

**USO DO CHATGPT NO PLANEAMENTO DO ENSINO DE QUÍMICA –
POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA IA PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA**

USE OF CHATGPT IN PLANNING CHEMISTRY TEACHING – POTENTIALS AND CHALLENGES OF AI
FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION

USO DE CHATGPT EN LA PLANIFICACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA – POTENCIALES Y
DESAFÍOS DE LA IA PARA LA EDUCACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

José Luís Araújo¹, Isabel Saúde², António Pedro Costa³, J. Bernardino Lopes⁴

¹Universidade de Aveiro e CIDTFF, Portugal
jlaraujo@ua.pt

²Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e CIQUP, Portugal
isabelalexandrasaude@gmail.com

³Universidade de Aveiro e CIDTFF, Portugal
apcosta@ua.pt

⁴Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e CIDTFF, Portugal
blopes@utad.pt

RESUMO | A mesa redonda explorou o potencial do *ChatGPT* para revolucionar o ensino da química. Embora a ferramenta de IA se tenha mostrado promissora na geração de protocolos laboratoriais personalizados, os participantes também destacaram vários desafios, incluindo o risco de imprecisões científicas e a necessidade de supervisão dos professores. A discussão enfatizou a importância da formação de professores para integrar eficazmente a IA nas salas de aula e a evolução do papel dos professores na facilitação da aprendizagem dos alunos num ambiente orientado pela IA. A discussão destacou os desafios significativos da integração da IA na educação, incluindo a resistência dos professores devido à carga de trabalho e à falta de formação. Embora os alunos possam estar ansiosos por adotar novas tecnologias, foram levantadas preocupações sobre as suas capacidades de pensamento crítico ao utilizar ferramentas de IA. O futuro da IA na educação foi concebido como uma experiência de aprendizagem personalizada, mas também foram enfatizadas as considerações éticas e o potencial de utilização indevida.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, ChatGPT, Ensino de Química, Atividades laboratoriais, Papel do Professor.

ABSTRACT | The roundtable discussion explored the potential of *ChatGPT* to revolutionize chemistry education. While the AI tool showed promise in generating customized lab protocols, participants also highlighted several challenges, including the risk of scientific inaccuracies and the need for teacher oversight. The discussion emphasized the importance of teacher training to effectively integrate AI into classrooms and the evolving role of teachers in facilitating student learning in an AI-driven environment. The discussion, also, highlighted the significant challenges of integrating AI into education, including teacher resistance due to workload and a lack of training. While students may be eager to adopt new technologies, concerns were raised about their critical thinking skills when using AI tools. The future of AI in education was envisioned as a personalized learning experience, but ethical considerations and the potential for misuse were also emphasized.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, ChatGPT, Chemistry Teaching, Laboratory Activities, Teacher Role.

RESUMEN | La mesa redonda exploró el potencial de ChatGPT para revolucionar la enseñanza de la química. Si bien la herramienta de IA se ha mostrado prometedora a la hora de generar protocolos de laboratorio personalizados, los participantes también destacaron varios desafíos, incluido el riesgo de imprecisiones científicas y la necesidad de supervisión del profesorado. El debate enfatizó la importancia de la formación de docentes para integrar eficazmente la IA en las aulas y el papel cambiante de los docentes a la hora de facilitar el aprendizaje de los estudiantes en un entorno impulsado por la IA. El debate destacó los importantes desafíos que plantea la integración de la IA en la educación, incluida la resistencia de los docentes debido a la carga de trabajo y la falta de formación. Si bien los estudiantes pueden estar ansiosos por adoptar nuevas tecnologías, han surgido preocupaciones sobre sus habilidades de pensamiento crítico al utilizar herramientas de inteligencia artificial. El futuro de la IA en la educación se imaginó como una experiencia de aprendizaje personalizada, pero también se enfatizaron las consideraciones éticas y el potencial de uso indebido.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial, ChatGPT, Enseñanza de la Química, Actividades de Laboratorio, Rol del Profesor.

1. INTRODUÇÃO

A *APeDuC Revista* foca-se na educação científica, matemática e tecnológica, valorizando igualmente a investigação e a prática fundamentada nessas áreas. A Secção 3 promove a interação entre prática e investigação, através de mesas-redondas online com professores e investigadores. Nesta secção visa-se fomentar o diálogo crítico sobre temas específicos, contribuir para uma agenda de investigação e prática educativa e alinhar-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (UN, 2015).

A articulação entre a investigação em educação científica e a prática profissional de professores é um campo de grande relevância, especialmente em ciências, pois visa aprimorar as práticas de ensino e fortalecer a formação de professores. No entanto, essa relação enfrenta desafios devido às diferenças entre a natureza da pesquisa acadêmica e o contexto prático da sala de aula, onde os conhecimentos teóricos muitas vezes necessitam de adaptação para serem eficazes e relevantes para os alunos e professores em ambientes variados. A integração de tecnologia na articulação entre a investigação em educação científica e a prática profissional dos professores tem sido fundamental para transformar a dinâmica de ensino e aprendizagem. A literatura recente explora o impacto de ferramentas tecnológicas, como plataformas digitais, inteligência artificial (IA) e realidade aumentada (RA), que permitem novas abordagens de ensino e a criação de recursos mais interativos e acessíveis para os alunos (Haleem et al., 2022). Por exemplo Tammets e Ley (2023) exploram a complexidade da integração de tecnologias de IA na formação profissional de professores, destacando como a IA pode potenciar as capacidades de observação e tomada de decisão docente. A proposta que fazem envolve professores no design de soluções de IA, promovendo a sua visão profissional, raciocínio fundamentado e o desenvolvimento de novos modelos mentais pedagógicos, enriquecendo, assim, as práticas educativas.

A mesa-redonda decorreu online, no dia 15 de outubro de 2024, e teve tem como pre(texto) o artigo “Can *ChatGPT* Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities” da autoria de José Luis Araújo e Isabel Saúde publicado na revista *Journal of Chemical Education* em 2024 (Araújo & Saúde, 2024). O artigo está disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jchemed.3c00745>.

O estudo explora a capacidade do *ChatGPT* para apoiar o ensino da química, gerando protocolos de atividades laboratoriais alinhados com o currículo português do 11º ano. Utilizando a engenharia de *prompts*, os investigadores avaliaram a capacidade do *ChatGPT* para produzir protocolos cientificamente exatos e pedagogicamente sólidos. Embora o *ChatGPT* tenha criado com sucesso atividades laboratoriais de química compreensíveis, surgiram preocupações sobre as suas limitações científicas, especialmente no que diz respeito à segurança e sustentabilidade. O estudo sublinha a necessidade da experiência dos professores para garantir a qualidade do ensino, defendendo uma abordagem crítica sobre a integração de ferramentas de IA no ensino.

Estiveram presentes nesta mesa-redonda os autores do artigo e o investigador em IA generativa, António Pedro Costa. Moderou a mesa redonda o editor da *APeDuC Revista*, contribuído igualmente para discussão.

1.1 Questões centrais da mesa redonda

A mesa-redonda foi organizada de modo a contemplar três momentos, cada um deles tendo por base uma questão orientadora, previamente partilhada com todos os participantes:

Questão1 – Qual é o contexto e motivação para a investigação sobre o uso do *ChatGPT* na produção de guiões de laboratório de Química, quais são as principais ideias e sua relevância e impacto? Esta questão é tratada na secção 2.

Questão 2 – No artigo explora-se como se pode gerar protocolos experimentais para certas atividades no laboratório de química usando o *ChatGPT* e os desafios que é necessário considerar pelo professor para as adotar como boas. Neste artigo, o uso do *ChatGPT* está na perspetiva do professor como forma de o ajudar a gerar tarefas chamando a atenção para os cuidados que devem ser tidos. Eis algumas questões específicas: 1) Esta abordagem para gerar tarefas não replica ou emula os modelos de tarefas existentes ou pelo menos os modelos maioritários? 2) Como se pode preparar os professores para lidarem com os problemas identificados no artigo (e.g. forma de iterar os *prompts* e limitações ou erros do produto final)? 3) De que modo o uso do *ChatGPT* pelo professor o prepara para ele lidar com o uso do *ChatGPT* pelos alunos? 4) Como podemos articular a investigação sobre o uso de artefactos com incorporação de IA no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia com o seu uso efetivo pelos professores? Este conjunto de questões é tratado na secção 3.

Questão 3 – Esta questão centra-se no uso futuro de artefactos com incorporação de IA pelos professores no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia e como esta abordagem pode contribuir para os ODS. Eis as questões específicas: 1) Que direções da investigação educativa é necessário acautelar para um uso eficaz de artefactos com incorporação de IA salvaguardando o objetivo 4 dos ODS, em particular o objetivo 4.4? 2) Em que medida a incorporação de artefactos com incorporação de IA no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia pode contribuir para o objetivo 9 dos ODS? 3) Que cenários de uso proveitoso de artefactos com incorporação de IA podemos traçar para os próximos 5 ou 10 anos? Este conjunto de questões é tratado na secção 4.

1.2 Ideias em destaque

Desta mesa-redonda, destacamos como ideias principais as seguintes:

- **Potenciais benefícios do uso da Inteligência Artificial na Educação:** Uso do *ChatGPT* na educação pode ser uma ferramenta de apoio ao ensino. A IA pode ajudar o professor a personalizar materiais e protocolos laboratoriais, tornando possível a adaptação para contextos com limitações de recursos, como falta de reagentes, em atividades experimentais.
- **Limitações e Riscos do *ChatGPT*:** São mencionados alguns dos riscos de dependência da IA em processos educativos ou investigativos, como erros em protocolos que podem ser perigosos, uso das respostas sem uma análise crítica ou falta de rigor ético na forma como se apresenta o produto final.
- **Resistência e Formação de Professores:** Discutem-se as resistências dos professores ao uso de novas tecnologias, citando exemplos de professores que relutam em adotar IA devido à falta de familiaridade e ao desconforto em sair da zona de conforto. Há

também uma discussão sobre a necessidade de formação específica para a adoção eficaz de IA em sala de aula.

- **Transformação do Papel do Professor:** A tecnologia de IA tem o potencial de modificar o papel do professor, que passa de transmissor de conhecimento a mediador e promotor da aprendizagem. O papel do professor como mediador crítico é essencial para corrigir e validar as informações fornecidas pela ferramenta, para fazer escolhas e assegurar a formação ética e a integridade da aprendizagem.
- **Desafios e Perspetivas Futuras da IA na Educação:** Há uma reflexão sobre o impacto das ferramentas de IA a longo prazo e sobre a possibilidade de os alunos exigirem, no futuro, formas de ensino mais integradas com a tecnologia digital.
- **Questões éticas.** A formação ética e integridade são fundamentais e devem ser trabalhadas desde os primeiros anos.

2. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO - CONTEXTO, IMPORTÂNCIA E IMPACTO DO USO DO *CHATGPT* PARA A ELABORAÇÃO DE PROTOCOLOS LABORATORIAIS PARA QUÍMICA

J. Bernardino Lopes. Gostaria de agradecer a vossa disponibilidade (José Luis Araújo, Isabel Saúde e António Pedro Costa) para colaborarem com a APEDuC Revista estando presentes nesta mesa redonda para discutir o uso IA no ensino de Ciências, Matemática e tecnologia tendo como base o artigo publicado por José Luis Araújo e Isabel Saúde (Araújo & Saúde, 2024). Aliás estão de parabéns, pois o artigo foi publicado recentemente e já tem várias citações. Vamos começar pedindo ao José Luis Araújo que fale do artigo tendo em consideração o contexto e motivação para a investigação sobre o uso do *ChatGPT* na produção de guiões de laboratório de Química e sobre são as principais ideias e sua relevância e impacto do artigo.

2.1 Contexto e motivação para o estudo objeto desta discussão

José Luís Araújo. Gostaria de apresentar este artigo, desenvolvido com a coautora Isabel Saúde, que não pode estar presente. Como tal, após uma troca de ideias com a Isabel, apresentar o trabalho em nome de ambos. Eu colaborei na construção do trabalho, mas a ideia partiu da Isabel. Estivemos ligados ao ensino da química no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário e mantivemos o contato com as escolas. Observamos que, nas escolas, a ciência e a tecnologia tem avançado nestes últimos anos a um ritmo muito acelerado, especialmente em relação à inteligência artificial. A IA tem estado a moldar a forma como homem e máquina estão a interagir e isso tem um reflexo na forma como os alunos se relacionam com a máquina no contexto educacional. O nosso objetivo é entender como é que essa interação entre professores, alunos e IA pode ser feita em benefício da qualidade do ensino. Uma das ferramentas de inteligência artificial que mais se destaca atualmente e junto das massas é o *ChatGPT*. Por isso a escolhemos. Como tal, optámos por centrar a nossa investigação nesta ferramenta que é de fácil acesso e gratuita, o que permite, não só, trazer novas oportunidades para o contexto educativo, como também novos desafios. Pretendíamos trabalhar estes desafios na área da educação, pois os aspetos negativos da inteligência artificial poderiam ter uma repercussão ainda maior.

Os nossos alunos têm smartphones nas mãos quase todos os dias. Então podemos aproveitar essa oportunidade, recorrendo a eles para usar o *ChatGPT*, para promover uma melhor qualidade de ensino. Vários autores, na literatura mencionam o *ChatGPT* como uma ferramenta

pedagógica com um potencial muito positivo. O seu uso ajuda a melhorar práticas e aprendizagens, funcionando como um auxiliar ou facilitador do trabalho do professor. Por exemplo, um professor de química que tem várias turmas de diferentes níveis de ensino, cada uma com necessidades distintas, e diferentes alunos a carecer de diferentes níveis de atenção, poderia usar a inteligência artificial para preparar materiais diferenciados. Assim, a inteligência artificial pode facilitar essa personalização do ensino, em particular nas atividades laboratoriais. É neste aspeto que os professores sentem mais dificuldade em trabalhar, pois esta diferenciação (seja pelo número de alunos por turma, seja pelas condições do laboratório, etc.) exige muito trabalho. Utilizando o *ChatGPT* o professor pode gerar atividades que são personalizadas. Através da utilização de *prompts* adequados, o professor poderia desenvolver, com muita facilidade e rapidez, um protocolo mais aberto, por exemplo, para um aluno com um desenvolvimento cognitivo maior e simultaneamente ter uma versão com maior detalhe para os alunos com mais dificuldades. Esta flexibilidade proporcionada pela IA auxilia o professor na adaptação das suas aulas sem um aumento significativo do tempo despendido, um fator crucial num contexto em que os docentes se veem frequentemente sobrecarregados com tarefas administrativas e burocráticas.

2.2 Objetivos da investigação

José Luís Araújo. Foi nesta linha que este artigo foi concebido e desenvolvido. Ou seja, tentámos inovar nas práticas educativas, trazendo a inteligência Artificial para o ensino da química. Em particular, procurámos entender como o *ChatGPT* poderia ser usado para desenvolver protocolos laboratoriais com diferentes níveis de necessidades, como, por exemplo, a ausência de reagentes, propondo alternativas para as atividades que normalmente são feitas nas escolas e também perceber qual a correção científica e didática que os protocolos gerados têm. O artigo foi pensado como um ensaio investigativo. Inicialmente o propósito não era desenvolver trabalho para uma publicação, mas testarmos a ferramenta e percebermos o seu potencial e as suas limitações. A nossa investigação concentrou-se em atividades de química do 11º ano, onde a disciplina é obrigatória e os conteúdos abordados nas Aprendizagens Essenciais têm um grau de complexidade maior, permitindo também analisar as limitações da ferramenta, nomeadamente em termos científicos.

Para além, de vermos que atividades laboratoriais o *ChatGPT* gerava para o 11º ano, o artigo foca-se num exercício de engenharia de *prompts*. Ou seja, também tentámos perceber como poderíamos desenvolver uma *prompt* modelo que os professores pudessem replicar nas suas práticas e adequando este modelo às diferentes aprendizagens que remetem para as diferentes atividades práticas e laboratoriais que aparecem no currículo. Para nós foi uma aprendizagem no que diz respeito à construção das *prompts*, refinando-os, identificando que informações eram mais ou menos relevantes.

2.3 Potencialidades e limitações do uso do *ChatGPT* e o papel crítico do professor

José Luís Araújo. Identificámos algumas potencialidades no uso do *ChatGPT* que merecem algum destaque, nomeadamente:

- A interpretação da linguagem química. O *ChatGPT* consegue interpretar e escrever conceitos químicos de forma clara e numa linguagem acessível para os estudantes.
- Gera protocolos experimentais de uma forma bem estruturada e num numa linguagem adequada ao nível de escolaridade.
- Capacidade para propor alternativas aos protocolos tradicionais, tendo conta, por exemplo, as restrições de reagentes ou dos equipamentos disponíveis no laboratório.

Estas potencialidades já são muito trabalhadas na literatura. São vários os estudos que apontam as potencialidades do *ChatGPT*.

Todavia são menos trabalhadas as potenciais limitações do *ChatGPT* ou mesmo aspetos menos positivos ou constrangimentos. Estes não podem ser ignorados e, como tal, quisemos trazer esses tópicos para a discussão neste artigo. O artigo foca bastante as limitações da ferramenta e o *ChatGPT* ainda tem muito a melhorar. Destacamos neste ponto as seguintes limitações:

- Erros científicos que o *ChatGPT*, por vezes, ainda apresentava. Há um protocolo em particular que o *ChatGPT* propõe realizar a síntese do cloreto de prata a partir de reagentes inadequados (reagentes sem o elemento cloro na sua composição).
- Riscos de manuseamento muito elevado, propondo reagentes de toxicidade elevada.
- Também nos pareceu importante incluir no nosso exercício de engenharia de *prompts* as questões da sustentabilidade e dos riscos associados ao manuseamento na atividade, mas ainda assim este pedido não foi tido em consideração.
- As instruções para os alunos realizarem a atividade experimental não eram muito claras. Por exemplo, num protocolo não são indicadas massas ou volumes dos reagentes a medir o que dificultava a realização do trabalho pelos alunos de forma autónoma.

Ainda assim, considerámos que as potencialidades pedagógicas do *ChatGPT* ultrapassam as limitações, mas ao contrário do que muita gente pensa, o *ChatGPT* não possui capacidade de raciocínio próprio e está sujeito a falhas, uma vez que se baseia exclusivamente em padrões e dados com os quais foi treinado. Por este motivo destacámos o papel do professor como supervisor crítico do *ChatGPT*. Este papel crítico é fundamental para aproveitar as potencialidades do *ChatGPT* na sala de aula, superando limitações e utilizando a ferramenta de forma adequada ao contexto.

Além disso, ao refletir sobre o nosso trabalho, podemos apontar algumas críticas à nossa abordagem. Tentamos implementar um modelo "*one size fits all*", ou seja, tentámos ter uma *prompt* genérica adaptando apenas para a Aprendizagem Essencial que remete para a atividade prática que pudesse gerar o protocolo adequado. Esta metodologia resultou em algumas limitações. As Aprendizagens Essenciais são elaboradas de forma diferente e requerem instruções específicas. Isso significa que este aspeto poderia ser melhorado em abordagens futuras.

Este ensaio demonstra que o *ChatGPT* tem potencial para gerar protocolos laboratoriais de forma rápida, com a vantagem diferenciadora de poder adaptar-se tanto às condições reais do laboratório como às necessidades específicas dos alunos, permitindo que os professores concentrem mais tempo em aspetos pedagógicos e criativos da sua dinâmica de sala de aula. Este artigo aponta para um futuro em que a inteligência artificial pode ser uma ferramenta valiosa para os professores, desde que utilizada de forma crítica, sem nunca substituir o papel do professor no processo educativo.

Gostaria de fazer um *disclaimer*: este artigo foi desenvolvido com a versão 3.5 do *ChatGPT*, que era a versão gratuita disponível no momento em que começamos a trabalhar. Desde então, muitos desenvolvimentos ocorreram na inteligência artificial, e novas ferramentas têm surgido, o que pode ajudar a superar alguns dos constrangimentos que identificamos.

3. APROXIMAR A INVESTIGAÇÃO E A PRÁTICA EDUCATIVA SOBRE O USO DE FERRAMENTAS DE IA NA EDUCAÇÃO

J. Bernardino Lopes. Vamos passar ao segundo núcleo de questões. Este conjunto de quatro questões é genericamente sobre a articulação entre a investigação e a prática educativas. A primeira questão é saber se o uso do *ChatGPT* para gerar tarefas não replica ou emula os modelos de tarefas existentes ou pelo menos os modelos maioritariamente presentes no mundo virtual, tendo em conta a forma como a IA gera as suas respostas. A segunda questão é sobre como se pode preparar os professores, numa perspetiva proativa, para lidarem com os problemas do uso do *ChatGPT* identificados no artigo (e.g. forma de iterar os *prompts* e limitações ou erros do produto final). Uma terceira questão é sobre se o uso do *ChatGPT* pelo professor o prepara para ele lidar com o uso do *ChatGPT* pelos alunos. A última questão é como podemos articular a investigação sobre o uso de artefactos com incorporação de IA no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia com o seu uso efetivo pelos professores. As perguntas são para ambos. Vou dar a palavra primeiro ao António Pedro Costa.

3.1 Como funcionam os modelos de IA generativa

António Pedro Costa. Atualmente estou com uma linha de investigação para criar *frameworks* que permitam mapear competências específicas e transversais no uso dos modelos de linguagem de IA generativa. Em relação à primeira pergunta, houve uma evolução muito grande da versão 3.5 do *ChatGPT* para a versão atual (4.0) A última que está em desenvolvimento e em testes ainda vai ter mais alterações promete ter capacidades de raciocínio mais avançadas, ou seja, não apresentará apenas uma solução para uma instrução. No entanto, estes modelos de linguagem de IA generativa aprendem com os dados disponíveis em grandes bases de dados. Atualmente já se discute se quando essas bases de dados “esgotarem”, os modelos de linguagem de IA generativa vão ter a capacidade de gerar dados sintéticos para poderem treinar. Isto será um problema num futuro bastante próximo.

3.2 Resistência à mudança das práticas de ensino e suas causas

António Pedro Costa. Eu parto do princípio que um professor de química, física ou matemática tem um conhecimento prévio da área. Pode-se trabalhar algumas competências específicas como a engenharia de *prompts* e outras relacionados com *human-IA collaboration* (colaboração homem-máquina) no sentido de tirar partido desta colaboração. A partir destes modelos, o professor tendo conhecimento prévio do conteúdo da área a abordar ele pode personalizar e tentar criar tarefas mais adequadas aos contextos. A maior dificuldade na replicação dos modelos às tarefas existentes e à apropriação passa pela curva de aprendizagem do professor face ao uso destas ferramentas.

José Luís Araújo: Concordo com o que o António Pedro disse. Há um aspeto da minha experiência enquanto orientador de estágios e do contacto com as escolas e os professores que é a rejeição ou aversão à tecnologia. Os motivos são vários. Ou porque a IA não gera respostas totalmente corretas do ponto de vista científico, ou porque o que a IA replica o que está nos manuais escolares, ou simplesmente porque aprender a utilizar estas ferramentas com qualidade exige tempo e esforço.

Na preparação das atividades laboratoriais, voltando ao foco do artigo, e no âmbito da preparação dos professores, eu noto que eles para além das pesquisas online e da consulta dos manuais escolares não conseguem ou não têm disponibilidade para ir pesquisar noutras fontes e, assim, desenvolver atividades laboratoriais que respondam a um determinado objetivo de aprendizagem se não houver material acessível. Ora nas escolas, muitas vezes, faltam equipamentos ou reagentes nos laboratórios didáticos, o que impede a realização de algumas atividades experimentais. Não havendo material ou equipamento previsto no protocolo, a realização de algumas atividades experimentais fica comprometida. A inteligência artificial pode ser uma ferramenta útil nesse contexto, facilitando a criação de alternativas e promovendo a aprendizagem de forma mais flexível.

O António Pedro mencionou que vê a inteligência artificial de um ponto de vista mais investigativo. Eu, porém, percebo-a como uma ferramenta prática para o trabalho didático do professor no dia a dia, que pode auxiliar na personalização de tarefas e facilitar a replicação de atividades didáticas. Ainda assim, o *ChatGPT*, apesar de, atualmente, se basear apenas nas informações com as quais foi treinado, apresenta um potencial considerável ao fornecer opções para os protocolos experimentais, de forma mais rápida e flexível que nós humanos, que podem ser exploradas pelos professores. Claro, é preciso que os professores saibam que *prompts* utilizar no *ChatGPT*. O conhecimento da engenharia de *prompts* que os professores e os próprios alunos deverão ter é um aspeto chave.

3.3 O *ChatGPT* ao gerar tarefas não replica ou emula os modelos de tarefas existentes?

J. Bernardino Lopes. A pergunta sobre saber se o uso do *ChatGPT* para gerar tarefas não replica ou emula os modelos de tarefas existentes ou pelo menos os modelos maioritariamente presentes no mundo virtual é uma pergunta provocatória. As ferramentas de IA são capazes de lidar com uma quantidade enorme de informação, superior à capacidade humana de processar informação, e isso permite lidar com os modelos de protocolos laboratoriais utilizados no mundo inteiro. No entanto, gostaria que refletissem sobre se a IA não nos está a colocar num ciclo em que as respostas geradas são as dos modelos preponderantes. Até que ponto podemos sair deste

ciclo vicioso e entrar em um ciclo virtuoso, onde poderíamos gerar algo verdadeiramente inovador e não apenas repetir o que já existe?

Antônio Pedro Costa. Atualmente estou a trabalhar com três pilares de *frameworks* para utilização da IA generativa: processos de investigação, utilização pelo professor e utilização por par dos estudantes. Por exemplo temos um projeto para alunos do 12º ano em que estão a utilizar o pensamento crítico na resolução de problemas num tema e depois explorá-lo em três disciplinas diferentes. A pergunta que o Bernardino colocou é bastante pertinente e fazendo a ponte com um artigo recente que li a semana passada (Messerli & Crockett, 2024) que é a capacidade que estas ferramentas têm de nos levar a tomar decisões, no caso da investigação, no quadro de monoculturas científicas. Ou seja, a ferramenta leva-nos a tomar decisões em detrimento de outras que eu não conheço. Entramos nesse ciclo vicioso. Por exemplo, na investigação as ferramentas de IA canalizam a usar as mesmas técnicas, os mesmos métodos. Se os estudantes, professores e investigadores não desenvolverem competências de alto nível e capacidade de apropriação de como funcionam as ferramentas de IA. Estas ferramentas são uma caixa negra que me devolve algo que não sei como foi gerado. É necessário gerar outro tipo de competências (e.g. comparação de resultados, engenharia de *prompts*) para poder ter uma apropriação sobre o que os modelos de linguagem de IA generativa podem devolver. Este processo tem de deixar de ser visto como uma caixa negra: coloco algo e obtenho resposta. Então é preciso colocar estes modelos de linguagem de IA generativa em confronto. As redes adversárias generativas permitem testar estes modelos.

Porém, da formação contínua que eu dei durante anos, desde 2004, eu considero que é muito complicado para muitos professores chegarem a um patamar de apropriação que lhes permitam tirar partido destas ferramentas para personalizarem o ensino e a aprendizagens dos alunos. Esta apropriação não é assim tão fácil e imediata. Necessita de bastante trabalho da parte de quem a usa.

José Luís Araújo: Realmente é preciso trabalharmos na formação de professores para eles desenvolverem estas competências. É um longo caminho a percorrer. Não sei se este caminho conseguirá acompanhar a rapidez com que a IA está a evoluir e se calhar estamos sempre a correr atrás do prejuízo. Quando estamos capacitados para usar uma ferramenta ela poderá estar desatualizada e substituída por outra. A questão do Bernardino é mesmo uma provocação. Se eu não tivesse refletido sobre este assunto diria que as ferramentas de IA, como o *ChatGPT* se limitam a replicar o que já foi dito, escrito e está online, tendo em conta a forma como a ferramenta é treinada. No entanto, tenho que acrescentar que esta ferramenta, por ser uma ferramenta de inteligência artificial generativa, em vez de simplesmente reproduzir textos existentes, utiliza a informação que lhe foi fornecida para gerar respostas novas e contextualmente relevantes, combinando ideias de formas que podem não existir literalmente nas fontes originais e que são aplicadas ao caso particular ou problemática apresentada pelo utilizador naquele momento. Com esta capacidade podemos evoluir e traçar outros caminhos mais promissores. Falta, para isso, a capacitação dos professores, pois estamos a falar no contexto educativo. Precisaremos de evoluir não só no uso dessas ferramentas, mas também no modo como entendemos e aplicamos a inteligência artificial no ensino para que o uso destas ferramentas possa ser efetivado.

3.4 Falta de capacitação para lidar com ferramentas de IA, formação de professores e formação de comunidades educativas

J. Bernardino Lopes. Vamos para segunda pergunta deste lote: como se pode preparar os professores para lidarem com os problemas identificados no artigo (e.g. forma de iterar os *prompts* e limitações ou erros do produto final)?

José Luís Araújo: Já falámos da formação contínua de professores e realmente estes problemas têm de ser enfrentados com a preparação dos professores para lidarem de forma mais eficiente com as ferramentas de inteligência artificial. Diria mais, tem de passar pela formação dos formadores de professores. Na formação inicial de professores na área de Didática de futuros professores de Física e Química, eu próprio sou autodidata e vou aprendendo através de leituras de formações que vou fazendo, mas ainda não me considero um expert para poder estar a ensinar a fundo como utilizar determinadas ferramentas. Eu tento fazê-lo na formação inicial de professores. Nas unidades curriculares de Didática já trabalhamos a inclusão da IA, por exemplo na construção dos planos de aula pelos futuros professores. No 2º ano, os alunos que estão na prática de ensino supervisionada, também já investigam o potencial do uso do *ChatGPT*, por exemplo, na exploração de atividades laboratoriais, ou as conceções e perceções que os alunos têm acerca do *ChatGPT*. De todo o modo acho que o futuro passa por uma colaboração entre as universidades e as escolas para capacitar os professores para uma realidade educacional que está em constante movimento no contexto da formação inicial de professores. Há ainda todos os outros professores que já estão no terreno. É necessária uma formação contínua para estes docentes. Este é o caminho para tornar a IA mais familiar. Ainda sinto alguma relutância em relação a algumas ferramentas de IA, mas a verdade é que os alunos já as usam e então faz sentido que os professores as dominem para poderem auxiliar os alunos. Acho que deveriam ser ações de formação muito concretas para que os professores pudessem ver o verdadeiro potencial nas suas aulas da sua disciplina. Muitas vezes tentamos desenvolver competências as mais transversais e depois os professores têm muita dificuldade em transpor aquelas competências para a sua realidade de sala de aula. Por exemplo uma formação sobre engenharia de *prompts*, o conhecimento de outras ferramentas de inteligência artificial para além do *ChatGPT*, ou mesmo trabalho reflexivo sobre os erros que estas ferramentas podem gerar, como se pode ultrapassar estes constrangimentos e aproveitando as partes boas e minimizando os aspetos menos positivos.

António Pedro Costa. Acho que a ideia de comunidade educativa trabalhando de forma colaborativa e cooperativa é fundamental para lidar com este problema.

Ainda estou ligado ao laboratório de inteligência artificial da faculdade de engenharia da Universidade do Porto e regularmente colabo e contacto os investigadores do laboratório, mas a maior parte do que aprendo é como auto didata. Reconheço que para a rotina dos professores, como por exemplo a minha mulher que é professora de Matemática, não há tempo de desenvolvimento de competências para lidar com ferramentas de IA de forma autodidata. Partilhando o que aprendo com a minha mulher ela pergunta-me como posso aplicar IA generativa em sala de aula. Então o efeito comunidade pode atenuar resistências e ajuda a encontrar soluções para o tipo de problemas que o José já abordou. Não é verdade que um futuro professor, por ser novo, é mais aberto a este tipo de mudanças. Recordo-me de um recurso educativo digital que o Bernardino conhece (Courseware Sere – O Ser Humano e os Recursos Naturais) que desenvolvemos em 2009 (Sá et al., 2013). Fiz vários workshops para futuros

professores e havia uma grande resistência a alguém usar um CD-ROM que fazia parte do Kit. Eu não estava preparado para isso. Eu pensava que os futuros professores já tinham uma abertura diferente. Todavia, as resistências que encontrei na formação entre os que ainda não estava no terreno e os que já estavam eram idênticas. Ou seja, as resistências não estavam relacionadas com a idade. Estão relacionadas com o não querer sair da zona de conforto. Portanto, para complementar a formação é necessário fomentar as comunidades que estão a surgir e podem facilitar o caminho.

3.5 Cultura profissional dos professores como obstáculo à adoção de ferramentas de IA

J. Bernardino Lopes. No que acabas de dizer está subjacente o efeito da cultura profissional que passa de uma forma sub-reptícia de geração para geração entre os professores, havendo um acordo implícito sobre o que é ensinar e tudo o que seja introduzido em termos de recursos ou abordagens cria uma enorme dificuldade. A questão que se coloca é esta: com as potencialidades que estas ferramentas de IA generativa trazem o papel do professor pode ficar em risco e levar os professores a atuarem de uma forma reativa. Ao invés, poderiam atuar de uma forma proactiva e projetarem-se num cenário em que as ferramentas de IA estão presentes e há que tirar partido do seu uso. Querem refletir sobre este tópico que toca na terceira e quarta pergunta?

António Pedro Costa. O professor sempre foi preparado para ser transmissivo, como alguém que é detentor do conhecimento. Quando desenvolvemos aquele recurso de que falava há pouco (um recurso para a área das Ciências com base num software que estava no sistema e online) pensamo-lo centrado em perguntas e o professor não respondia só tinha de fazer a mediação da atividade dos alunos. Os alunos exploravam a atividade experimental de modo a desconstruir a preconceção inicial que tinham sobre determinado tema e construíam uma conceção mais correta. Ora em todas as formações em que eu estive, e foram muitas, muitos professores perguntaram qual era o papel deles em sala de aula. No contexto do uso da IA generativa passa-se o mesmo, os seja o professor não sabe qual é o seu papel. O professor tem de tirar partido do uso que os alunos fazem da IA, pois não há forma de impedi-los que a usem e passar a funcionar como alguém que consegue mediar a aprendizagem dos alunos através do uso destas tecnologias. A quantidade de ferramentas que permitem personalizar as aprendizagens em diferentes áreas de conhecimento para os diferentes níveis de ensino é enorme. Há pouco tempo tive uma reunião com uma empresa de Inglaterra que já tem uma série de conteúdos preparados desde o primeiro ciclo até ao 12º ano para permitir que o aluno seja autónomo. Eu não estava à espera que neste curto intervalo de tempo de desenvolvimento da IA existissem esta quantidade de ferramentas personalizadas para diferentes contextos e diferentes perfis de alunos. Por isso, o professor tem mais um papel de mediador do que de transmissor. Além disso tem de se ajustar porque as ferramentas de IA generativa não são fechadas. Podem ser parametrizadas em função daquilo que se pretende fazer em sala de aula.

José Luís Araújo: A mudança é difícil e a resistência à mudança acontece com muita frequência. Eu também tenho a mesma experiência do António. Estive num projeto de formação de ensino experimental das ciências ao nível do primeiro ciclo e deparei-me com muitas escolas com muito equipamento laboratorial e prático. Porém, os professores não o utilizavam porque nunca tinham utilizado aquele material e não queriam estar a preparar-se para o utilizar.

Por outro lado, vemos que os professores estão desmotivados e sobrecarregados com outras tarefas tornando-se difícil promover a formação. Vamos consumir-lhes tempo em formações, no fundo, exigindo mais deles e, se calhar, eles não veem retorno imediato deste trabalho. Talvez seja mais fácil negar e rejeitar esta mudança enquanto podem. Eu acredito que vai chegar um momento que serão os próprios alunos a trazer esta nova forma de aprender e exigir até uma nova forma de ensinar. Não quero dizer com isto que os professores não se querem formar. É necessário refletir sobre o que lhes é exigido para que eles se possam dedicar ao que realmente importa que é ensinar bem as suas disciplinas. No que concerne à IA é um pouco difícil conseguirmos ser proativos na medida em que aquilo que pode acontecer no futuro não é assim tão previsível. As possibilidades do uso da IA são quase infinitas. Estas ferramentas de IA tem muito potencial, mas o seu uso é exigente pois consome tempo aos professores. Em relação aos alunos, estes não são suficientemente críticos no seu uso.

Não podemos partir do princípio que os alunos usarão bem as ferramentas de IA. Há uns anos dei aulas a alunos do 3º ciclo e todos eles tinham redes sociais e eram superativos online, mas não me conseguiam mandar um email com um anexo. Ou seja, a literacia digital, neste caso em IA, também existe e tem que ser trabalhada, quer com os alunos quer com os professores. Esta mudança vai exigir um esforço muito grande nos próximos anos. A formação inicial de professores é uma boa base de partida, pois é onde conseguimos ser mais ativos no imediato. Espero que, pelo menos, os estudantes, futuros professores, sabem que poderão utilizar ferramentas de IA para auxiliar as suas práticas letivas e como o poderão fazer.

3.6 Articulação entre investigação sobre ferramentas de IA na educação e práticas educativas

J. Bernardino Lopes. Na vossa opinião que investigação deve ser feita sobre o uso de artefactos com incorporação de IA no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia seja feito com eficácia e com proveito?

António Pedro Costa. O artigo que foi aqui apresentado é um exemplo da investigação que pode ser feita. São necessários bastantes estudos de caso. Também é necessário a colaboração entre universidades e escolas. Tal como aconteceu em outros booms de tecnologia (e.g. quadros interativos, moodle) os estudos em contexto de escola são muito importantes. Já acompanhei muito projetos em que há abertura por parte das escolas, mas há bastante resistência por parte dos professores que acabam por criar um tampão à própria utilização em sala de aula. Todavia é importante estes estudos chegarem às escolas onde foram realizados. O que me parece é que há um envolvimento no estudo, mas depois não há a partilha dos resultados e do conhecimento construído.

Por outro lado, como trabalho com várias ferramentas de IA generativa, verifico que o ritmo das atualizações nestas ferramentas de IA pode ser semanal ao contrário do ritmo a que se davam atualizações por exemplo no *Word* que eram anuais. Por isso é importante que estes estudos fossem partilhados e se fizessem atualizações para quebrar algumas barreiras dentro da própria escola.

José Luís Araújo: Relativamente a esta questão tenho a mesma opinião do António: solicitamos a colaboração das escolas, mas não lhe damos a conhecer os resultados da investigação. Nesta linha de raciocínio fazia sentido trabalharmos numa dinâmica de ciência cidadã. Temos de ouvir os professores, para sabermos que necessidades, projetos e problemas eles enfrentam para trabalharmos com eles, em conjunto, e darmos uma resposta a estas

questões usando ferramentas de IA. Uma das estudantes que estou a orientar sobre o uso do *ChatGPT* no contexto do relatório de estágio passou exatamente por isto. A professora cooperante notou que os seus alunos já utilizavam o *ChatGPT*, mas achava que eles o utilizavam sem critério e as questões éticas relacionadas com o uso do *ChatGPT* eram muito fortes envolvendo questões de autoria das respostas. Então surgiu a ideia de se desenvolver um estudo para perceber como é que os alunos analisavam as respostas do *ChatGPT* no final da atividade e se através desta abordagem conseguíamos mudar a perceção dos alunos sobre a ferramenta. No fundo é deste tipo de estudos que precisamos: trabalhar em estudos de caso que para os professores das escolas são só colaborações com as universidades, mas em que lhe damos algum benefício tangível obtendo um resultado que eles podem utilizar na escola e podem partilhar com os colegas. Em resumo, temos de trabalhar em proximidade com as escolas, numa colaboração de sentido duplo, e garantir que há retorno na prática dos professores.

4. DIREÇÕES FUTURAS E IMPLICAÇÕES

J. Bernardino Lopes. Vamos passar ao terceiro grupo de questões. A primeira questão é que direções da investigação educativa é necessário acautelar para um uso eficaz de artefactos com incorporação de IA salvaguardando o objetivo 4 dos ODS da Agenda 2030, em particular o objetivo 4.4 que é formulado assim “Até 2030, aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilitações relevantes, incluindo competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo”? Como veem isto?

4.1 Aspetos a acautelar relativos à incorporação de ferramentas de IA na educação e nas práticas educativas

José Luís Araújo: Tenho três aspetos a referir em relação a esta pergunta. O primeiro é a formação inicial e contínua de professores, com a capacitação para as competências digitais para integrar a IA nas suas práticas de ensino. O segundo diz respeito aos alunos. É necessário desenvolver neles o pensamento crítico, pois o uso de ferramentas de inteligência artificial exige, cada vez mais, que seja feita de forma crítica. Por outro lado, é necessário desenvolver competências digitais nos alunos para deixarem de fazer um uso muito mecânico e superficial destas ferramentas. O terceiro aspeto diz respeito aos currículos e das políticas. Ambos devem permitir a inclusão digital equitativa. Se queremos atingir uma educação de qualidade, que é o objeto OSD 4, temos de considerar a inclusão digital e a equidade. Além disso, se queremos trazer a IA para a educação é importante que a utilização da tecnologia seja inclusiva e que todos tenham acesso independentemente do seu contexto socioeconómico. Estes aspetos são essenciais para usufruir das vantagens que a inteligência artificial traz. Para alcançar o objetivo 4.4 dos ODS é necessário incluir competências técnicas e digitais e temos de trabalhá-las na escola. A IA veio para ficar e por isso temos de trabalhar com ela. As tecnologias de IA devem ser trabalhadas dentro e fora da sala de aula e o seu uso deve ser feito com alunos capacitados para que possam enfrentar os futuros desafios da sociedade, que sejam quais forem, requerem uma literacia digital e tecnológica.

António Pedro Costa. O José Luís abordou os principais pontos. Acrescento mais duas palavras: democratização e equidade. A minha preocupação relativamente à meta 4.4 dos ODS é o facto de estas tecnologias estarem concentradas em poucas empresas. Fazendo a analogia com

o surgimento da internet em que se discutiu muito o acesso universal da mesma forma, veio-se a demonstrar que isso foi uma ideia, mas que está longe de ser alcançada. O uso das ferramentas de IA, de forma universal, vai ser sempre comprometido com os três aspetos referidos pelo José (formação de professores, capacitação de alunos e currículos e políticas públicas). Assim, apesar de estas tecnologias serem acessíveis financeiramente, não me parece que a sua ampla utilização vá acontecer nos próximos anos, comparando com algo semelhante que aconteceu no passado como é o caso do surgimento da internet.

J. Bernardino Lopes. A pergunta seguinte, ainda relacionado com os ODS e também com a anterior é: em que medida a incorporação de artefactos com incorporação de IA no ensino e aprendizagem de Ciências, Matemática e Tecnologia pode contribuir para o objetivo 9 dos ODS (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação)?

António Pedro Costa. Acho que já abordamos estes pontos anteriormente. No entanto podemos aprofundar um pouco mais. Estou a ler e a investigar relacionado com o desenvolvimento de competências transversais e específicas e o meu ponto de partido foi o quadro europeu das competências para o investigador e de acordo com esta experiência a resposta à pergunta passa por criar diferentes *frameworks* de competências para que possam ser trabalhadas em diferentes níveis de ensino. Assim como desde há alguns anos se começou a trabalhar o pensamento computacional desde os primeiros anos, estas ferramentas de IA têm uma parte similar que é o pensamento algorítmico que é necessário desenvolver. Na prática quando se desenvolve estas competências desde a base elas acabam por se refletir no mundo industrial. Como conheço relativamente bem esta área da indústria penso que no que concerne a IA generativa temos uma situação diferente da dos últimos anos. A tecnologia surge e torna-se de ponta vinda de empresas e não das universidades. Tínhamos muita tecnologia e muitos booms tecnológicos que surgiam da investigação produzida nas universidades e a IA surge essencialmente de empresas. Este contexto muda a forma como o desenvolvimento destas competências pode ser feito. Não sei se para se atingir o ODS 9 não será necessário fazer algum ajuste curricular desde o primeiro ciclo até ao ensino superior. Além disso, também não sei se se terá de repensar a forma como se ensina e se aprende.

José Luís Araújo: Queria acrescentar um aspeto relevante, para além do que o António Pedro disse, para se atingir este ODS. No contexto do ensino, para se concretizar o ODS 9 precisamos de passar pelo ODS 4, ou seja, primeiro termos educação de qualidade para depois podermos formar pessoas mais capazes, mais competentes, com conhecimentos mais aprofundados nas áreas das Ciências, Matemática e Tecnologia. O ponto de partida tem de ser um ensino mais inclusivo e equitativo para depois termos os futuros profissionais capazes de serem responsáveis pela inovação, pelo desenvolvimento e pela investigação e que consigam dar resposta a este contínuo desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. Estou convencido que não teremos uma industrialização inclusiva e sustentável nem fomentaremos a inovação se não tivermos uma educação de qualidade na base. Se a IA já tem um impacto muito grande na indústria e na investigação, então faz sentido trabalhar com ela para promover uma educação de qualidade para no futuro termos pessoas qualificadas para as carreiras do futuro.

4.2 Podemos conceber a sala de aula sem a figura física do professor?

J. Bernardino Lopes. A última pergunta é sobre expectativas para o futuro. A questão inicial pode ser formulada de modo mais enfático: daqui a dez anos podemos conceber a sala de aula sem a figura física do professor?

António Pedro Costa. É uma pergunta com muita rasteira (risos). Por uma questão social não pode acontecer isso (risos). Eu acho que o professor vai continuar a ter um papel importante nem que seja apenas nesta vertente de mediador. Parece que estou a reduzir o papel do professor, mas não. A mediação do professor é bastante pertinente e importante. A escola vive muito da relação entre alunos e comunidades. Acredito que num prazo de 5 a 10 anos teremos assistentes educativos mais avançados com capacidade de personalizar o ensino tornando a escola mais inclusiva tendo respostas para, por exemplo diferentes tipos de autismo, ou de dislexia. Eu lembro que quando estava a iniciar o meu doutoramento em 2006/2007 eu estava a desenvolver um software para desenvolver uma ferramenta que tinha por base a teoria socioconstrutivista e em particular o modelo de Kolb¹. O modelo de Kolb tem 4 níveis (Svinicki & Dixon, 1987). O aluno respondia a 4 ou 5 perguntas e o modelo definia o tipo de ensino adequado para ele (por exemplo, certo aluno quer um tipo de ensino de resposta direta, mais behaviorista). O modelo ajustava o software ao tipo de ensino apropriado ao aluno. Eu achei bastante interessante esta ideia de ajustar o software ao tipo de ensino: se é um software com simuladores ou se é um software com perguntas e respostas diretas. Esta possibilidade de personalizar o ensino com as ferramentas de IA está mais que garantido. Esta personalização deve estar assente em testes que podem ser triangulados. A personalização do ensino garantirá uma maior autonomia aos alunos, dando suporte ao professor na correção de tarefas e na gestão dessas tarefas.

José Luís Araújo: Concordo com a ideia de a IA desempenhar o papel de assistente educativo individual. Espero seriamente que os professores continuem nas escolas. Mas olhando para a falta de professores em determinadas áreas espero que não se tomem medidas políticas para tentar usar as novas ferramentas para colmatar estas falhas. Não creio que vá acontecer até pela questão social que o António apontou.

Creio que as ferramentas de IA podem ser usadas como formas de avaliação formativa com feedback imediato quer para alunos quer para professores. Não sei se teremos esta modalidade implementada daqui a cinco anos. Poderá estar antes. Mas neste domínio as ferramentas de IA têm um potencial muito grande. Pois podem ajudar os alunos a ter consciência do seu desempenho e do seu conhecimento. Podem ajudar os professores a ajustarem em tempo real as estratégias de ensino às necessidades.

Focando a resposta no ensino de química, lembro que há ferramentas de IA que criam recursos multimédia. Para a química que é uma ciência tão abstrata os recursos multimédia, laboratórios virtuais, recursos com realidade virtual ou aumentada com qualidade e rigor científico seriam uma mais valia muito grande para a qualidade do ensino da química. Esta importância não é apenas devida aos custos inerentes aos equipamentos e materiais de laboratório, mas sobretudo devido à visualização que pode oferecer para a compreensão dos conceitos e processos químicos, trazendo a multirepresentação dos conceitos. Esta possibilidade não será uma realidade tão distante.

¹ <https://desafiosdaeducacao.com.br/modelo-de-kolb/>

Por outro lado, olhando para estes avanços recentes da IA, ninguém consegue prever com é que estaremos daqui a 10 anos. As possibilidades são quase infinitas.

Quando há dois anos surgiu o *ChatGPT* ninguém imaginava o ponto a que chegamos hoje e estamos a caminhar a um ritmo muito acelerado para coisas boas, espero.

J. Bernardino Lopes. Já passamos por todas as perguntas pensadas inicialmente. Mesmo tendo feito uma reflexão aprofundada sobre esta temática, gostaria de vos perguntar, se há algum aspeto que não focamos e que do vosso ponto de vista seja pertinente abordar.

4.3 Desafios do uso da IA na investigação e na educação

António Pedro Costa. Há um aspeto que me preocupa muito, embora ele esteja relacionado mais com a investigação nas ferramentas de IA do que na prática educativa. Dou comigo a pensar como é que as ferramentas de IA generativa impactam na qualidade da investigação e nas diferentes etapas de investigação pela capacidade que elas têm de gerar uma série de conteúdos, muitas vezes difícil de detetar mesmo com os detetores de IA. Sobretudo na área da investigação qualitativa surgem vários investigadores com doutoramento que me perguntam como podem analisar uma quantidade de dados com a IA. Quando lhes pergunto que técnica irão explorar verifico que partem do princípio que a ferramenta vai gerar as categorias, vais gerar os resultados e aquilo que a ferramenta der aceitam. Daí a minha insistência na questão das competências. Não falamos só do pensamento crítico, falamos também do pensamento analítico, pensamento sistémico. O uso de ferramentas de IA generativa na investigação preocupa-me bastante porque os jovens investigadores têm a ideia que se pode ter resultados rápidos e que é possível delegar a parte cognitiva nestas ferramentas. Este problema pode emergir também no processo de aprendizagem, mas na investigação é um problema grave. Atualmente estou a definir um projeto de investigação relacionado com a qualidade da investigação que é realizada para saber como era antes e como está a ser agora com a utilização de ferramentas de IA.

J. Bernardino Lopes. A questão que estás a levantar é igualmente importante na educação formal e não apenas na investigação. Os artefactos que incorporam IA que temos à nossa disposição ou as suas funcionalidades estão sempre a mudar. Por isso as competências para lidar com artefactos têm de ser de alto nível. Eu diria que há duas direções a considerar: uma é desenvolver competências de alto nível para lidar com ferramentas de IA e outra direção é desenvolver outro tipo de competências que não eram necessárias até ao momento. Os exemplos que o António deu resultada da reminiscência de um certo pensamento mágico de que as ferramentas de IA fará o que pretendemos dispensando-nos de pensar e de sermos como somos, humanos.

4.4 A formação ética e integridade são fundamentais

José Luís Araújo: Estes aspetos estão relacionados com as questões éticas que temos vindo a refletir aqui na universidade. É muito fácil termos inteligência artificial a trabalhar por nós e fazer com que determinado trabalho pareça nosso. É importante trabalharmos com alunos e professores a dimensão ética da autoria dos trabalhos senão caímos facilmente numa situação em que ninguém sabe nada, mas toda a gente faz tudo.

Antônio Pedro Costa. A formação ética e integridade são fundamentais e devem ser trabalhadas desde o pré escolar. Se formos pela definição mais antiga de competências temos as literacias, mas depois temos atitudes e valores. Senti este problema há pouco tempo numa conferência que apresentei em Espanha. Um investigador chinês apresentou um artigo sobre o uso da IA na análise de dados qualitativos apresentou algo que eu ando há um ano a tentar conseguir que é obter a confiabilidade nas codificações (*intercoder reliability*) maior ou igual do que 80%. Eu nunca consegui mais de 50% e alguém apresentou que tinha conseguido 92%. Eu perguntei como é que tinha obtido aquele resultado e do outro lado só ouvi silêncio. Ele não soube explicar uma coisa que acho muito complicado pelas dimensões que abordam o algoritmo e formam a parte conceptual da análise qualitativa. Em termos da investigação estes problemas são importantes e agravam-se pela facilidade em criar *datasets*. Nada me impede de criar uma turma de 20 alunos numa escola do interior e eu não tenho que mencionar a escola por uma questão de proteção de dados. Como posso criar personas, posso criar uma turma com 20 alunos diferentes, com características diferentes e fazer uma entrevista e coloca-los em diálogo entre eles e recolher esses dados. Em termos de investigação eu já começo a evitar escrever artigos sobre revisão sistemática de literatura (que têm por base artigos empíricos) porque eu começo a partir do pressuposto que há muitos artigos de revisão sistemática são com base em dados empíricos que não existem. Isto não é novo, mas com ferramentas de IA está mais facilitado. Estamos sempre a falar do comportamento do próprio investigador, do seu compromisso ético.

J. Bernardino Lopes. Esta conversa poderia continuar. Mesmo assim refletimos em vários aspetos relevantes, mas temos de a encerrar. Agradeço a todos a disponibilidade e colaboração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os editores agradecem a disponibilidade dos participantes neste debate, em participar os autores do artigo que serviu de pretexto para a reflexão e pelas interessantes contribuições para o mesmo.

A discussão sobre a integração da Inteligência Artificial, especificamente o *ChatGPT*, na educação, revelou um cenário complexo e promissor. Por um lado, a IA oferece um potencial imenso para personalizar a aprendizagem, otimizar recursos e promover a inovação nas práticas de ensino. A capacidade do *ChatGPT* em gerar protocolos laboratoriais personalizados e fornecer feedback instantâneo aos alunos é um exemplo claro dessas possibilidades. Por outro lado, a implementação da IA na educação enfrenta desafios significativos. A resistência dos professores à mudança, a necessidade de formação específica e a garantia de um uso ético e crítico da tecnologia são apenas alguns dos pontos cruciais a serem considerados. A dependência excessiva de ferramentas de IA pode levar à perda de habilidades essenciais, como o pensamento crítico e a resolução de problemas complexos.

É fundamental que a integração da IA na educação seja acompanhada de uma reflexão profunda sobre o papel do professor. O docente deve transitar de um papel de transmissor de conhecimento para um de facilitador e promotor da aprendizagem, utilizando a IA como ferramenta para personalizar o ensino e promover a autonomia dos alunos. A formação contínua dos professores é essencial para garantir que eles estejam preparados para aproveitar ao máximo as potencialidades da IA e mitigar os riscos associados.

Em suma, a IA representa uma oportunidade única para transformar a educação, mas é preciso agir com cautela, refletida e planeada em várias frentes. A colaboração entre investigadores, educadores e *policymakers* é fundamental para garantir que a IA seja utilizada de forma ética e eficaz, promovendo a equidade e a inclusão. A investigação contínua sobre o impacto da IA na aprendizagem e o desenvolvimento de *frameworks* para a sua implementação são cruciais para moldar o futuro da educação.

REFERÊNCIAS

- Araújo, J. L., & Saúde, I. (2024). Can *ChatGPT* Enhance Chemistry Laboratory Teaching? Using Prompt Engineering to Enable AI in Generating Laboratory Activities. *Journal of Chemical Education*, *101*(5), 1858-1864.
- Bryda, G., & Costa, A. P. (2023). Qualitative Research in Digital Era: Innovations, Methodologies and Collaborations. *Social Sciences*, *12*(10)(570), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/socsci12100570>
- Costa, A. P. (2024). I'll be back! O papel da IA no futuro da Investigação em Educação. (*H*)*À Educação - Diário de Aveiro*. <https://www.ua.pt/pt/noticias/13/86370>
- Costa, A. P., & Bryda, G. (2024). Enhancing Education Research: The Potential and Challenges of Incorporating AI into Qualitative Data Analysis. *14th International Conference on Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning*, in press.
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable operations and computers*, *3*, 275-285.
- Messeri, L., & Crockett, M. J. (2024). Artificial intelligence and illusions of understanding in scientific research. *Nature*, *627*(8002), 49–58. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07146-0>.
- Moresi, E. A. D., Pinho, I., Costa, A. P., Burneo, P. S., Machado, L. B., & Freitas, F. M. (2024). Bibliometric and Comparative Analysis of Generative Artificial Intelligence in Education Research. *19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, no prelo.
- Sá, P., Guerra, C., Costa, A. P., Loureiro, M. J., & Vieira, R. M. (2013). Courseware SeRe®- um recurso digital para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável. Da conceção do recurso à formação de professores. *Indagatio Didactica*, *5*(4), 96–120.
- Tammets, K., & Ley, T. (2023). Integrating AI tools in teacher professional learning: a conceptual model and illustrative case. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *6*, 1255089.
- UN. (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>

BREVES NOTAS BIOGRÁFICAS SOBRE OS CONVIDADOS:

José Luís Araújo – É licenciado em Química pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, onde também concluiu o Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e o Doutoramento em Ensino e Divulgação das Ciências. É Professor Auxiliar no Departamento de Educação e Psicologia da Universidade de Aveiro e membro do CIDTFF. É autor de vários artigos científicos e comunicações (inter)nacionais, nomeadamente sobre a exploração da Ciência Cidadã, da Educação STE(A)M, e, mais recentemente, da Inteligência Artificial (generativa) como ferramentas pedagógicas para a promoção da Educação em Física e em Química.

Isabel Saúde – É licenciada em Química e mestre em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Atualmente, encontra-se a concluir o Doutoramento em Ensino e Divulgação das Ciências na mesma instituição. Os seus interesses de investigação centram-se no desenvolvimento de recursos educativos para o ensino das ciências e na formação de professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Atualmente, a sua investigação foca-se, também, na integração de ferramentas de Inteligência Artificial nas práticas de ensino de Física e de Química.

António Pedro Costa – É um dos coautores e investigador do software de apoio à análise qualitativa webQDA (webqda.net), área em que tem publicados, em coautoria, diversos artigos em congressos nacionais e internacionais e revistas, bem como capítulos de livros. É o Coordenador do Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa (ciaiq.ludomedia.org) e da World Conference on Qualitative Research (wcqr.ludomedia.org). As suas áreas de interesse contemplam a Investigação Qualitativa e Métodos Mistos e Inteligência Artificial, especificamente, a Generativa aplicada às etapas de projetos de investigação. É investigador principal no Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF), do Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro.