

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA APOIAR A AUTORREGULAÇÃO DE APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO DE LITERATURA

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SUPPORT SELF-REGULATED LEARNING: A LITERATURE REVIEW

USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA APOYAR LA AUTORREGULACIÓN DEL APRENDIZAJE: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Adriano Ferreira¹ [0009-0009-8417-7455]

Daniela Pedrosa² [0000-0001-9536-4234]

¹Departamento de Educação e Psicologia da Universidade de Aveiro / Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF), Portugal, adrianoferreira@ua.pt

²Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (CIDTFF) / Politécnico de Santarém, Escola Superior de Educação de Santarém, Portugal, daniela.pedrosa@ese.ipsantarem.pt

Resumo

A utilização exponencial da Inteligência Artificial (IA) tem suscitado o interesse na comunidade académica em compreender o impacto na sociedade e na educação. A autorregulação da aprendizagem (ARA) é essencial para a adoção de estratégias de aprendizagem pelo estudante, como o planeamento, gestão de tempo e reflexão.

Abordagens pedagógicas que fomentam a ARA apoiam o sucesso académico. A IA pode apoiar a adoção de estratégias de ARA, visível pelo surgimento de tecnologias que acompanham o processo de aprendizagem. Assim, importa compreender a intencionalidade educativa das aplicações relacionadas à IA.

Procedeu-se a uma revisão de literatura dos últimos 5 anos, nas bases Scopus, WoS e ERIC, com os objetivos de 1) identificar quais são tecnologias de IA, e 2) de que forma são integradas nas abordagens pedagógicas para apoiar a ARA. Dos 67 artigos iniciais, após a eliminação de duplicados e sem acesso, foram selecionados os artigos com base em critérios de inclusão/exclusão. Os artigos foram escolhidos por estarem centrados no uso da IA em ambientes educativos e no suporte à ARA, resultando num corpus final de 14 artigos.

Identificamos 9 modelos baseados ou integrados com IA, nomeadamente: Chatbot, Mobile-Assisted Language Learning (MALL), AI Application storyboards, Learning Management System (LMS), Hybrid Human-AI Regulation (HHAIR), Explainable Artificial Intelligence (XAI), Learning Analytics (LA), Reflective Thinking Promotion Mechanism-based AI supported English writing (RTP-AIEW) e AI-enabled Visualization reports.

As abordagens pedagógicas com recurso à IA focaram-se no acompanhamento, na recolha de dados, no feedback, no apoio personalizado para superação de dificuldades/dúvidas.

O uso de Chatbot é das mais evidenciada para auxiliar a ARA, face à sua praticidade, à acessibilidade e à sua transversalidade nas várias áreas curriculares. O ChatGPT foi a aplicação mais predominante nos trabalhos analisados. Abordagens pedagógicas que recorram a IA revelam ser inovadoras e promovem a ARA.

Palavras-chave: inteligência artificial, autorregulação da aprendizagem, feedback.

Abstract

The exponential use of Artificial Intelligence (AI) has sparked interest within the academic community in understanding its impact on society and education. Self-regulated learning (SRL) is essential for students to adopt learning strategies, such as planning, time management, and reflection.

Pedagogical approaches that foster SRL support academic success. AI can facilitate the adoption of SRL strategies, as evidenced by the emergence of technologies that track the learning process. Therefore, it is important to understand the educational intentionality of AI-related applications.

A literature review of the last five years was conducted in the Scopus, WoS, and ERIC databases with the objectives of 1) identifying which AI technologies are in use and 2) how they are integrated into pedagogical approaches to support SRL. Of the initial 67 articles, after eliminating duplicates and those without access, articles were selected based on inclusion/exclusion criteria. The chosen articles focused on the use of AI in educational settings and support for SRL, resulting in a final corpus of 14 articles.

We identified 9 models based on or integrated with AI, namely: Chatbot, Mobile-Assisted Language Learning (MALL), AI Application Storyboards, Learning Management System (LMS), Hybrid Human-AI Regulation (HHAIR), Explainable Artificial Intelligence (XAI), Learning Analytics (LA), Reflective Thinking Promotion Mechanism-based AI supported English writing (RTP-AIEW), and AI-enabled Visualization Reports.

Pedagogical approaches using AI focused on monitoring, data collection, feedback, and personalized support to overcome difficulties/questions.

The use of Chatbots is the most highlighted for aiding SRL due to their practicality, accessibility, and versatility across various curricular areas. ChatGPT was the most predominant application in the analysed works. Pedagogical approaches that employ AI prove to be innovative and promote SRL.

Keywords: artificial intelligence, self-regulated learning, feedback.

Resumen

El uso exponencial de la Inteligencia Artificial (IA) ha suscitado interés en la comunidad académica para comprender su impacto en la sociedad y en la educación. La autorregulación del aprendizaje (ARA) es esencial para que los estudiantes adopten estrategias de aprendizaje, como la planificación, la gestión del tiempo y la reflexión.

Los enfoques pedagógicos que fomentan la ARA apoyan el éxito académico. La IA puede facilitar la adopción de estrategias de ARA, como lo demuestra la aparición de tecnologías que siguen el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, es importante entender la intencionalidad educativa de las aplicaciones relacionadas con la IA.

Se llevó a cabo una revisión de la literatura de los últimos 5 años en las bases de datos Scopus, WoS y ERIC con los objetivos de 1) identificar cuáles son las tecnologías de IA y 2) de qué manera se integran en los enfoques pedagógicos para apoyar la ARA. De los 67 artículos iniciales, tras eliminar duplicados y aquellos sin acceso, se seleccionaron los artículos basándose en criterios de inclusión/exclusión. Los artículos elegidos se centraron en el uso de la IA en entornos educativos y en el apoyo a la ARA, resultando en un corpus final de 14 artículos.

Identificamos 9 modelos basados o integrados con IA, a saber: Chatbot, Mobile-Assisted Language Learning (MALL), Storyboards de aplicaciones de IA, Sistema de Gestión del Aprendizaje (LMS), Regulación Híbrida Humano-IA (HHAIR), Inteligencia Artificial Explicable (XAI), Análisis del Aprendizaje (LA), Mecanismo de Promoción del Pensamiento Reflexivo basado en la IA para la escritura en inglés (RTP-AIEW) e Informes de Visualización habilitados por IA.

Los enfoques pedagógicos que utilizan IA se centraron en el seguimiento, la recogida de datos, la retroalimentación y el apoyo personalizado para superar dificultades/dudas.

El uso de Chatbots es el más destacado para ayudar a la ARA debido a su practicidad, accesibilidad y versatilidad en diversas áreas curriculares. ChatGpt fue la aplicación más predominante en los trabajos analizados. Los enfoques pedagógicos que utilizan IA resultan ser innovadores y promueven la ARA.

Palabras-clave: inteligencia artificial, autorregulación del aprendizaje, feedback.

INTRODUÇÃO

Compreender o impacto da Inteligência Artificial (IA) nos processos de autorregulação de aprendizagem (ARA) de um sujeito, em contextos formais ou informais, é essencial pois a IA poderá alavancar inúmeros benefícios nos contextos escolares e acadêmicos, em particular na capacidade de regulação de aprendizagem dos estudantes.

Contudo, que tipo de tecnologias de IA e como é que tem sido integrada nas abordagens pedagógicas de forma a apoiar a ARA? Estas são as questões de investigação que norteiam este artigo. Procedeu-se a uma revisão de literatura focada no uso da IA em contexto educativo para apoiar a autorregulação de aprendizagem. De um corpus final 14 artigos finais foram identificados 9 modelos de aplicações com base em IA com o intuito de promover e/ou desenvolver a autorregulação nos contextos escolares e acadêmicos.

1 AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A autorregulação da aprendizagem (ARA) tem sido considerada com um elemento-chave no sucesso escolar/académico. A ARA pode se definir como "is the control that students have over their cognition, behaviour, emotions and motivation through the use of personal strategies to achieve the goals they have established." (Panadero & Alonso-Tapia, 2014, p. 450).

Como explica Zimmerman (2000), a ARA envolve pensamentos, sentimentos e comportamentos para atingir metas delineadas e é influenciada por fatores que determinam o seu sucesso. Fatores que estão extrinsecamente ligados com o contexto em que o indivíduo se insere, mas também pessoais, comportamentais, cognitivas, o ambiente de estudo, o apoio dos colegas e entre outros são condições que podem influenciar a proficiência do estudante em se autorregular (Zimmerman, 2013; Panadero, 2017; Pedrosa, 2022).

A ARA consiste num processo interativo que envolve a monitorização e reflexão sobre o processo de aprendizagem, que requer que os estudantes compreendam o seu próprio pensamento (metacognição), estejam envolvidos ativamente na sua aprendizagem, e que apliquem estratégias de aprendizagens cognitivas, metacognitivas, comportamentais e motivacionais.

No modelo das fases cíclicas de Zimmerman (2002), a ARA assenta em três fases interligadas direta ou indiretamente. Estas fases denominam-se a fase de planeamento, ação e reflexão. Na fase de planeamento os alunos implementam metas que tencionam alcançar e organizam-se de forma as conseguir atingir. Já a fase de execução consiste na realização da tarefa e implementam estratégias para a realização desta. Por fim, a fase de reflexão, que consiste no processo de autoavaliação do seu desempenho e os resultados alcançados e com base nesta reflexão os alunos deverão ou não ajustar as suas estratégias para uma próxima tarefa. Deste modo, os fatores ambientais, pessoais e comportamentais repercutem positivamente ou negativamente no modelo apresentado.

Tabela 1

Tabela baseada no modelo de Zimmerman (2002): fases da autorregulação da aprendizagem e as suas características

Fase de Planeamento	Fase de Execução	Fase de Reflexão
Análise da tarefa	Estratégias utilizadas	Reação ao resultado da tarefa
Definição de metas	Estrutura do ambiente	Autoavaliação da tarefa
Planeamento estratégico	Procura de ajuda	
Expectativa de resultados	Gestão de tempo	
Interesse na tarefa	Motivação	
Orientação das metas	Monitoramento	

2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO

A IA é entendida como sistemas baseados em máquinas que podem realizar tarefas que, por norma, exigem inteligência humana. Utiliza algoritmos e modelos matemáticos para processar um grande volume de dados e aprender com eles. São sistemas que permitem a interação com o ser humano e, de acordo com um conjunto de objetivos definidos por ele, realizam tarefas como tomadas de decisões e reconhecimento de padrões, influenciando ambientes reais ou virtuais (Unicef, 2021; Molenaar et al., 2023). A IA consegue intervir e auxiliar o ser humano em vários e altos níveis, podendo instigar o surgimento de uma quarta revolução industrial que terá efeitos diretos na área da educação (Zhai et al., 2021).

Na educação, a IA pode ser utilizada para a formação de um ambiente de aprendizagem inteligente que terá utilidade na realização das tarefas de aprendizagens e ensino, tais como: o fornecimento de feedback, o estimular o desenvolvimento do raciocínio, o ensino personalizado, a identificação e análise das aprendizagens personalizadas dos estudantes (Zhai et al., 2021). Ajuda o professor no planejamento, implementação e na avaliação (Celik, et al., 2022). Apoiar a prever o desempenho da aprendizagem, fornecer orientações e recursos, automatizar avaliações, por via de chatbots, sistemas de agentes inteligentes (Celik, et al., 2022, Zheng et al., 2023).

A interação computador-humano baseada na IA pode ser eficiente para melhorar a criatividade, responsabilidade e o pensamento crítico tendo impacto na aprendizagem dos estudantes. A IA pode assumir como sistema de tutoria inteligente, desenvolver ambientes de aprendizagem imersiva, gamificação e de aprendizagem significativa (Zhai et al., 2021).

Zhai et al. (2021) destaca o papel IA no ensino, contudo apontam para a necessidade de ultrapassar três deficiências na sua concepção: 1) Técnicas: defeito na sua implementação em larga escala, custos envolvidos, e o design geral, não conseguindo atender a uma área, atividades de aprendizagem ou objetivos de ensino específicos, pondo em causa a experiência de ensino personalizado; 2) Papel do professor e dos estudantes: em que os professores assumem um papel essencial na eficiência da implementação da IA, quer pela resistência ou excesso de confiança no seu uso. O que implica que a dependência do uso da IA pelos estudantes, podendo desviar do processo necessário de construção de aprendizagem, sendo necessário acautelar uma relação moderada IA-estudante; 3) Éticas: os desafios inerentes à proteção dos dados dos estudantes que podem ser partilhados, expostos ou usados inadequadamente.

Os professores necessitam de compreender como usar a potencialidade da IA para o sucesso académico dos estudantes e com auxílio da área de engenharia fomentar o desenvolvimento de aplicações que combatam as falhas técnicas e pedagógicas (Zhai et al., 2021).

Chiu (2024) identificou a importância da IA na autorregulação da aprendizagem (ARA) por meio do ChatGPT, uma aplicação de chatbot baseada em IA, que oferece uma metodologia centrada no estudante, personalizável, com potencial para estimular a ARA ao apoiar os estudantes em cada uma das três fases do modelo das fases cíclicas de Zimmerman. Na fase de planejamento, poderá motivar os estudantes. Na fase de execução, poderão se auxiliar do Chatgpt para receber novas ideias e percepções sobre a sua tarefa. Na fase de reflexão, conseguirão obter um comentário sobre o que aprenderam e como poderão melhorar a sua aprendizagem (ibid.).

A integração de tecnologias de IA em atividades pedagógicas tem beneficiado a ARA dos estudantes: como na melhoria de adoção de estratégias, seja na redução da ansiedade (Hsu, Chang & Jen, 2023). Técnicas de IA integradas em estudos sobre ARA permitem ampliar as possibilidades de análise temporal e sequencial dos processos ARA, nomeadamente em aprimorar a medição ARA que permite apoiar os alunos na regulação eficaz de sua própria aprendizagem, bem como na análise e intervenção educacional (Molenaar et al., 2023).

Há a necessidade de investigações sobre o impacto da IA nos estudantes a nível meta-analítico (Zhai et al., 2021), avaliar os seus efeitos nos comportamentos de aprendizagem e nas competências de ordem de pensamento de ordem superior (Zheng et al., 2023), compreender como o design instrucional pode ser eficaz nos diferentes contextos educativos (Hsu, Chang & Jen, 2023), e saber como os professores usam a IA (Celik, et al., 2022).

3 METODOLOGIA

Adotou-se uma revisão de literatura com o foco na autorregulação da aprendizagem e a Inteligência Artificial. Procedeu-se a uma revisão de literatura dos últimos 5 anos, com a expressão booleana utilizada: ("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Self-Regulated Learning" OR "Self-regulation of Learning" OR "SRL") nas bases Scopus,

WoS e ERIC, com os objetivos de identificar quais são tecnologias de IA, e de que forma são integradas nas abordagens pedagógicas para apoiar a ARA.

Dos 67 artigos iniciais, após a eliminação de duplicados e sem acesso, foram selecionados os artigos com base em critérios de inclusão/exclusão. Os critérios de inclusão dos artigos foram: 1) uso da IA em ambientes educativos; e 2) no suporte à ARA. O corpus final desta revisão resultou em 14 artigos (Tabela 2).

Tabela 2

Corpus final

ID	Título	Autores	Ano
ID1	The concept of hybrid human-AI regulation: Exemplifying how to support young learners' self-regulated learning	Inge Molenaar	2022
ID2	The mediating effects of needs satisfaction on the relationships between prior knowledge and self-regulated learning through artificial intelligence chatbot	Q. Xia	2023
ID3	The moderating effects of gender and need satisfaction on self-regulated learning through Artificial Intelligence (AI)	Q. Xia	2023
ID4	Supporting students' self-regulated learning in online learning using artificial intelligence applications	S.H. Jin	2023
ID5	Educational Design Principles of Using AI Chatbot That Supports Self-Regulated Learning in Education: Goal Setting, Feedback, and Personalization	D.H. Chang	2023
ID6	Enhancing self-regulated learning with artificial intelligence-powered learning analytics	S.N. Yildirim-Erbasli	2023
ID7	A pedagogical design for self-regulated learning in academic writing using text-based generative artificial intelligence tools: 6-P pedagogy of plan, prompt, preview, produce, peer-review, portfolio-tracking	S.C. Kong	2024
ID8	Design and implementation of an AI-enabled visual report tool as formative assessment to promote learning achievement and self-regulated learning: An experimental study	X. Liao	2024
ID9	Artificial intelligence in language instruction: impact on English learning achievement, L2 motivation, and self-regulated learning	L. Wei	2023
ID10	Incorporating a Reflective Thinking Promoting Mechanism into Artificial Intelligence-Supported English Writing Environments	Chenchen Liu; Jierui Hou; Yun-Fang Tu; Youmei Wang; Gwo-Jen Hwang	2023
ID11	On the Development of Blockchain-Based Learning Management System as a Metacognitive Tool to Support Self-Regulation Learning in Online Higher Education	Saadati, Zohreh; Zeki, Canan Perkan; Barenji, Reza Vatankhah	2023
ID12	Affective Support for Self-Regulation in Mobile-Assisted Language Learning	Viberg, Olga; Kukulaska-Hulme, Agnes; Peeters, Ward	2023
ID13	Connecting Concepts Helps Put Main Ideas Together": Cognitive Load and Usability in Learning Biology with an AI-Enriched Textbook	Koc-Januchta, Marta M.; Schönborn, Konrad J.; Roehrig, Casey; Chaudhri,	2022

		Vinay K.; Tibell, Lena A. E.; Heller, H. Craig
ID14	Using Machine Learning Explainability Methods to Personalize Interventions for Students	Hur, Paul; Lee, HaeJin; Bhat, Suma; Bosch, Nigel 2022

Procedeu-se a extração de excertos dos artigos nas seguintes dimensões: 1) Contexto de ensino (nível de ensino); 2) tipo de tecnologia IA; 3) Uso pedagógico da IA. Seguindo-se análise de conteúdo dos dados extraídos, que foram sistematizados em categorias a posterior validadas pelos dois investigadores (autores do artigo).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Dos artigos analisados constata-se que 7 foram desenvolvidos em contexto universitário, 4 foram desenvolvidos no âmbito de Educação Básica, mais concretamente 3 no 9º ano e 1 em crianças dos 10 aos 14 anos, foram identificados 3 artigos (N/A) referentes a estudos que não foram desenvolvidos a nível empírico (Tabela 3).

Tabela 3

Contextos dos artigos estudados

Contextos	Menções	ID
Universidade	7	ID4; ID7; ID9; ID10; ID11; ID13; ID14
Educação Básica	4	ID1; ID2; ID3; ID8
N/A	3	ID5; ID6; ID12

Identificou-se nove tecnologias de IA utilizada em contextos educativos (Tabela 4), nomeadamente: Chatbot, Mobile-Assisted Language Learning (MALL), AI Application storyboards, Learning Management System (LMS), Hybrid Human-AI Regulation (HHAIR), Explainable Artificial Intelligence (XAI), Learning Analytics (LA), Reflective Thinking Promotion Mechanism-based AI supported English writing (RTP-AIEW) e AI-enabled Visualization reports.

Tabela 4

Aplicações IA analisadas nos artigos

Aplicações IA	Menções	ID
Chatbot	5	ID2; ID3; ID5; ID7; ID13
Mobile-Assisted Language Learning (MALL)	2	ID9; ID12
Hybrid Human-AI Regulation (HHAIR)	1	ID1
AI application storyboards	1	ID4
Explainable Artificial Intelligence (XAI)	1	ID14
Learning Analytics (LA)	1	ID6
Reflective Thinking Promotion Mechanism-based AI-Supported English Writing (RTP-AIEW)	1	ID10

Blockchain-enabled Learning Management System (LMS)	1	ID11
AI-Enabled visualization reports	1	ID8

A análise dos artigos verificou um conjunto abrangente de aplicações/metodologias pedagógicas com base em IA e de apoio ARA. Para isso, categorizamos estas aplicações consoante a sua abordagem pedagógica: 1) Os sistemas de apoio educativo têm o objetivo de apoiar o aluno a desenvolver, através de exercícios as suas aprendizagens e que conta com sistemas de apoio personalizado; 2) Os sistemas de feedback, que o principal intuito é fornecer, ao aluno ou grupo, informações sobre o seu desempenho com o objetivo de melhorar e orientar futuras ações e resultados. Por fim, procedemos a uma análise de forma a posicionar as aplicações com o modelo de autorregulação de aprendizagem de Zimmerman.

4.1 Sistemas de apoio educativo

Os sistemas de apoio educativo incluem as aplicações como: o chatbot, Mobile-Assisted Language Learning (MALL), Hybrid Human-AI Regulation (HHAIR), AI Application storyboards e Learning Management System (LMS).

O chatbot foi implementado em diversas áreas de estudo. Na área do inglês (ID2), destacaram que os alunos com mais aproveitamento são os que já tinham desenvolvido várias competências no domínio da língua inglesa e que haveria uma maior dificuldade para os alunos iniciantes. Além disso, destacaram que a necessidade do aluno em atingir um maior grau de autonomia e de desenvolvimento de competências era uma previsão para um balanço positivo na área de estudo. Estes evidenciaram uma importância crescente de implementar a IA nas escolas, mas ainda é preciso perceber como as aplicar eficazmente.

Um dos estudos evidenciou que o conhecimento em IA está diretamente relacionado com a eficácia da autorregulação com o chatbot e que esta relação é mais forte nas raparigas (ID3). O género moderou a relação entre a necessidade de competência, autorregulação e relacionamento. Por fim, destacaram uma grande eficiência no uso da IA para desenvolver a autorregulação e que é uma tecnologia adaptativa, consoante as capacidades dos alunos.

Na área de Biologia (ID13) foi desenvolvido um livro digital com funcionalidades tradicionais, como sublinhar e tomar notas, e integrado com um chatbot com 5000 conceitos que permite formular questões. Além disso, era possível clicar em termos específicos para descobrir seus significados. No entanto, os alunos observaram que, para funcionar corretamente, era necessário formular perguntas completas, o que tornava o processo mais moroso. A implementação de IA em contextos escolares tem potencial, e os manuais escolares digitais podem beneficiar desta tecnologia. Os resultados indicaram alta portabilidade e acessibilidade da tecnologia, uma boa correlação entre ARA e uso do livro, e um menor esforço mental para completar tarefas, devido à eficiência do algoritmo em comparação com manuais convencionais.

Noutro estudo (ID7) evidência a importância do chatbot no desenvolvimento da ARA nas diversas áreas curriculares, nomeadamente no auxílio no planeamento, na definição de metas e no feedback. Também ser personalizável para cada aluno e ser uma interface interativa. Contudo, a sua utilização necessita de enquadrar nos propósitos educativos e ajudar a mitigar as falhas dos alunos e não criar mais adversidades. Assim, os chatbots compreendem uma margem de melhoria, que quando atingida tornará estes em ferramentas indispensáveis na educação.

O chatbot pode ser utilizado em vários contextos, em várias áreas curriculares que pode fomentar como ferramenta pedagógica, acessível, gratuita, interativa e, principalmente, difusão pela sociedade civil. Estes fatores replicam a razão desta ser a tecnologia mais mencionada nos contextos de Educação Básica e Universitário. Contudo, todos deram um intuito diferente à sua aplicação. Na área do inglês (ID2, ID3) foi perceptível que o principal objetivo era desenvolver os processos autorregulatórios, diretamente, com este, mas na área da escrita foi possível compreender que o objetivo é desenvolver a escrita, aquando de uma reflexão como a IA consegue auxiliar a escrita e como esta ajuda enquadra-se nos processos de autorregulação e os ajuda a desenvolver, indiretamente.

O Mobile-Assisted Language Learning que é uma metodologia desenvolvida em ambientes formais e informais com recurso a um dispositivo móvel. No ID15 foi identificada a aplicação Duolingo, como uma ferramenta para desenvolver uma língua estrangeira e que é uma aplicação que dá a possibilidade de ser desenvolvida dentro e fora da sala de aula, que tem um carácter autodidata e/ou colaborativo. Apesar dos estudantes poderem aprender sem o auxílio de um professor, este deve incentivar os alunos a partilharem as suas ideias, experiências e reflexões. Esta aplicação não

tem o principal intuito de desenvolver a ARA, mas estão presentes os seus processos como o desenvolvimento de uma aprendizagem imersiva, cativante, interativa e personalizada que dá feedback ao aluno, focada nas necessidades dos estudantes ao motivá-los a usar esta aplicação fora dos contextos educativos. A criação desta aplicação centrada no estudante e personalizada revelou melhores resultados que o grupo de aulas tradicionais.

O Hybrid Human-AI Regulation é apresentada no ID1 como uma ferramenta que transfere entre a IA e o ser humano a capacidade de decisão. A comunicação é feita por Dashboards e têm como objetivo melhorar as competências de autorregulação do aluno. Com recurso às Adaptive Learning Technologies (ALT's) será possível adaptar o processo de aprendizagem, através dos dados recolhidos para o aluno, tendo em vista a performance deste. O sistema híbrido de regulação visa tornar os alunos independentes das ALT's, gradualmente transferindo a regulação com IA para a autorregulação do aluno, desenvolvendo suas competências nesse sentido.

A AI Application storyboards (ID4) é um método que apresenta várias aplicações de IA, na qual os participantes avaliam as que têm mais impacto na sua autorregulação. Deste modo, conseguem experimentar várias aplicações, que lhes dará uma visão clara das mais eficientes para si. Por meio de storyboards conseguem analisar várias aplicações e reconhecer as mais interativas para si. Os alunos podem identificar aplicações que se enquadram mais com as suas necessidades.

O Learning Management System (ID11), como por exemplo o moodle, permite gerir, disponibilizar recursos digitais e outras ferramentas. Contudo, estas plataformas concentram em um elemento essencial que é o monitoramento, orientar e criar um organismo de comunicação da turma e professores. O exemplo de LMS apresentado é baseado em blockchain e pretende suportar as três fases da ARA (planeamento, ação e reflexão), com objetivo de melhorar a colaboração dos estudantes e os seus processos de ARA. Permite combater algumas das questões éticas abordadas, ao fornecer uma maior proteção e privacidade dos dados dos alunos e professores. Os resultados do protótipo demonstraram que os participantes conseguiram desenvolver melhor a sua autorregulação, através do estabelecimento de metas, autorreflexão e autoconsciência. Além disso, os alunos registaram que houve uma maior promoção da gestão de tempo, discussões e utilização de recursos.

4.2 Sistemas de feedback

Os sistemas de feedback mencionados foram o Explainable Artificial Intelligence (XAI), Learning Analytics (LA), ReflectiveThinking Promotion Mechanism-based AI supported English writing (RTP-AIEW) e AI-enabled Visualization reports.

A Explainable Artificial Intelligence é um modelo apresentado nos artigos analisados (ID14). Foi apresentado Shapley Additive exPlanations (SHAP), que distinguem a contribuição de cada estudante numa tarefa. A aplicação é fundamental na identificação de fatores que impactam o resultado da tarefa, como tempo de estudo, hábitos de estudo e a compreender quais são as melhores metodologias e suportes para a aprendizagem de um estudante. O SHAP consegue prever o sucesso do estudante, identificar intervenções necessárias e, com isto, dar feedback para melhorar o seu processo de aprendizagem. O estudo desenvolvido pretendia desenvolver uma abordagem pedagógica com recurso ao XAI, que desse feedback sugestões e revisões aos alunos sobre o seu desempenho. Contudo, não se verificou diferenças entre esta abordagem e um sistema especializado de autorregulação e os resultados em alguns parâmetros confirmaram-se inconclusivos.

O Learning Analytics é um sistema que recolhe, analisa, reporta e interpreta os dados recolhidos. Esta é uma ferramenta interdisciplinar, que pretende tornar a aprendizagem mais eficiente dos estudantes ao compreender os seus hábitos e dos contextos de aprendizagem. Permite fornecer feedback aos alunos e localizar a necessidade de intervenção. No artigo ID6 comprovou a importância da LA como mediador para obter feedback, promove um ensino personalizado e interativo, e prever os resultados de um aluno. Além disso, afirma-se como uma ferramenta para desenvolver a ARA.

O ReflectiveThinking Promotion Mechanism-based AI supported English writing integra IA e se baseia no ensino da língua inglesa, investindo no desenvolvimento de competências escritas. O RTP-AIEW fornece feedback aos alunos quando estes submetem os seus textos. No estudo ID10 foi perceptível a diferença entre o grupo que utilizou esta metodologia e o grupo que usou métodos tradicionais. O grupo com RTP-AIEW mostraram melhorias na escrita, mais aprendizagem autorregulada e redução da carga cognitiva.

O AI-enabled Visualization reports é uma aplicação que facilita a compreensão dos dados recolhidos pela IA. Os algoritmos de IA analisam os dados e apresentam os dados de forma personalizável com as preferências e interesses do sujeito. Em ID8, foi distribuído em quatro níveis de feedback. O primeiro nível focado em feedback baseado nas

tarefas que os alunos completaram e faz uma comparação com os seus colegas, mostra o que cada aluno sabe e estipula diferentes objetivos de aprendizagem, contextualizando nestas etapas o seu progresso. No segundo nível, dá um feedback sobre como os alunos completaram as suas tarefas, ou seja, considera a sua realização de tarefas e implementa um sistema que considera o dominam e o que podem melhorar. No terceiro nível, os alunos são incentivados a refletir sobre as suas dificuldades pontuando em quatro dimensões (não sei, não entendo, não faço e outros) e que é apresentado num gráfico radar. Por fim, o quarto nível apresenta o desempenho pessoal do aluno e o resumo da sua avaliação na tarefa. O estudo analisado apresentou que o desempenho de aprendizagem do grupo melhorou e afetou positivamente a sua autorregulação, apesar disso, aumentou a sua ansiedade em momentos de avaliação que advém de uma maior preocupação com as notas.

4.3 Posicionamento das aplicações de acordo com o modelo de Zimmerman

As aplicações podem ter um papel central na integração da IA na ARA. Na tabela 5 posiciona o papel das aplicações e a sua relação com o modelo de Zimmerman. Contudo, existem aplicações que não foram incluídas nesta tabela, como a AI Application storyboards, LMS e HHAIR. Apesar disso, não deixam de centrar-se com as investigações com este modelo e a teoria da Autorregulação apresentada por Zimmerman. A AI Application storyboards, por exemplo, é fundamental para os alunos identificarem a IA, que ajustasse mais às suas necessidades e leva o aluno de aplicações de IA que existem. Deste modo, encontrando uma IA que é personalizável a si, que suscita o seu interesse na tarefa e culmine numa estratégia mais adaptada a si. A LMS é uma ferramenta de apoio aos estudantes que consegue gerir, disponibilizar recursos digitais e outras ferramentas. As questões éticas de recolha de dados e proteção destes, que poderá ser repensada para ser implementada noutras IA. A HHAIR tem uma função importante de transferir a decisão entre o ser humano e a IA estipulando uma aplicação mais personalizável ao estudante e as perspetivas humana implementadas auxiliam a humanizar o processo analítico da IA, que em aspetos como o feedback e progresso do aluno é crucial.

Tabela 5

Posicionamento de cada IA nas três fases do modelo de Zimmerman

Inteligência Artificial	Fase de planeamento	Fase de execução	Fase de Reflexão
Chatbot	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de objetivos; -Planeamento; - Fornecimento de informações e orientações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Auxílio na execução de tarefas; - Feedback na execução. 	<ul style="list-style-type: none"> - Feedback do trabalho final;
MALL	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade de acesso; - Aprendizagem em qualquer espaço e contexto; - Exercícios personalizados. 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> - Feedback da sua prestação nos exercícios; - Relatórios de progresso
XAI	<ul style="list-style-type: none"> - Previsão do sucesso do estudante; - Identificação de fatores que impactam o seu resultado na tarefa (tempo e hábitos de estudo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica a melhor metodologia e suporte para a sua aprendizagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar intervenções necessárias.
LA	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de dados que ajuda a definir metas; - Planeamento de estratégias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fornece estratégias para ajustar a execução da tarefa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Feedback; - Localiza necessidade de intervenção.
RTP-AIEW	N/A	<ul style="list-style-type: none"> - Suporta o processo da escrita com feedback e sugestões em tempo real. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sugere melhorias.

AI-enabled Visualization reports	- Estipula diferentes objetivos para cada aluno; - Cria várias etapas de progresso.	N/A	- Feedback contínuo; - Identifica áreas de melhoria; - Incentiva os alunos a refletirem sobre o seu progresso.
----------------------------------	--	-----	--

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Inteligência Artificial tem tido um crescimento exponencial, e cada vez observasse uma maior necessidade de implementar nos contextos educativos de forma eficaz e ético. Com este estudo, verificamos um conjunto de aplicações com recurso a IA que permitem auxiliar a ARA dos estudantes. As diversas aplicações de IA demonstraram um importante passo na melhoria da ARA dos alunos, pela adaptação contínua às suas necessidades e melhoria das suas competências. Assim, a IA demonstra incorporar metodologias pedagógicas imersivas e interativas em contextos formais e informais, e permite identificar as competências que o aluno necessita de melhorar e quais já domina.

Num posicionamento com o modelo triádico de Zimmerman, estas tecnologias demonstraram serem promissoras na personalização da educação, adaptando-se às necessidades dos estudantes, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e autorregulada, auxiliando na execução de tarefas e dando um necessário feedback e relatórios de progresso. A IA foi-nos apresentada como um sistema de feedback para os alunos. Contudo, surgiram algumas questões éticas dos dados recolhidos, que aplicações à base de uma blockchain revelaram ser essenciais na proteção destes dados. Além disso, haverá uma necessidade de uma design de cursos de formação de professores que incentivem o uso destas metodologias eficazmente, mas também na construção de um aluno com competências na área da literacia para a IA. Competência importante para o aluno compreender a informação disponibilizada nas aplicações de IA e que, por vezes, podem ser falaciosas.

Recomenda-se uma maior exploração do impacto da IA na ARA, em particular, na forma como o design instrucional integra a IA como meio para apoiar a ARA. Sugere-se uma revisão de literatura que incorpore na expressão booleana outras palavras-chaves, de forma a cobrir um maior leque de estudos, como por exemplo termos associados a estratégias de ARA.

AGRADECIMENTOS

Financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos UIDB/00194/2020 (orçamento base CIDTFF), UIDP/00194/2020 (orçamento programático CIDTFF) e da bolsa de iniciação à investigação (BII) com a referência BII/UI57/11329/2024.

REFERÊNCIAS

Boulay, B. du. (2023). Inteligência artificial na educação e ética. *RE@d – Revista de Educação a Distância e eLearning*, 6(1). <https://doi.org/10.2182-4967>

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*, 66(4), 616–630. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>

Chiu, T. K. F. (2024). A classification tool to foster self-regulated learning with generative artificial intelligence by applying self-determination theory: A case of ChatGPT. *Education Tech Research Dev.* <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10366-w>

Hsu, T. C., Chang, C., & Jen, T. H. (2023). Artificial Intelligence image recognition using self-regulation learning strategies: effects on vocabulary acquisition, learning anxiety, and learning behaviours of English language learners. *Interactive Learning Environments*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2165508>

- Molenaar, I., de Mooij, S., Azevedo, R., Bannert, M., Järvelä, S., & Gašević, D. (2023). Measuring self-regulated learning and the role of AI: Five years of research using multimodal multichannel data. *Computers in Human Behavior*, 139, 107540. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107540>
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Panadero, E., & Alonso-Tapia, J. (2014). How do students self-regulate? Review of Zimmerman's cyclical model of self-regulated learning. *Anales de Psicología*, 30(2), 450–462.
- Pedrosa, D. (2022). 2.2 Autorregulação e corregulação da aprendizagem. In Pedrosa, L. Morgado, J. Cravino (org.), *e-SimProgramming: planificar, conceber e acompanhar atividades didáticas online de engenharia de software*. Lisboa: Universidade Aberta, 2022. (eUAb. Universitária; 32). ISBN 978-972-674. <https://doi.org/10.34627/uab.cu.32>
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (1997). Social origins of self-regulatory competence. *Educational Psychologist*, 32(4), 195–208. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3204_1
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A review of artificial intelligence (AI) in education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021, Article 8812542, 18 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zheng, L., Niu, J., Zhong, L., & Gyasi, J. F. (2023). The effectiveness of artificial intelligence on learning achievement and learning perception: A meta-analysis. *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5650–5664. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2015693>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166–183. <https://doi.org/10.3102/0002831207312909>
- Zimmerman, B. J. (2013). From Cognitive Modeling to Self-Regulation: A Social Cognitive Career Path. *Educational Psychologist*, 48(3), 135–147. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.794676>