERLAIN, Julia; PARSON, Robert; PERKINS, Katherine. PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 8, p. 1191–1197, 12 ago. 2014. DOI: 10.1021/ed4005084. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed4005084>.

MORAN, José. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. 2014. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2018/03/Metodologias_Ativas.pdf.

MORAVEC, Vladimír; HYNEK, Nik; SKARE, Marinko; GAVUROVA, Beata; KUBAK, Matej. Human or machine? The perception of artificial intelligence in journalism, its socio-economic conditions, and technological developments toward the digital future. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 200, 1 mar. 2024. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.123162. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123162>.

MORENO, Esteban Lopez; HEIDELMANN, Stephany Petronilho. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de química. **Química Nova na Escola**,

v. 39, n. 1, p. 12–18, fev. 2017. DOI: 10.21577/0104-8899.20160055. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160055>.

MOURSUND, David. Introduction to information and communication technology in education. 1. ed. Eugene: **University of Oregon Libraries**, 2005. Disponível em: <https://scholarsbank.uoregon.edu/items/8ae9a8d3-98d2-49be-82ee-bef9269c1d2b>.

MUGITSAH, Andi; IRWANSYAH, Fadli; SUBARKAH, Cahya. Chemistry Acoustic (Chemcoustic): Android Based Application for Fun Chemistry Learning. In: **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1563, 19 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012031>

SHERTAYEVA, Nurgul Tursynbekovna; ASIL, Aizhan Abdygalikyzy; GYULMAMEDOVA, Shafag; BATYNOVA, Aizhan Zhumabekovna. Integrated lessons in chemical education. **Bulletin of Toraighyrov University. Pedagogics Series**, n. 1.2022, p. 114–122, 31 mar. 2022. DOI: 10.48081/XJXM9224. Disponível em: <https://doi.org/10.48081/XJXM9224>.

NIKLAUS, Christina; CETTO, Matthias; FREITAS, André; HANDSCHUH, Siegfried. Transforming complex sentences into a semantic hierarchy. In: **Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics**, 28 jul.–2 ago. 2019, Florence. Stroudsburg: Association for Computational Linguistics, 2019. p. 3415–3427. Disponível em: <https://aclanthology.org/P19-1333/>.

OLIVEIRA, Lino; PINTO, Mário. (Orgs.). *A inteligência artificial na educação: ameaças e oportunidades para o ensino-aprendizagem*. **Porto: Escola Superior de Media Artes e Design**, Politécnico do Porto, 2023. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/22779>.

PARK, Seong Ho. Use of generative artificial intelligence, including large language models such as ChatGPT, in scientific publications: policies of KJR and prominent authorities. **Korean Journal of Radiology**, v. 24, n. 8, p. 715–718, 1 ago. 2023. DOI: 10.3348/kjr.2023.0643. Disponível em: <https://doi.org/10.3348/kjr.2023.0643>.

PASEKA, Angelika; SCHWAB, Susanne. Parents' attitudes towards inclusive education and their perceptions of inclusive teaching practices and resources. **European Journal of Special Needs Education**, v. 35, n. 2, p. 254–272, 14 mar. 2020. DOI: 10.1080/08856257.2019.1665232. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08856257.2019.1665232>.

PASSOS, Mauro Romero Leal; ELEUTÉRIO JÚNIOR, José. Chatbot, ChatGPT: artificial intelligence and/or business intelligence and/or robotic untruths, for now. **Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis**, v. 35,

2023. DOI: 10.5327/dst-2177-8264-2023351330. Disponível em:
<https://doi.org/10.5327/dst-2177-8264-2023351330>.

PATCHEN, Terrence; SMITHENRY, Dennis William. More than just chemistry: the impact of a collaborative participant structure on student perceptions of science. **Research in Science Education**, v. 45, n. 1, p. 75–100, 6 fev. 2015. DOI: 10.1007/s11165-014-9414-1. Disponível em:
<https://doi.org/10.1007/s11165-014-9414-1>

PAVLIK, John Vernon. Collaborating with ChatGPT: considering the implications of generative artificial intelligence for journalism and media education. **Journalism and Mass Communication Educator**, v. 78, n. 1, p. 84–93, 1 mar. 2023. DOI: 10.1177/10776958221149577. Disponível em:
<https://doi.org/10.1177/10776958221149577>.

PENTEADO, Maria Carolina; PEREZ, Fábio. Evaluating GPT-3.5 and GPT-4 on Grammatical Error Correction for Brazilian Portuguese. **arXiv preprint arXiv:2306.15788**, 27 jun. 2023. Disponível em:
<https://arxiv.org/abs/2306.15788>.

PLATT, Moritz; PLATT, Daniel. Effectiveness of Generative Artificial Intelligence for Scientific Content Analysis. In: **17th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT 2023)**, 13–15 nov. 2023, Baku. Proceedings [...]. Piscataway: IEEE, 2023. DOI: 10.1109/AICT59525.2023.10313167. Disponível em:
<https://doi.org/10.1109/AICT59525.2023.10313167>.

PLIUSHCH, Volodymyr. Organizing self-directed learning of chemistry among pupils. **Academic Notes Series Pedagogical Science**, v. 1, n. 206, p. 65–69, jan. 2022. DOI: 10.36550/2415-7988-2022-1-206-65-69. Disponível em:
<https://pednauk.cuspu.edu.ua/index.php/pednauk/article/view/1311>.

QASEM, Fawaz. ChatGPT in scientific and academic research: future fears and reassurances. **Library Hi Tech News**, vol. 40, no. 3, pp. 30–32, 16 May 2023. <https://doi.org/10.1108/LHTN-03-2023-0043>.

RADFORD, Alec; METZ, Luke; CHINTALA, Soumith. Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks. **arXiv preprint arXiv:1511.06434**, 7 jan. 2016. Disponível em:
<https://arxiv.org/abs/1511.06434>.

RAHIMI, Farzaneh; TALEBI BEZMIN ABADI, Amin. Passive contribution of ChatGPT to scientific papers. **Annals of Biomedical Engineering**, 7 jun. 2023. DOI: 10.1007/s10439-023-03260-8. Disponível em:
<https://link.springer.com/10.1007/s10439-023-03260-8>.

RAMAN, Raghu; VENUGOPALAN, Murale; KAMAL, Anju. Evaluating human resources management literacy: A performance analysis of ChatGPT and Bard.

Heliyon, v. 10, n. 5, 15 mar. 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27026.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27026>.

RETKOWSKY, Jana; HAFERMALZ, Ella; HUYSMAN, Marleen. Managing a ChatGPT-empowered workforce: Understanding its affordances and side effects. **Business Horizons**, v. 67, n. 5, p. 511–523, set./out. 2024. DOI: 10.1016/j.bushor.2024.04.009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007681324000545>.

RIZVI, Mohammed. Exploring the landscape of artificial intelligence in education: Challenges and opportunities. In: **2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)**, 8–10 jun. 2023, Istanbul. Proceedings [...]. Piscataway: IEEE, 2023. p. 1–3. DOI: 10.1109/HORA58378.2023.10156773. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156773>.

SAFAR, Ammar; JAFER, Yaqoub; ALQADIRI, Mohammad. Mind maps as facilitative tools in science education. **College Student Journal**, v. 48, n. 4, p. 629-647, 2014.

SAĞIN, Ferhan Girgin; ÖZKAYA, Ali Burak; TENGİZ, Funda; GEYİK, Öyku Gonul; GEYİK, Caner. Current evaluation and recommendations for the use of artificial intelligence tools in education. **Turkish Journal of Biochemistry**, v. 48, n. 6, p. 620–625, 1 dez. 2023. DOI: 10.1515/tjb-2023-0254. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/tjb-2023-0254>.

SAJJA, Ramteja; SERMET, Yusuf; CIKMAZ, Muhammed; CWIERTNY, David; DEMIR, Ibrahim. Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education. **Information**, v. 15, n. 10, art. 596, 2024. DOI: 10.3390/info15100596. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/15/10/596>.

SALAME, Issa; MAKKI, Jana. Examining the use of PhET simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. **Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education**, v. 17, n. 4, p. e2247, 30 maio 2021. DOI: 10.21601/ijese/10966. Disponível em: <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>.

SALVAGNO, Manuel; TACCONE, Fabio; GERLI, Andrea. Artificial intelligence hallucinations. **Critical Care**, v. 27, n. 1, 1 dez. 2023. DOI: 10.1186/s13054-023-04473-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04473-y>.

SAVEC, Vesna Ferk; DEVETAK, Iztok. Evaluating the effectiveness of students' active learning in chemistry. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 106, p. 1113–1121, dez. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.125>.

SBAA, Mohammed; FAOUZI, Latifa; ELJAHECHI, Meryem; LGHDAICH, Fatima. The Mind Map at the Service of Learning. **International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis**, v. 5, 28 dez. 2022. DOI: 10.47191/ijmra/v5-i12-37. Disponível em: <https://ijmra.in/v5i12/37.php>.

SCHWENDIMANN, Beat. Concept maps as versatile tools to integrate complex ideas: From kindergarten to higher and professional education. **Knowledge Management & E-Learning**, v. 7, n. 1, 2015. DOI: 10.34105/j.kmel.2015.07.006. Disponível em: <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2015.07.006>.

SEPÚLVEDA, Francisco; CAÑAS URRUTIA, Francisco; BOBADILLA GÓMEZ, Carla. Herramientas digitales para la enseñanza y aprendizaje de Química en escolares Chilenos. **Educación química**, v. 29, n. 3, p. 99-107, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63734>.

SHAMS, Eman. My method in teaching chemistry and its application using modern technology. In: **QATAR FOUNDATION ANNUAL RESEARCH FORUM PROCEEDINGS**, 2013, Doha, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.5339/qfarf.2013.ICTP-042>.

SOHAIL, Shahab Saquib; FARHAT, Faiza; HIMEUR, Yassine; NADEEM, Mohammad; MADSEN, Dag Øivind; SINGH, Yashbir; ATALLA, Shadi; MANSOOR, Wathiq. Decoding ChatGPT: A taxonomy of existing research, current challenges, and possible future directions. **Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences**, v. 35, n. 8, p. 101675, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101675>.

SOUZA, Jorge Raimundo da Trindade; SANTOS, Heloisa Glins; SANTOS, Deusivaldo Aguiar; SOUZA, Natalia Soares Santa Brigida Trindade; DE CARVALHO, Ricardo Haroldo; MACHADO, Jorge Ricardo Coutinho; CASTRO, George Anderson Macedo. The Use of Active Methodologies for The Process of Inclusive Education in Natural Science Classes. **COGNITIONIS Scientific Journal**, vol. 6, nº 2, p. 632–643, 2023. <https://doi.org/10.38087/2595.8801.301>.

SU, Jiahong; YANG, Weipeng. Unlocking the power of ChatGPT: A framework for applying generative AI in education. **ECNU Review of Education**, v. 6, n. 3, p. 355-366, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/20965311231168423>.

SUMFLETH, Elke; TELGENBÜSCHER, Lucyna. Improving the use of instructional illustrations in learning chemistry. In: **Research in Science Education-Past, Present, and Future**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2001. p. 289-294. Disponível em: https://doi.org/10.1007/0-306-47639-8_40.

TALANQUER, Vicente. Chemistry education: Ten heuristics to tame. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 8, p. 1091-1097, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed4008765>.

TANG, Nan; YANG, Chenyu; FAN, Ju; CAO, Lei; LUO, Yuyu; HALEVY, Alon. VerifAI: verified generative AI. **arXiv preprint arXiv:2307.02796**, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2307.02796>

TAYLOR, Kim. Supporting students and educators in using generative artificial intelligence. **ASCILITE Publications**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14742/apubs.2023.538>.

THANGAVEL, Kathiravan; SABATINI, Roberto; GARDI, Alessandro; RANASINGHE, Kavindu; HILTON, Samuel; SERVIDIA, Pablo; SPILLER, Dario. Artificial intelligence for trusted autonomous satellite operations. **Progress in Aerospace Sciences**, v. 144, p. 100960, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2023.100960>.

TOUVRON, Hugo; LAVRIL, Thibaut; IZACARD, Gautier; MARTINET, Xavier; LACHAUX, Marie-Anne; LACROIX, Timothee; ROZIÈRE, Baptiste; GOYAL, Naman; HAMBRO, Eric; AZHAR, Faisal; RODRIGUEZ, Aurelien; JOULIN, Armand; GRAVE, Edouard; LAMPLE, Guillaume. Llama: Open and efficient foundation language models. **arXiv preprint arXiv:2302.13971**, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2302.13971>.

ULVA, Yuriz; MAHARDIKA, I Ketut. Graphic representation ability in learning chemistry through multipresentation-based chemistry modules. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2021. p. 012044. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012044>.

VAISHYA, Raju; MISRA, Anoop; VAISH, Abhishek. ChatGPT: Is this version good for healthcare and research?. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 17, n. 4, p. 102744, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2023.102744>.

VAN DEN BERG, Geesje; DU PLESSIS, Elize. ChatGPT and generative AI: Possibilities for its contribution to lesson planning, critical thinking and openness in teacher education. **Education Sciences**, v. 13, n. 10, p. 998, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci13100998>.

VARTIAINEN, Henriikka; TEDRE, Matti. Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models. **Digital Creativity**, v. 34, n. 1, p. 1-21, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14626268.2023.2174557>.

VASWANI, Ashish; SHAZEER, Noam; PARMAR, Niki; USZKOREIT, Jakob; JONES, Llion; GOMEZ, Aidan; KAISER, Lukasz; POLOSUKHIN, Illia. Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>.

VELÁSQUEZ-HENAO, Juan David; FRANCO-CARDONA, Carlos Jaime; CADAVID-HIGUITA, Lorena. Prompt Engineering: a methodology for optimizing

interactions with AI-Language Models in the field of engineering. **Dyna**, v. 90, n. SPE230, p. 9-17, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n230.111700>.

VINCENT-RUZ, Paulette; BOASE, Nathan. "Activating discipline specific thinking with adaptive learning: A digital tool to enhance learning in chemistry." **PLoS ONE**, vol. 17, no. 11, 15 Nov. 2022, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276086>..

VINTZILEOS, Anthony; CHAVEZ, Martin; ROMERO, Roberto. A role for artificial intelligence chatbots in the writing of scientific articles. **American journal of obstetrics and gynecology**, v. 229, n. 2, p. 89, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2023.03.040>.

WALCZAK, Krzysztof; CELLARY, Wojciech. Challenges for higher education in the era of widespread access to Generative AI. **Economics and Business Review**, v. 9, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18559/ebr.2023.2.743>.

WALTON, Elizabeth; DIXON, Kerryn. Googling inclusive education: a critical visual analysis. **Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education**, v. 43, n. 2, p. 217-230, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01596306.2020.1819203>.

WANG, Qi; FENG, Yanghe; HUANG, Jincui; LV, Yiqin; XIE, Zheng; GAO, Xiaoshan. Large-scale generative simulation artificial intelligence: The next hotspot. **The Innovation**, v. 4, n. 6, 2023. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2308.02561>.

WATTS, Field; DOOD, Amber; SHULTZ, Ginger; RODRIGUEZ, Jon-Marc. Comparing Student and Generative Artificial Intelligence Chatbot Responses to Organic Chemistry Writing-to-Learn Assignments. **Journal of Chemical Education**, 7 set. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00664>.

WAYCOTT, Jenny; DALGARNO, Barney; KENNEDY, Gregor; BISHOP, Andrea. Making science real: Photo-sharing in biology and chemistry. **Research in Learning Technology**, vol. 20, nº 2, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.16151>.

WHITE, Jules; FU, Quchen; HAYS, Sam; SANDBORN, Michael; OLEA, Carlos; GILBERT, Henry; ELNASHAR, Ashraf; SPENCER-SMITH, Jesse; SCHMIDT, Douglas. A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with chatgpt. **arXiv preprint arXiv:2302.11382**, 2023. Disponível em: Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2302.11382>.

XU, Weiqi; OUYANG, Fan. The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. **International Journal of STEM Education**, v. 9, n. 1, p. 59, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>.

YAN, Lixiang; MARTINEZ-MALDONADO, Roberto; GASEVIC, Dragan. Generative artificial intelligence in learning analytics: Contextualising opportunities and challenges through the learning analytics cycle. In: **Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference**. 2024. p. 101-111. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3636555.3636856>.

YANG, Xin; WANG, Yifei; BYRNE, Ryan; SCHNEIDER, Gisbert; YANG, Shengyong. Concepts of Artificial Intelligence for Computer-Assisted Drug Discovery. **Chemical Reviews**, vol. 119, nº 18, p. 10520–10594, 25 set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00728>.

YARON, David; KARABINOS, Michael; LANGE, Donovan; GREENO, James; LEINHARDT, Gaea. The ChemCollective—Virtual Labs for Introductory Chemistry Courses. **Science**, vol. 328, nº 5978, p. 584–585, 30 abr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1182435>.

YERALAN, Sencer; LEE, Laura Ancona. Generative AI: Challenges to higher education. **Sustainable Engineering and Innovation**, v. 5, n. 2, p. 107-116, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37868/sei.v5i2.id196>.

YI, Zihao; OUYANG, Jiarui; LIU, Yuwen; LIAO, Tianhao; XU, Zhe; SHEN, Ying. A Survey on Recent Advances in LLM-Based Multi-turn Dialogue Systems. 27 fev. 2024. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2402.18013>.

YOU, Yanwei; CHEN, Yuquan; YOU, Yujun; ZHANG, Qi; CAO, Qiang. Evolutionary Game Analysis of Artificial Intelligence Such as the Generative Pre-Trained Transformer in Future Education. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 15, nº 12, 1 jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15129355>.

YU, Hao; GUO, Yunyun. Generative artificial intelligence empowers educational reform: current status, issues, and prospects. In: **Frontiers in Education**. Frontiers Media SA, vol. 8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1183162>.

ZHANG, Cheng; VILLANUEVA, Lizelle E. Generative artificial intelligence preparedness and technological competence: Towards a digital education teacher training program. *International Journal of Education and Humanities*, vol. 11, no. 2, p. 164–170, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54097/ijeh.v11i2.13753>.

ZHANG, Ke; ASLAN, Ayse Begum. AI technologies for education: Recent research & future directions. **Computers and education: Artificial intelligence**, v. 2, p. 100025, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>.

ZHENG, Haoyi; ZHAN, Huichun. ChatGPT in scientific writing: a cautionary tale. **The American Journal of Medicine**, v. 136, n. 8, p. 725-726. e6, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2023.02.011>.

ZOHNY, Hazem; MCMILLAN, John; KING, Mike. Ethics of generative AI. **Journal of medical ethics**, v. 49, n. 2, p. 79-80, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/jme-2023-108909>.

Índice

Remissivo

A

- Aprendizagem Situada: 8, 62, 65
- Atividades e Exercícios: 10, 66, 67, 68, 69
- Alucinações Artificiais: 16, 17, 18, 19

C

- *ChatGPT*: 10, 16, 20, 21, 25, 27, 34, 42, 62, 67, 71, 79, 91
- Conteúdo Programático: 31, 39

D

- Diretrizes: 16, 24, 68, 94

E

- Economia de tempo: 67, 80

F

- Ferramentas de IA: 42, 48, 59, 67

I

- Interdisciplinar: 9, 35, 39, 69
- Inclusão: 33, 40, 44, 46, 83, 91

L

- Laboratórios Virtuais: 57, 58, 59, 62, 64, 65

O

- Objetivos de Aprendizagem: 24, 30, 32, 38, 40, 42, 43, 47, 49, 63

P

- Personalização: 31, 32, 49, 68, 78, 80, 92, 96
- Planejamento: 30, 38, 39, 42, 55
- Plano de Aula: 30, 38, 39, 42, 43, 46
- Processo Educacional: 29, 48, 58, 66, 68, 78, 79

R

- Responsabilidade: 15, 18, 19

S

- Suporte: 32, 38, 42, 92, 93, 97
- Simulações interativas: 6, 59, 60, 64, 68

