

Aplicação da Inteligência Artificial no Ensino Superior: Áreas e Características

Wania Cavalcanti¹

Elaine Tavares²

Joel de Lima Pereira Castro Júnior³

Com a disseminação das tecnologias da indústria 4.0, diferentes setores tiveram suas práticas modificadas de forma estratégica. No setor de educação, diversas tecnologias foram incorporadas ao longo das últimas décadas, visando não só inovações no ensino e na aprendizagem, mas também a melhor gestão desse processo. Recentemente, ganhou destaque o aumento contínuo das aplicações de Inteligência Artificial (IA) nesse campo e as possibilidades que isso gera. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar o estado da arte das pesquisas sobre as aplicações da IA no Ensino Superior, por meio de uma revisão sistemática da literatura. A partir de 128 publicações identificadas no período compreendido entre 2010 e 2020, foram selecionados 30 artigos, de acordo com critérios de inclusão, exclusão e qualidade, e com o suporte do software Parsifal. Os artigos selecionados foram analisados em termos de distribuição anual, metodologia aplicada, bem como áreas e características na aplicação da IA no contexto educacional. Intelligent support for collaborative learning e Intelligent Tutoring Systems (ITS) foram as intervenções mais utilizadas, com o objetivo de melhorar os processos de ensino e aprendizagem, fornecer orientação personalizada, feedbacks ou até mesmo nas tomadas de decisão, através de técnicas de IA habilitadas para a modelagem de dados. A contribuição deste trabalho está no mapeamento das principais aplicações da IA no ensino superior.

Palavras-chave: Inteligência Artificial na Educação; Ensino Superior; Revisão Sistemática da Literatura.

Keywords: information systems; competitive intelligence; digital metrics; digital presence; digital marketing.

Application of Artificial Intelligence in Higher Education: Areas and Characteristics

With the dissemination of industry 4.0 technologies, different sectors have had their practices strategically modified. In the education sector, several technologies have been incorporated over the last decades, aiming not only at innovations in teaching and learning but also on better management of this process. Recently, the continuous increase in Artificial Intelligence (AI) applications in this field and possibilities it generates have gained prominence. In this context, the aim of this article is to present the state of the art of research on the applications of AI in Higher Education, through a systematic literature review. From 128 publications identified between 2010 and 2020, 30 articles were selected according to inclusion, exclusion and quality criteria with the support of Parsifal *software*. The selected articles were analyzed in terms of annual distribution, applied methodology, as well as aspects and characteristics in the application of AI in the educational context.

¹ Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas no Instituto COPPEAD - UFRJ. Endereço: Rua Pascoal Lemme, 355 - UFRJ- Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21941-918. E-mail wania.goncalves@coppead.ufrj.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0510-3108>.

² Doutora em Administração de pela Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV/EBAPE). Professora do Instituto COPPEAD de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Endereço: Rua Pascoal Lemme, 355 - UFRJ- Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21941-918. E-mail elaine.tavares@coppead.ufrj.br
<https://orcid.org/0000-0002-1107-2101>.

³ Joel de Lima Pereira Castro Júnior. Doutor em Neural Systems pelo Imperial College da University of London (UL). Professor do Programa de Pós-graduação em Administração (PPGAD) da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal Fluminense (UFF). E-mail joelcastro@id.uff.br
Endereço: Rua Mário Santos Braga, S/N - Centro, Niterói-RJ - CEP: 24.020-140
<https://orcid.org/0000-0003-2619-9313>.

Intelligent support for collaborative learning and Intelligent Tutoring Systems (ITS) were the most used interventions, with the objective of improving teaching and learning process, providing personalized guidance, feedback or even decision making, through AI techniques enabled for data modeling. The contribution of this work is in mapping the main applications of AI in higher education.

Keywords: Artificial Intelligence in Education (AIE); Higher Education; Systematic Literature Review.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos e a inserção de tecnologias digitais, como Inteligência Artificial (IA), *Big Data*, Computação em Nuvem, aplicativos e plataformas na prestação de serviços educacionais, estão transformando o modo como ensinamos e aprendemos. Esse desenvolvimento de novas tecnologias e os avanços da IA direcionam naturalmente diversas possibilidades e desafios para o ensino superior (POPENICI; KERR, 2017).

As aplicações da IA tiveram uma forte expansão de uso na educação, recebendo atenção de professores, pesquisadores e gestores de instituições de ensino, por proporcionar oportunidades de reformas nas práticas de ensino (BAKER et al., 2019), além de potenciais mudanças na governança e arquitetura interna das instituições de ensino superior (POPECINI; KERR, 2017).

A IA é uma tecnologia que tem direcionado a educação para uma nova dimensão, a partir de diferentes práticas, como sistemas inteligentes de tutoria, robôs de ensino, *dashboards* de análise de aprendizagem, sistemas de aprendizagem adaptativos e interações homem-computador (CHEN et al., 2020). O campo de estudo sobre as aplicações da inteligência artificial na educação (*Artificial Intelligence in Education; AIE*) surgiu há quase três décadas e é considerada uma importante ferramenta que favorece o design instrutivo, desenvolvimento tecnológico e pesquisa (HWANG et al., 2020). Trata-se de um campo com perfil inovador que aproxima teorias e metodologias de áreas correlacionadas com a inteligência artificial, como a ciência cognitiva e a educação, criando assim, questionamentos próprios que nos levam a questões ainda maiores (HOLMES et al., 2019).

O presente artigo busca fornecer o estado da arte das pesquisas sobre a aplicação da IA no Ensino Superior, a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

Este trabalho está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A primeira seção apresenta o campo da IA na educação (*Artificial Intelligence in Education; AIE*). Na seção seguinte, a metodologia empregada para a RSL é apresentada. Posteriormente, as análises relacionadas às perguntas de pesquisa são traçadas. Finalmente, limitações, sugestão de estudos futuros e na última seção as considerações finais.

2. Revisão da Literatura

O campo da IA na Educação (*Artificial Intelligence in Education; AIE*)

O termo inteligência artificial surgiu em um *workshop* organizado por John McCarthy em 1956, no *Dartmouth College*, EUA (FAULDS; RAJU, 2020). Desde então, as pesquisas sobre IA têm avançado em diferentes campos e gerado um grande fluxo de estudos (HAENLEIN; KAPLAN, 2019). Nas últimas décadas, com o surgimento do *Big Data* e melhorias no poder da computação, os ambientes de negócios e a comunidade acadêmica têm debatido o tema e suas aplicações com mais atenção (FAULDS; RAJU, 2020).

IA é definido por Russel e Norvig (2013) como a capacidade das máquinas, ou seja, dos computadores em atingir objetivos por meio do aprendizado baseado em experiências anteriores associado aos seres humanos. A IA é a capacidade de um sistema em aprender com dados inseridos para alcançar um objetivo definido (KAPLAN; HAENLEIN, 2019). Seu reconhecimento vai além da ciência da computação, envolvendo disciplinas como ciência da informação, psicologia, linguística, matemática e outras.

No contexto educacional, a IA é uma área interdisciplinar que integra métodos e resultados de outras ciências, com o objetivo de desenvolver ambientes integrativos, adaptativos que complementam e otimizam as formas tradicionais de educação (Luckin et al., 2016). A IA pode ser estabelecida como sistemas de computação capazes de desenvolver processos como aprendizado, adaptação, autocorreção e o emprego de dados para o processamento de tarefas complexas (POPENICI; KERR, 2017).

De forma mais ampla, Baker et al. (2019) consideram o termo Inteligência Artificial como, “computadores que realizam tarefas cognitivas, geralmente associadas à mente humana, especificamente ao aprendizado e resolução de problemas” (p.10). Os autores ainda apresentam a aplicação da IA na educação sob três perspectivas diferentes: a) orientada para o aluno, b) orientada para professores e c) orientada para o sistema. A IA orientada para o aluno, permite um sistema de aprendizagem personalizado. A IA com foco nos professores pode automatizar atividades como avaliações e procedimentos administrativos. Por fim, a IA orientada para sistemas auxilia também os professores e gestores no acompanhamento da aprendizagem dos alunos e tomada de decisão.

Dentre as aplicações dos sistemas de IA na Educação, podemos destacar; tutores pessoais, suporte inteligente para aprendizagem colaborativa e realidade virtual inteligente. Essas aplicações apresentam a possibilidade de flexibilidade, personalização e apoio de uma aprendizagem colaborativa. Elas possuem o potencial de identificar lacunas de conhecimento e receber suporte especializado, permitindo ao professor acompanhar o desempenho do aluno. Finalmente, na área institucional, esses sistemas podem garantir aos administradores, informações com base em padrões de inscrição, conflitos em disciplinas e evasão. Uma das vantagens da aplicação dos sistemas de IA é a coleta de um grande volume de dados, que favorece de forma dinâmica a melhoria dos modelos e processos de aprendizagem, alimentando assim, novas formas para fornecer um suporte mais eficiente, ao mesmo tempo que amplia o entendimento sobre o processo de ensino e aprendizagem (LUCKIN et al., 2016).

O aprendizado a partir de um grande volume de dados com o objetivo de reconhecer padrões, fazer previsões e aplicar os padrões recém-descobertos às situações que não foram projetadas inicialmente é caracterizado como *Machine Learning* (POPENICI; KERR, 2017). Importante área da IA, o ML está cada vez mais presente no ensino superior, através dos dados gerados sobre fenômenos relacionados ao ensino e aprendizagem. Ele só é possível a partir de um grande conjunto de dados (RENZ et al., 2020). O emprego de dados sobre alunos e o contexto que estão inseridos pode auxiliar na análise dos aspectos comportamentais no ambiente educacional (SHARMA et al., 2019).

Os sistemas de informações educacionais podem gerar e armazenar uma grande quantidade de dados potenciais de várias fontes e em diferentes formatos, com origem na interação do usuário com o sistema. Esses dados incluem desde possíveis fatores para

abandono de curso, até informações socioculturais de alunos. Diferentes técnicas como a mineração de dados educacionais (*Educational Data Mining*) e *Learning Analytics* são utilizadas para a análise dos dados educacionais (LUCKIN et al., 2016). A mineração de dados educacionais (*Educational Data Mining*) aplica métodos computadorizados para detectar padrões em grandes coleções de dados educacionais, ou seja, realiza a análise de vários tipos de dados educacionais a partir de algoritmos estatísticos de *Machine Learning* e *Data Mining (DM)*. Apesar de possuírem alguns aspectos semelhantes, *Learning Analytics* tem por objetivo a tomada de decisões baseada na coleta, medição e análise de dados sobre os alunos e seus contextos (ROMERO; VENTURA, 2013).

Os principais estudos recuperados para esta RSL utilizaram diferentes técnicas de DL, ML e IA para análise dos dados educacionais. Por exemplo, Musso et al. (2020) destacaram que o uso de abordagens de ML, como *Artificial neural networks (ANNs)*, se mostrou eficaz na classificação de diversos resultados educacionais, superando as limitações das abordagens metodológicas tradicionais. Os autores utilizaram modelos de *Artificial neural networks* para classificar os níveis de média de notas, retenção acadêmica e resultados de conclusão de curso em uma amostra de 655 alunos de uma universidade privada.

Para este estudo, seguiremos o descrito por Baker et al. (2019) quanto a aplicação da IA na educação e Luckin et al. (2016) para a aplicação de sistemas de IA na educação.

Diversos estudos relatam as aplicações da IA na Educação em diferentes níveis educacionais. Esse estudo sistematiza o conhecimento desenvolvido até agora e, apresenta o avanço desse conhecimento, abordando experiências, práticas e exemplos de como as metodologias de ensino e aprendizagem sobre a IA são tratadas no ensino superior. Considerando o crescimento exponencial que a IA teve nos últimos anos, desenvolvemos uma análise dos últimos dez anos da literatura sobre a aplicação da IA no ensino superior.

3. Metodologia

Para esta pesquisa, empregamos a RSL como método que favorece o avanço no conhecimento e o desenvolvimento de teoria para um tópico específico (WEBSTER; WATSON, 2002). A RSL é um processo que auxilia na identificação de estudos científicos relevantes (KITCHENHAM, 2009), por meio de uma metodologia explícita e baseada em passos replicáveis e transparentes (LIBERATI et al., 2009). Para tanto, foi empregada a metodologia baseada nas diretrizes e modelo de revisão sistemática proposta por Kitchenham e Charters (2007), composto por três etapas principais (Quadro 1): 1) planejar a revisão; 2) conduzir a revisão e 3) relatar os resultados da revisão. A realização dessas etapas foi apoiada pelo *software* Parsifal. Além de auxiliar no processo de documentação, a ferramenta contribui na construção dos objetivos, PICOC, *string* de busca, questões de pesquisa e mecanismos de verificação de qualidade (PARSIFAL, 2019).

Quadro 1: Diretrizes de Kitchenham (2007) para RSL com suporte do Parsifal

1. Planejar a revisão	Objetivos PICOC (<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context</i>) Pergunta de pesquisa Palavras-Chave e Sinônimos String de busca Fontes Critérios de seleção	Lista de verificação de avaliação da qualidade Questões Respostas Pontuação	Formulário para extração de dados Descrição Modelo Valores
2. Conduzir a revisão	Importar estudos Seleção de estudos Avaliação de qualidade Extração de dados Análise de dados		
3. Relatar os resultados da revisão			

Fonte: Kitchenham (2007)

3.1 Estratégia de pesquisa

Com base no protocolo de revisão PICOC (população, intervenção, comparação, resultado e contexto), conforme descrito por Kitchenham e Charters (2007), bem como por Petticrew e Roberts (2008), estabelecemos a *string* de busca (Quadro 2) e as questões da RSL.

População: Instituições de ES.

Intervenção: Aplicação das tecnologias de IA no ES.

Comparação: Não se aplica, pois não estamos comparando a aplicação das tecnologias de IA no ES.

Resultado: Características e aspectos na aplicação das tecnologias de IA no ES.

Contexto: Soluções de ensino, aprendizagem e gestão no ES.

Com o objetivo de orientar esta RSL sobre a aplicação da Inteligência Artificial no Ensino Superior, formulamos duas questões descritas a seguir:

1. Quais são as áreas de aplicação da IA no Ensino Superior observadas nos estudos selecionados?

2. Quais os benefícios e desafios apresentados pelos estudos selecionados quanto a aplicação da IA no Ensino Superior?

Com o intuito de responder às questões de pesquisa, esta RSL foi realizada no primeiro semestre do ano de 2021. As buscas foram realizadas nas bases de dados *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*, cobrindo títulos, resumos e palavras-chave. A revisão foi limitada aos artigos publicados no período compreendido entre 2010 e 2020, em periódicos

revisados por pares, devido à sua confiabilidade e ao rigoroso processo de revisão (NICHOLAS et al., 2015)

A *string* de busca foi determinada com base nos principais termos do fenômeno sob investigação (Inteligência Artificial no Ensino Superior). Buscas piloto foram realizadas para refinar a *string* de busca. Foram excluídas palavras-chave que não retornaram artigos adicionais nas buscas automáticas. Após várias interações, as buscas foram realizadas com a estrutura de palavras-chave apresentada no Quadro 2.

Quadro 2: *String* de busca

Tópicos	Termos de pesquisa
Artificial Intelligence AND	“Artificial Intelligence” OR “machine intelligence” OR “machine learning”
Higher Education	“Higher Education” OR “Graduate” OR “Postgrad*”

Fonte: Os autores (2021)

O uso de palavras-chave em uma RSL mostra quais artigos devem ser recuperados (Kitchenham et al., 2009). Inicialmente, 2874 artigos foram recuperados e armazenados no *software* Zotero, que auxiliou na remoção de 333 artigos em duplicidade. Posteriormente, 2541 estudos foram transferidos e armazenados no *software* Parsifal, que possibilitou remover mais 57 trabalhos duplicados e 08 publicados fora do período especificado. Dentre os trabalhos, em uma leitura inicial do título e resumo, foram removidos 1078 estudos que não abordavam a aplicação da Inteligência Artificial na educação. Os demais artigos seguiram os critérios de inclusão e exclusão descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de Inclusão
Estudos primários
Publicados entre 2010 – 2020
Estudos em Inglês ou Espanhol
Apresentam a Inteligência Artificial no Ensino Superior
Critérios de Exclusão
Não é estudo primário (e.g., revisão)
Não está em Inglês ou Espanhol
Short-papers (≤ 4 págs.)
Estudos duplicados
Estudos não disponíveis
Não apresentam a Inteligência Artificial no Ensino Superior

Fonte: Os autores (2021)

Considerando os critérios de exclusão, leitura do título e resumo, foram analisados 1398 estudos, porém 1249 não atendiam aos critérios e foram excluídos. Dentre os 149 artigos restantes, 21 foram removidos pois não eram estudos primários. 128 trabalhos

foram submetidos ao processo de avaliação da qualidade, porém 80 foram excluídos, considerando os critérios de exclusão empregados anteriormente.

3.2 Avaliação da qualidade

Para esta RSL os itens de avaliação da qualidade foram atribuídos por uma escala numérica de pontuação para avaliar a credibilidade, completude e relevância dos estudos selecionados. Foram utilizadas sete perguntas para a avaliação dos critérios de qualidade dos estudos. Cada pergunta de avaliação da qualidade é julgada por três respostas possíveis: “Sim” (pontuação = 1,0), “Parcialmente” (pontuação = 0,5) ou “Não” (pontuação = 0). Consequentemente, a pontuação de qualidade de um determinado estudo é calculada tomando a soma dos pontos das respostas às perguntas relacionadas (Quadro 4).

Quadro 4. Critérios de avaliação da qualidade

CAQ 1. A pesquisa foi citada por mais de um estudo?
CAQ 2. O objetivo da pesquisa está claramente descrito?
CAQ 3. O método proposto é adequado ao objetivo e está claramente descrito?
CAQ 4. Existe uma descrição adequada do contexto que a pesquisa foi realizada?
CAQ 5. Os participantes do estudo ou unidades observacionais estão adequadamente descritos?
CAQ 6. Os autores descrevem as limitações do estudo?
CAQ 7 A conclusão ou resultados são coerentes com objetivo e o método proposto?

Fonte: Kitchenham e Charters (2007)

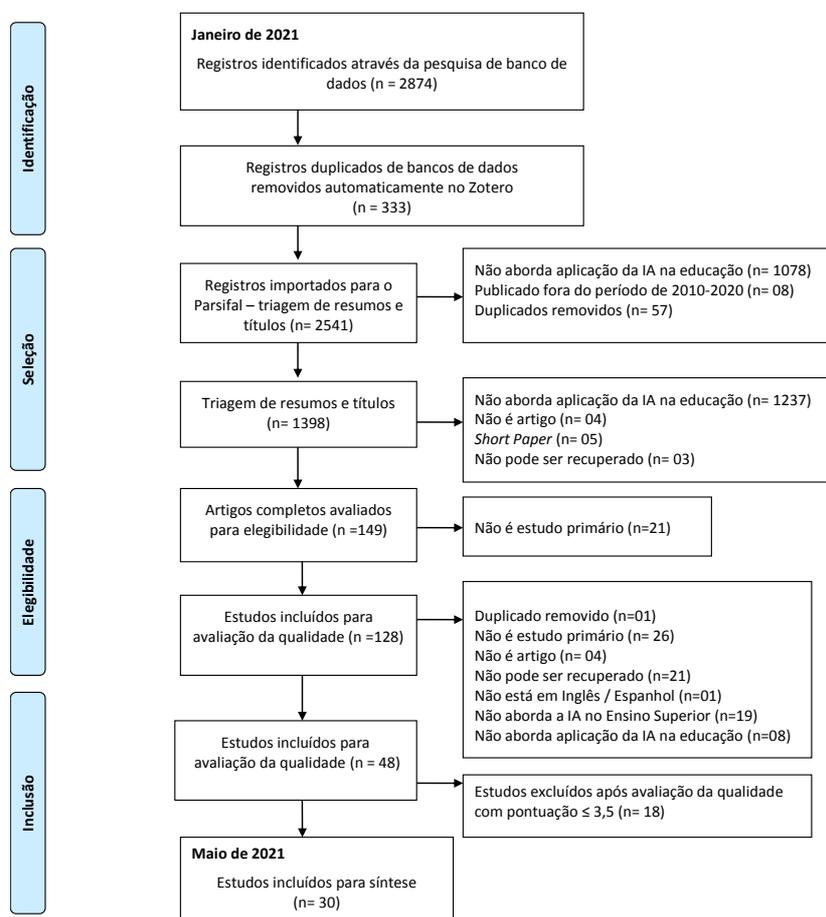
A pontuação máxima é 7,0 calculada com base no número de questões e na resposta de maior peso. Para a pontuação de corte foi considerada a nota 3,5. Quanto mais alta a pontuação geral de um item, significa que o artigo cobre os objetivos das questões de pesquisa. Posteriormente, aqueles com nota igual ou superior a 3,5 foram selecionados como a literatura definitiva.

Foram considerados 48 estudos para a avaliação da qualidade. Trinta receberam pontuação igual ou superior a 3,5. Assim como no processo de avaliação da qualidade, também foi empregado o *software* Parsifal para a extração de dados e síntese dos resultados.

A metodologia proposta por Kitchenham e Charters (2007) prevê que nem todos os estudos primários relevantes possam ser identificados. Para garantir uma alta cobertura e evitar o mínimo de exclusão de estudos, revisamos cuidadosamente todo o processo de busca.

A seguir, a Figura 1 com a indicação de todas as fases, incluindo identificação, seleção e extração de dados, com o objetivo de alcançar a confiabilidade e segurança do processo conforme recomendado pelo PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*). A metodologia PRISMA é amplamente empregada com bons resultados, pois melhora a notificação de revisões sistemáticas (MOHER et al., 2015)

Figura 1: PRISMA diagram



Fonte: Elaborado pelos autores e adaptado de Moher et al. (2009)

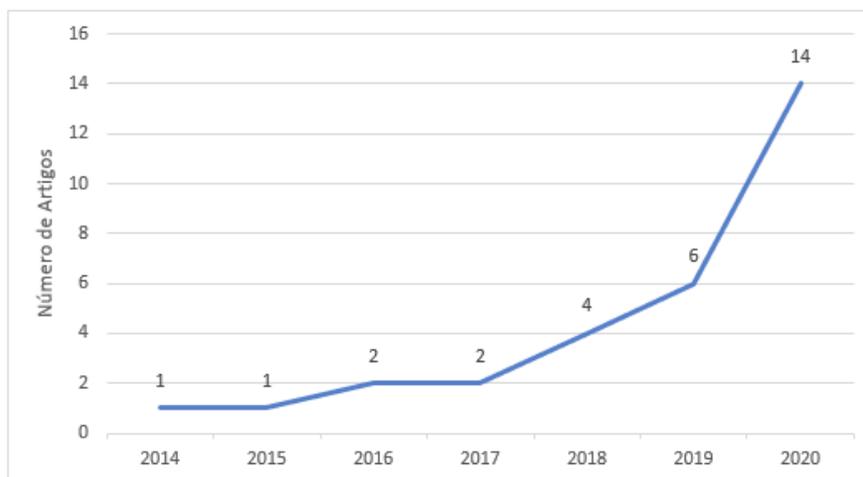
4. Resultados

Nesta seção, apresentamos os principais resultados, as respostas para as questões de pesquisa, limitações e sugestões para pesquisas futuras.

Com base na extração e síntese dos dados (Quadro 5) de 30 artigos que atenderam aos critérios de qualidade, respondemos as questões de pesquisa. A apresentação da análise das respostas para as perguntas de pesquisa, será após a descrição de aspectos gerais dos estudos selecionados.

Os estudos selecionados deveriam ser publicados entre 2010 e 2020, porém, os artigos aprovados segundo os critérios de qualidade estão compreendidos entre 2014 e 2020, o que sugere uma falta de maturidade da IA no Ensino Superior no início da década de 2010. Na Fig. 2, apresentamos o número de artigos aprovados por ano de publicação.

Figura 2. Artigos por ano (após seleção do estudo e avaliação da qualidade)

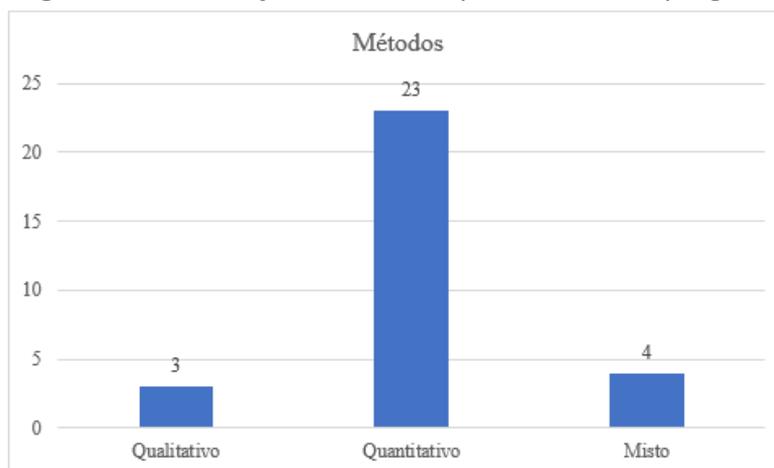


Fonte: Os autores (2021)

Após uma análise temporal dos estudos, é possível concluir que houve um aumento significativo no número de publicações a partir de 2018, o que reforça o crescimento recente das aplicações da IA no Ensino Superior.

Quanto ao método utilizado, a maioria dos artigos 23 (76,7%) empregou método quantitativo, enquanto 4 (13,3%) seguiu uma abordagem de métodos mistos e apenas 3 (10%) método qualitativo.

Figura 3. Distribuição de estudos por método empregado.

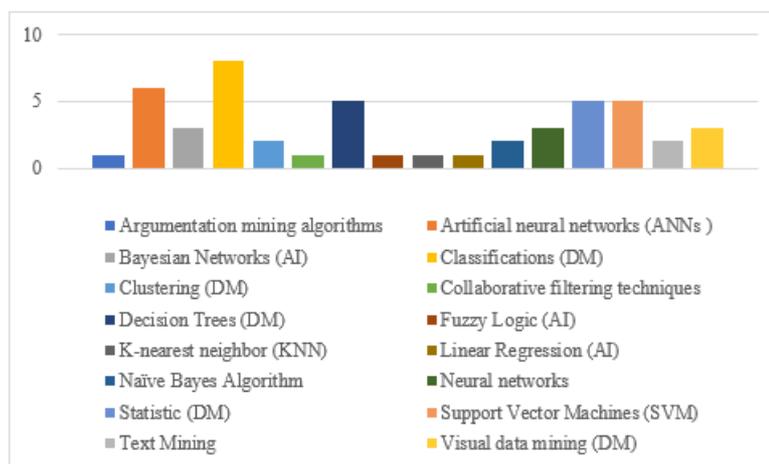


Fonte: Os autores (2021)

Os artigos que empregaram métodos qualitativos, buscaram apresentar por meio de entrevistas ou estudo etnográfico a percepção de professores, alunos, gestores e programadores, sobre a aplicação da IA no ensino superior, possíveis benefícios para alunos e professores, assim como o uso dos dados gerados pelos sistemas de IA. Os artigos que empregaram métodos quantitativos, demonstraram através de técnicas estatísticas o resultado e aplicação de sistemas e tecnologias de IA.

O gráfico abaixo (Figura 4) mostra a frequência dos estudos que mencionaram ou utilizaram técnicas de análise de dados. A técnica de *classification* (DM) foi a mais mencionada nesses estudos. Um total de 08 artigos propuseram, mencionaram ou utilizaram essa técnica em estudos envolvendo ambientes de aprendizagem habilitados para IA. A técnica seguinte mais citada foi *Artificial neural networks* (ANNs), com 06 estudos. Também foram identificadas *Decision Trees* (DM) e *Bayesian networks* (AI).

Figura 4: IA e técnicas de análise de dados utilizados pelos estudos selecionados



Fonte: Os autores (2021)

O número de estudos sobre o uso de dados educacionais tem aumentado de forma exponencial nos últimos dez anos (ROMERO; VENTURA, 2020). Algoritmos de IA, como *Bayesian Network* e *Decision Trees*, têm sido empregados para analisar grandes volumes de dados de diferentes fontes, com o objetivo de alcançar resultados com alta precisão para um melhor entendimento de padrões que apoiem alunos e professores ou decisões administrativas na detecção de problemas específicos com intervenção precoce e personalizada.

Com a aplicação cada vez mais abrangente no ensino e aprendizagem, as tecnologias de IA impulsionam estudos que observam os processos de aprendizagem dos alunos, analisam seu desempenho e fornecem apoio na realização de aprendizado personalizado. Considerando que possuem estilos de aprendizagem e habilidades únicos, pode ser difícil atender a todos os alunos a partir dos métodos tradicionais de ensino. Assim, a IA pode favorecer o trabalho dos professores no atendimento aos alunos. O Quadro 5 fornece as perspectivas e áreas de aplicação da IA no ensino superior abordadas nos estudos selecionados.

Quadro 5. Classificação dos artigos selecionados por perspectivas avaliadas e áreas de aplicação

Autoria (ano)	Perspectivas avaliadas (Baker et al., 2019)			Áreas de aplicação (Luckin et al., 2016)		
	Aluno	Professor	Sistema	Intelligent	Intelligent	Intelligent

	(A)	(B)	(C)	support for collaborative learning (D)	Tutoring Systems (E)	Virtual Reality (F)
Alberola, J. M., Del Val, E., Sanchez-Anguix, V., Palomares, A., & Teruel, M. D. (2016).	✓			✓		
Aparicio, F., Morales-Botello, M. L., Rubio, M., Hernando, A., Muñoz, R., López-Fernández, H., & de Buenaga, M. (2018).		✓				✓
Araujo, L., López-Ostenero, F., Martínez-Romo, J., & Plaza, L. (2020).	✓			✓		
Bañeres, D., Rodríguez, M. E., Guerrero-Roldán, A. E., & Karadeniz, A. (2020).	✓	✓	✓		✓	
(Chen & Lee, 2019), S. Y., & Lee, C. (2019).	✓					
Choi, Y., & McClenen, C. (2020).	✓		✓	✓		
(Deo et al., 2020), R. C., Yaseen, Z. M., Al-Ansari, N., Nguyen-Huy, T., Langlands, T. A. M., & Galligan, L. (2020).	✓		✓	✓		
(Franzoni et al., 2020), V., Milani, A., Mengoni, P., & Piccinato, F. (2020).		✓		✓		
(García-Vélez et al., 2019), R. A., López-Nores, M., González-Fernández, G., Robles-Bykbaev, V. E., Wallace, M., Pazos-Arias, J. J., & Gil-Solla, A. (2019).			✓	✓		
(Hussain et al., 2018), M., Zhu, W., Zhang, W., & Abidi, S. M. R. (2018).	✓		✓	✓		
(Jain et al., 2014), G. P., Gurupur, V. P., Schroeder, J. L., & Faulkenberry, E. D. (2014).	✓		✓	✓		
(Montalvo et al., 2018), S., Palomo, J., & de la Orden, C. (2018).	✓			✓		
(Mota-Valtierra et al., 2019) G., Rodríguez-Reséndiz, J., &	✓			✓		

Herrera-Ruiz, G. (2019).						
(Musso et al., 2020), M. F., Rodríguez Hernández, C. F., & Cascallar, E. C. (2020).	✓		✓	✓		
(Nuankaew et al., 2019), W., Nuankaew, P., Teeraputon, D., Phanniphong, K., & Bussaman, S. (2019).	✓			✓		
Rapanta, C., & Walton, D. (2016).	✓		✓			
(Romine et al., 2020), W. L., Schroeder, N. L., Graft, J., Yang, F., Sadeghi, R., Zabihimayvan, M., ... & Banerjee, T. (2020).	✓					✓
(Sáiz-Manzanares et al., 2020), M. C., Marticorena-Sánchez, R., & García-Osorio, C. I. (2020)	✓		✓	✓		
(Samarakou et al., 2015), M., Fylladitakis, E. D., Früh, W. G., HatziaPOSTOLOU, A., & Gelegenis, J. J. (2015)	✓		✓	✓	✓	
(Samin & Azim, 2019), H., & Azim, T. (2019).	✓	✓	✓	✓		
(Sandu & Gide, 2018), N., & Gide, E. (2018).	✓		✓	✓		
Sharma, K., Papamitsiou, Z., & Giannakos, M. (2019).	✓			✓		
(Sit et al., 2020), C., Srinivasan, R., Amlani, A., Muthuswamy, K., Azam, A., Monzon, L., & Poon, D. S. (2020).	✓		✓			
Villegas-Ch, W., Arias-Navarrete, A., & Palacios-Pacheco, X. (2020).	✓	✓		✓		✓
(Vinichenko et al., 2020), M. V., Melnichuk, A. V., & Karácsony, P. (2020).			✓			
(Waheed et al., 2020), H., Hassan, S. U., Aljohani, N. R., Hardman, J., Alelyani, S., & Nawaz, R. (2020).	✓		✓	✓		
(Whitman, 2020), M. (2020)	✓			✓		
(Xie et al., 2017), T., Zheng, Q., Zhang, W., & Qu, H.				✓		

(2017).						
(Zaletelj & Košir, 2017), J., & Košir, A. (2017).	✓					✓

Fonte: Os autores (2021)

É possível classificar o emprego da IA no ensino superior a partir da perspectiva do usuário. O Quadro 5 mostra as perspectivas e áreas de aplicação da IA abordadas nos estudos selecionados. Para os artigos que observaram a perspectiva A (aluno), 21 foram voltados para alunos de graduação, enquanto 5 tiveram o foco em alunos de pós-graduação. Os estudos que avaliaram a perspectiva A com foco no aluno de graduação, apresentaram desde questões relacionadas com a percepção do aluno quanto ao emprego de tecnologias de IA até a criação de modelos preditivos com base no comportamento dos alunos.

Estudos que trataram duas perspectivas ao mesmo tempo foram 9 e somente 2 as três perspectivas. As ferramentas orientadas ao sistema fornecem informações aos administradores e gestores em nível institucional, com o objetivo de orientar os processos de tomada de decisão a partir de evidências sobre o comportamento do aluno, cursos e programas. A pesquisa de (SAMIN; AZIM, 2019) abordou as três perspectivas, ao apresentar um sistema com base em filtragem colaborativa que projeta recomendações ao meio acadêmico com base em informações que favorecem a indicação de professores orientadores para alunos. A partir de um sistema de recomendação, amplamente usado nas áreas de e-commerce e que apoiam os usuários no processo de tomada de decisão, os autores criaram um modelo de sistemas de recomendação que apoiam professores, alunos e universidade na designação do orientador com determinado perfil de pesquisa acadêmica e habilidades que melhor atendam ao perfil do aluno, contribuindo assim para o nível de publicação de pesquisas da universidade.

A perspectiva B (professor) foi abordada em apenas dois estudos. As ferramentas de IA fornecem informações sobre o progresso da aprendizagem dos alunos para que o professor possa oferecer de forma proativa, suporte e orientação quando necessário. Um dos estudos selecionados para esta revisão, apresentou uma análise da percepção de professores universitários sobre o uso de sistemas inteligentes de informação (APARICIO et al., 2018). No segundo estudo, os autores apresentaram um sistema de gestão de aprendizagens (FRANZONI et al., 2020) que auxilia o professor na tomada de decisão.

A seguir, uma análise das áreas de aplicação da IA no Ensino Superior, benefícios e desafios observados, com o objetivo de responder as duas perguntas de pesquisa.

4.1 Quais são as áreas de aplicação da IA no Ensino Superior observadas nos estudos selecionados?

Utilizamos o descrito por Luckin et al. (2016) para abordar as áreas de aplicação da IA na educação. Para esta análise foram considerados 25 estudos. Outros cinco estudos, abordaram a percepção de estudantes ou professores, quanto ao uso da IA na educação e suas implicações. Dezenove estudos abordaram somente *Intelligent support for collaborative learning*; 4 *Intelligent virtual reality* e 2 *Intelligent Tutoring Systems (ITS)*.

Estudos sugerem que a aplicação das tecnologias de IA na educação podem contribuir para uma aprendizagem colaborativa (LUCKIN et al, 2016). Os autores destacam que os estudos que abordam *Intelligent support for collaborative learning* (D) se concentram em quatro áreas:

1) *Adaptative group formation* - O objetivo é formar um grupo de alunos com nível cognitivo e interesses semelhantes, ou um dos participantes com características diferentes, porém complementares. Por seu perfil iterativo, considera informações de diversas interações e melhora a estimativa de atribuições de papéis no grupo (ALBEROLA et al., 2016). É uma ferramenta promissora que fornece ao professor uma visão coletiva e individual do desempenho dos alunos nas atividades (CHOI; MCCLENEN, 2020); 2) *Expert facilitation* - Técnicas de IA como ML são usadas na identificação de estratégias colaborativas para resolução de problemas. Um importante elemento na redução da taxa de abandono em um ambiente virtual de aprendizagem é entender o comprometimento dos alunos nas atividades (HUSSAIN et al., 2018); 3) *Intelligent moderation* que utiliza ML associada a análise de texto para auxiliar temas em discussão; e 4) *Intelligent virtual agents*, no qual os agentes de IA podem mediar a interação de estudantes on-line. Mencionadas por Luckin et al. (2016) como ferramentas relevantes que favorecem a aprendizagem colaborativa.

Intelligent Tutoring Systems (ITS) (E) podem ser usados para simular tutoria personalizada. Este sistema busca, com base em modelos de aprendizagem, algoritmos e redes neurais, determinar a trajetória de aprendizagem de um aluno e fornecer instruções ou *feedbacks* imediatos e personalizados aos professores e alunos. Este sistema possui recursos para definir modelos preditivos e o *feedback* é fornecido pelos professores e o sistema trata automaticamente com base no nível de risco dos alunos (BAÑERES et al., 2020).

Finalmente, *Intelligent virtual reality* (F), pode ser usada para orientar os alunos em um ambiente de realidade virtual. O aprimoramento das tecnologias de realidade virtual, juntamente com o crescimento dos ambientes virtuais de aprendizagem, favoreceram os estudos sobre os benefícios da combinação da aplicação realidade virtual e IA na educação (XIE T. et al, 2017). O emprego em conjunto dessas tecnologias, fornece a simulação de uma experiência que favorece ao aluno visualizar e interagir com recursos ou itens virtuais com o objetivo de melhorar a sua participação e o engajamento. Estudantes de Graduação de Engenharia tiveram seus movimentos gravados durante aulas presenciais e transformados em dados com a ajuda de ML (ZALETELJ; KOŠIR, 2017).

Combinações de novas tecnologias juntamente com as aplicações de IA na educação foram observadas nos 30 estudos em análise, como *Chatbot* e *Virtual Learning Environment*. Somente um estudo apresentou a possibilidade de aplicação do *Chatbot* na educação. Os *Chatbots* ou assistentes de conversação são programas de computador capazes de interagir com o usuário por meio de interfaces baseadas em linguagem, com o objetivo de simular uma conversa humana (VILLEGAS-CH et al., 2020). Os autores empregaram o *Chatbot* para estabelecer um modelo pedagógico, com base na análise de dados, tomada de decisão por meio de IA e a recomendação de atividades em um ambiente LMS (*Learning Management System*), que é uma ferramenta que favorece a interação e permite aos alunos uma melhora significativa no aprendizado.

As modernas tecnologias inseridas no contexto educacional servem como ferramentas que direcionam na criação de novos modelos de aprendizagem. Três estudos abordaram como objetivo, a mensuração da eficácia do *Virtual Learning Environment* na previsão do desempenho dos alunos e intervenção dos professores, quando oportuna, para um suporte pedagógico. Os sistemas de VLE ao analisar o engajamento do aluno, pode oferecer ao cenário tradicional de ensino e aprendizagem novas oportunidades (WAHEED et al., 2020).

Para os estudos orientados para o aluno, Baker et al. (2019) defenderam que a IA na educação pode facilitar interações variadas, aumentar seu engajamento, gerar materiais de aprendizagem adaptativos, oferecer alertas metacognitivos, fornecer ambientes de aprendizagem enriquecidos e melhorar os resultados de aprendizagem. No caso dos estudos orientados para os educadores e administradores, a aplicação da IA na educação pode fornecer modelos preditivos, identificar alunos em risco, monitorar o progresso da aprendizagem, criar materiais de aprendizagem personalizados, *feedbacks* e analisar dados dimensionados instantaneamente para avaliação ou fins administrativos.

4.2 Quais os benefícios e desafios apresentados pelos estudos selecionados quanto a aplicação da IA no Ensino Superior?

O Quadro 6 apresenta algumas tecnologias de IA, seus benefícios e desafios para a aplicação no ensino superior.

Quadro 6. Benefícios e desafios para a aplicação da IA no Ensino Superior.

O uso de técnicas de IA favoreceu diversos aspectos positivos do trabalho em grupo para alunos da graduação (ALBEROLA et al., 2016).
Sistema de gestão de aprendizagem que integra técnicas de IA é uma ferramenta de avaliação educacional eficiente para um serviço personalizado de aprendizagem à distância (CHOI; MCCLENNEN, 2020).
O uso de uma metodologia robusta de IA descobre as relações entre as variáveis de aprendizagem dos alunos, desenvolvendo intervenções de ensino e aprendizagem. (DEO et al., 2020).
Ferramenta visual de gerenciamento de aprendizagem. Os resultados experimentais mostraram que a ferramenta obtém eficácia quantitativa, mensurável e a apreciação qualitativa dos educadores (FRANZONI et al., 2020).
Algoritmos de ML identificaram alunos de baixo envolvimento em curso de ciências sociais na Open University e auxiliaram os tutores na solução do problema (HUSSAIN et al., 2018).
Os autores identificaram o nível de compreensão do aluno sobre um determinado tópico, a partir de ferramentas baseadas em IA (JAIN et al., 2014).
Modelo de ML ajuda a prever resultados educacionais durante a trajetória universitária (Musso, M. F., Rodríguez Hernández, C. F., & Cascallar, E. C., 2020).
Tecnologia de IA para mapeamento de argumento pode servir como ferramenta de diagnóstico sobre as habilidades de argumentação de alunos (Rapanta; Walton ,2016).
Incerteza e falta de compreensão de <i>Learning Analytics</i> impedem o desenvolvimento e implementação de soluções apropriadas de IA para a educação (Renz, A., & Hilbig, R., 2020).
Ferramenta de IA auxilia na detecção precoce de alunos em risco acadêmico, o que pode ser de grande relevância para professores e dirigentes (Sáiz-Manzanares, M. C., Marticorena-Sánchez, R., & García-Osorio, C. I., 2020).
O sistema de diagnóstico com base na IA gera perfil, identifica pontos a melhorar do aluno e auxilia de forma

individualizada (Samarakou, M., Fylladitakis, E. D., Früh, W. G., Hatzia Apostolou, A., & Gelegenis, J. J., 2015).
A partir do uso de algoritmos sofisticados de ML e dados de alunos em risco, foi possível avaliar aspectos comportamentais e a previsão de desempenho do aluno (Sharma, K., Papamitsiou, Z., & Giannakos, M., 2019).
<i>Chatbot</i> como ferramenta de IA identificou a partir da análise de dados, as atividades que se alinham com as necessidades do aluno (Villegas-Ch, W., Arias-Navarrete, A., & Palacios-Pacheco, X., 2020).
Modelos preditivos com base em dados relacionados ao comportamento fornecem ferramentas aos alunos que permitem o melhor gerenciamento de sua participação com base em percepções próprias. (Whitman, M., 2020).
O estudo utilizou o Kinect para gerar dados e empregou técnicas de ML para treinar classificadores que estimam os níveis de atenção do aluno. A ferramenta se mostrou eficiente na análise do processo de aprendizagem (Zaletelj, J., & Košir, A. (2017).

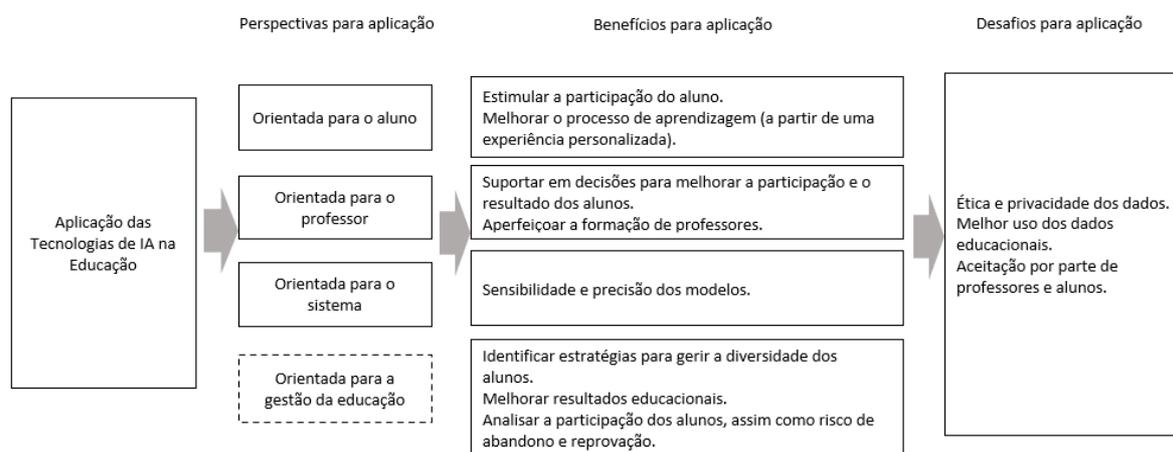
Fonte: Os autores

Os resultados mostram que a maioria das disciplinas relacionadas nos trabalhos em análise vêm da Ciência da Computação e STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Somente os estudos de Montalvo et al. (2018) e Nuankaew et al. (2019) estavam relacionados com a área de negócios, estratégia ou finanças. Este último apresentou uma pesquisa sobre a percepção de 309 estudantes universitários do curso de TI em Negócios, sobre o uso de ferramentas como SRL (*self-regulated learning*) e ML. O resultado apontou que os alunos ainda se concentram na aprendizagem formal. Os autores sugeriram a combinação de estratégias de aprendizagem colaborativas de IA. O estudo de Montalvo et al. (2018) propôs uma plataforma com base em técnicas de IA em que auxilia professores e alunos de finanças em um Curso de Graduação em Administração de Empresas, a estabelecer a relação entre conceitos chave ensinados no curso e a busca por notícias relevantes na área de finanças. Após pesquisa com mais de cem alunos, os autores mostraram que o uso de ferramentas de IA podem oferecer uma aprendizagem mais autônoma e criativa.

Os estudos sobre a aplicação da IA na educação procuram apresentar seus benefícios para alunos, professores e administradores, através de sistemas ou experiências de aprendizagem. Com base em modelos preditivos de IA na educação, são criados os perfis do aluno, previsão de seu desempenho acadêmico e probabilidade de abandono do curso. O grande volume de dados educacionais gerados em plataformas de aprendizagem, favorece a análise da evolução da aprendizagem dos alunos e uma abordagem de possíveis problemas, permitindo assim, a otimização do ambiente educacional (WAHEED et al., 2020). Os estudos sobre abandono do curso, apresentaram sistemas de alerta precoce para identificar alunos em risco (SÁIZ-MANZANARES et al., 2020). A partir da análise de uma grande volume de dados socioeconômicos de alunos de uma tradicional universidade na América Latina, Garcia-Vélez et al. (2019) buscaram estabelecer critérios para a previsão de desempenho acadêmico, abandono do curso e dados socioeconômicos. Os autores reforçaram que dados referentes ao histórico acadêmico do aluno, podem ser mais úteis que dados socioeconômicos ou traços de personalidade, para fins de previsões sobre o desempenho acadêmico do aluno.

A Figura 5, a seguir, propõe uma visão da aplicação da IA no ensino superior, principais benefícios e desafios. A partir do framework estabelecido por Baker et al. (2019) empregado neste estudo para auxiliar na análise das perspectivas para aplicação da IA, apresentamos como resultado desta RSL, uma perspectiva orientada para a gestão da educação. Segundo os autores, a perspectiva orientada para o sistema pode auxiliar gestores nas tomadas de decisões, porém de forma ampla, sem considerar características próprias da instituição.

Figura 5. Perspectivas, benefícios e desafios para aplicação da IA no Ensino Superior.



Fonte: Os autores (2021)

4.3 Limitações e pesquisas futuras

Revisões sistemáticas da literatura são uma boa forma de sintetizar descobertas de pesquisas quantitativas e qualitativas sobre um tema, porém não conseguem abarcar todas as pesquisas disponíveis. A metodologia de pesquisa desta revisão seguiu rigorosamente as etapas sugeridas por Kitchenham e Charters (2007), para a produção de resultados válidos. No entanto, temos que reconhecer as limitações de nosso estudo. O fato de só considerarmos artigos com estudos primários em um contexto muito específico do ensino superior, publicados em Inglês ou Espanhol, influenciou no resultado. Os critérios de exclusão e de avaliação da qualidade foram conservadores, com um recorte que optou pela precisão, em detrimento da abrangência. Com certeza, uma lente mais generalista teria apontado mais resultados, com potencial para exploração em pesquisas futuras.

Esperamos encorajar outros autores a pesquisar aplicações da IA na educação e considerando as limitações descritas anteriormente, um direcionamento para pesquisas futuras seria avaliar a redução dos critérios de qualidade e exclusão, assim como considerar estudos publicados em anais de congresso. Dessa forma, estudos com tecnologias emergentes poderiam ser incluídos.

Finalmente, avaliando o crescimento de tecnologias de IA na educação, seria interessante aprofundar a análise da produção científica sobre IA no ensino superior, apontando tendências nos estudos publicados e como podem direcionar para novos

questionamentos sobre os possíveis resultados da aplicação de IA para diferentes realidades e suas implicações éticas e de privacidade. Pelo menos há 20 anos, este tema já é discutido (AIKEN; EPSTEIN, 2000), mas sem efeito, pois é negligenciado por acadêmicos e sociedade em geral (HAGENDORFF, 2020). Segundo o autor, ética e privacidade para IA merecem ser tratadas com um olhar crítico, considerando o volume de dados gerados. No contexto educacional, ética e privacidade estão interligadas a aspectos, como confiança, responsabilidade e transparência, já que as informações coletadas para compreender e melhorar a qualidade de uma experiência de aprendizagem tem origem nas atividades de alunos (PARDO; SIEMENS, 2014).

A colaboração entre pesquisadores e outras partes interessadas poderiam priorizar estudos interdisciplinares longitudinais que apresentassem evidências para apoiar as rápidas mudanças na educação em resposta ao desenvolvimento tecnológico considerando as escolas de negócio e sua relevância na formação de profissionais na área de gestão e estratégia. Escolas de negócio são instituições de ensino especializadas em cursos e programas de ensino superior relacionados a negócios e/ou gestão (KAPLAN, 2018). Segundo o autor, estas instituições enfrentam, atualmente, enormes desafios com origem nas mudanças no ambiente educacional. Alunos de escola de negócios precisam se familiarizar com aplicações de IA e técnicas de modelagem preditiva para avaliar dados tendenciosos e novas tecnologias de IA, como ML ou DL. A análise de dados em tempo real surge como um tema promissor para a pesquisa em IA. Neste contexto, *Learning Analytics* poderia expandir a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem através de orientações mais práticas e auxiliar professores na melhoria dos processos de aprendizagem.

5. Considerações finais

Este estudo apresenta estado da arte de 30 estudos publicados sobre a aplicação da IA no ensino superior, entre 2010 e 2020. A revisão sistemática da literatura mostrou as principais tecnologias de IA utilizadas e os resultados obtidos. As questões de pesquisa foram respondidas por meio da análise das áreas, perspectivas abordadas, benefícios e desafios da aplicação da IA no ensino superior.

É importante destacar a aplicação prática deste estudo, pois oferece descobertas adicionais para entender melhor questões relevantes sobre a IA na educação. Descobrimos que *Intelligent support for collaborative learning (Adaptative group formation, Expert facilitation, Intelligent virtual agents e Intelligent moderation)* e *Intelligent Tutoring Systems* foram as intervenções mais utilizadas, com o objetivo de melhorar os processos de aprendizagem, fornecer *feedback*, ou criar modelos que ajudem na previsão de possível reprovação e até abandono do curso por parte do aluno. O desenvolvimento destas tecnologias de IA tem sua relevância cada dia mais evidente na educação.

Esse tipo de mapeamento pode auxiliar na identificação e escolha da intervenção mais adequada para um objetivo específico de aprendizagem. Os resultados apresentados neste artigo contribuem para uma melhor compreensão dos sistemas de IA e suas diferentes possibilidades de aplicações no Ensino Superior.

Referência

- AIKEN, Robert M.; EPSTEIN, Richard G. Ethical guidelines for AI in education: Start a conversation. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v.11p. 163-176, 2000.
- ALBEROLA, J. et al. An artificial Intelligence tool for heterogeneous team formation in the classroom. **KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS**, [S.l.], v. 101, p.1-14, 1 jun.2016.
<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.02.010>
- APARICIO Fernando et al. Perceptions of the use of intelligent information access systems in university level active learning activities among teachers of biomedical subjects. **International journal of medical informatics**, v.112, p. 21-33, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.12.016>
- ARAUJO, Lourdes et al. Deep-learning Approach to Educational Text Mining and Application to the Analysis of Topics Difficulty. **IEEE Access**, v.8, p. 218002-218014, 2020.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042099>
- BAKER, SMITH, LAURIE; ANISSA, NANDRA. Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. [S.l.], p.56, 2019. Disponível em: Fundação NESTA:
https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf
 Acesso em: 29 mar. 2021.
- BAÑERES, D. *et al.* An Early Warning System to Detect At-Risk Students in Online Higher Education. **APPLIED SCIENCES-BASEL**, [S. l.], v. 10, n. 13, jul. 2020. <https://doi.org/10.3390/app10134427>
- CHEN, S.-Y.; LEE, C. Perceptions of the Impact of High-Level-Machine-Intelligence from University Students in Taiwan: The Case for Human Professions, Autonomous Vehicles, and Smart Homes. **Sustainability**, [S. l.], v. 11, n. 21, p. 6133, nov. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11216133>
- CHEN, Xieling et al. Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v.1, p. 100002, 2020.
- CHOI, Younyoung; MCCLENEN, Cayce. Development of adaptative formative assessment system using computerized adaptive testing and dynamic Bayesian networks. **Applied Sciences**, v.10, n.22, p.8196, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10228196>
- DEO, R.C. *et al.* Modern Artificial intelligence Model Development for Undergraduate Student Performance Prediction: An Investigation on Engineering Mathematics Courses. **IEEE Access**, [S.l.], v.8, p. 136697-136724, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010938>
- FRANZONI, V. *et al.* Artificial Intelligence Visual Metaphors in E-Learning Interfaces for Learning Analytics. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 20, p. 7195, out. 2020.
<https://doi.org/10.3390/app10207195>
- FAULDS, David J.; RAJU, P.S. An interview on artificial intelligence with Mark Mills. **Business Horizons**, v.63, n.4, p. 463-468, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2020.03.005>
- GARCÍA-VÉLEZ, Roberto Agustín et al. On data protection regulation, big data and sledgehammers in Higher Education. **Applied Sciences**, v.9, n.15, p. 3084, 2019. <https://doi.org/10.3390/app9153084>
- HAENLEIN, M.; KAPLAN, A. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. **California Management Review**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 5–14, 2019.
<https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- HAGENDORFF, T. The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. **MINDS AND MACHINES**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 99–120, mar. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09517-8>
- HOLMES, W. *et al.* Learning analytics for learning design in online distance learning. **DISTANCE EDUCATION**, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 309–329, 2019.
<https://doi.org/10.1080/01587919.2019.1637716>
- HUSSAIN, M. *et al.* Student Engagement Predictions in an e-Learning System and Their Impact on Student Course Assessment Scores. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [S. l.], v. 2018, p. 1–21, out. 2018.

- HWANG, Gwo-Jen *et al.* A fuzzy expert system-based adaptative learning approach to improving students learning performances by considering affective and cognitive factors. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v.1, p. 100003, 2020.
- JAIN, G. P. *et al.* Artificial Intelligence-Based Student Learning Evaluation: A Concept Map-Based Approach for Analyzing a Student's Understanding of a Topic. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 267–279, jul. 2014.
- KAPLAN, Andreas. A school is “a building that has four walls...with tomorrow inside”: Toward the reinvention of business school. **Business Horizons**, v.61, n.4, p. 599-608, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.010>
- KAPLAN, A.; HAENLEIN, M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. **Business Horizons**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 15–25, jan. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- KITCHENHAM, B. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Version 2.3, EBSE Technical Report EBSE-2007-01, Keele University and University of Durham. 2007.
- KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (Technical Report N. EBSE-2007-01), Keele, UK: Keele University. 2007
- KITCHENHAM, Barbara *et al.* Systematic literature reviews in software engineering-a systematic literature review. **Information and software technology**, v.51, n.1, p.7-15, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- LIBERATI, Alessandro *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Journal of clinical epidemiology**, v.62, n.10, p. e-1-e34, 2009.
- LUCKIN, Rose *et al.* **Intelligence unleashed: An argument for AI in education**. Pearson Education. London. 2016. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1475756/> Acesso em: 16 de mar. 2021.
- MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1, 1 jan. 2015. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- MONTALVO, S.; PALOMO, J.; DE LA ORDEN, C. Building an Educational Platform Using NLP: A Case Study in Teaching Finance. **JOURNAL OF UNIVERSAL COMPUTER SCIENCE**, [S. l.], v. 24, n. 10, p. 1403–1423, 2018. <https://doi.org/10.3217/JUCS-024-10-1403>
- MOTA-VALTIERRA, G.; RODRÍGUEZ-RESÉNDIZ, J.; HERRERA-RUIZ, G. Constructivism-Based Methodology for Teaching Artificial Intelligence Topics Focused on Sustainable Development. **Sustainability**, [S. l.], v. 11, n. 17, p. 4642, ago. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11174642>
- MUSSO, M. F.; HERNÁNDEZ, C. F. R.; CASCALLAR, E. C. Predicting key educational outcomes in academic trajectories: a machine-learning approach. **Higher Education**, [S. l.], v. 80, n. 5, p. 875–894, nov. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00520-7>
- NICHOLAS, D. *et al.* Peer review: still king in the digital age. *Learned Publishing*, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 15–21, 2015. <https://doi.org/10.1087/20150104>
- NUANKAEW, W. S. *et al.* Perception and Attitude Toward Self-Regulated Learning of Thailand's Students in Educational Data Mining Perspective. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)**, [S. l.], v. 14, n. 09, p. 34, 14 may 2019. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i09.10048>
- PARDO, A. *et al.* Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. **BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 128–138, jan. 2019. <https://doi.org/10.1111/bjet.12592>
- PARSIFAL. Disponível em: <https://parsif.al/>. 2019

- PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. John Wiley & Sons, 2008.
- POPENICI, S. A. D.; KERR, S. Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 22, nov. 2017. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- RAPANTA, C.; WALTON, D. The Use of Argument Maps as an Assessment Tool in Higher Education. **INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH**, [S. l.], v. 79, p. 211–221, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.03.002>
- RENZ, A.; HILBIG, R. Prerequisites for artificial intelligence in further education: identification of drivers, barriers, and business models of educational technology companies. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 14, abr. 2020. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00193-3>
- ROMERO, C.; VENTURA, S. Data mining in education. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, v.3, n.1, p.12-27, 2013 <https://doi.org/10.1002/widm.1075>
- ROMERO, Cristobal; VENTURA, Sebastian. Educational data mining and learning analytics: An updated survey. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, v.10, n.3, p. e1355, 2020. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- ROMINE, William L. et al. Using Machine Learning to Train a Wearable Device for Measuring Students Cognitive Load during Problem-Solving Activities Based on Electrodermal Activity, Body Temperature, and Heart Rate: Development of a Cognitive Load Tracker for Both Personal and Classroom Use. **Sensors**, v.20, n.17, p. 4833, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20174833>
- RUSSEL, Stuart; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. Trad. Regina Célia Simille. 3 ed.- Rio de Janeiro: Campus Elsevier. 2013.
- SAIZ-MANZANARES, M.; MARTICORENA-SANCHEZ, R.; GARCIA-OSORIO, C. Monitoring Students at the University: Design and Application of a Moodle Plugin. **APPLIED SCIENCES-BASEL**, [S. l.], v. 10, n. 10, may 2020. <https://doi.org/10.3390/app10103469>
- SAMARAKOU, M.; TSAGANOU, G.; PAPADAKIS, A. An e-Learning System for Extracting Text Comprehension and Learning Style Characteristics. **Journal of Educational Technology & Society**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 126–136, jan. 2018. <https://doi.org/10.3991/ijet.v10i3.4484>
- SAMIN, H.; AZIM, T. Knowledge Based Recommender System for Academia Using Machine Learning: A Case Study on Higher Education Landscape of Pakistan. **IEEE Access**, [S. l.], v. 7, p. 67081–67093, 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912012>
- SANDU, N.; GIDE, E. Analysis of the Main Factors Affecting the Adoption of Cloud based Interactive Mobile Learning in the Australian Higher Education Sector. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 43, 30 aug. 2018. <https://doi.org/10.3991/ijim.v12i4.9200>
- SHARMA, K.; PAPAMITSIOU, Z.; GIANNAKOS, M. Building pipelines for educational data using AI and multimodal analytics: A “grey-box” approach. **BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY**, [S. l.], v. 50, n. 6, p. 3004–3031, nov. 2019. <https://doi.org/10.1111/bjet.12854>
- SIT, C. et al. Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial intelligence and radiology: a multicentre survey. **Insights into Imaging**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 14, dez. 2020. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0830-7>
- VILLEGAS-CH, W.; ARIAS-NAVARRETE, A.; PALACIOS-PACHECO, X. Proposal of an Architecture for the Integration of a Chatbot with Artificial Intelligence in a Smart Campus for the Improvement of Learning. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 1500, 18 feb. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12041500>
- VINICHENKO, M. V.; MELNICHUK, A. V.; KARÁCSONY, P. Technologies of improving the university efficiency by using artificial intelligence: motivational aspect. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 2696–2714, 1 jun. 2020. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(9\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(9))

WAHEED, Hajra et al., Predicting academic performance of students from VLE big data using deep learning models. **Computers in Human Behavior**, v.104, p.106189, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106189>

WEBSTER, Jane; WATSON, Richard T. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. **MIS Quarterly**, p. xiii-xxiii, 2002.

WHITMAN, M. "We called that a behavior": The making of institutional data. **Big Data & Society**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 205395172093220, jan. 2020.

XIE, T. *et al.* Modeling and Predicting the Active Video-Viewing Time in a Large-Scale E-Learning System. **IEEE Access**, [S. l.], v. 5, p. 11490–11504, 2017.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2717858>

ZALETELJ, J.; KOŠIR, A. Predicting students' attention in the classroom from Kinect facial and body features. **EURASIP Journal on Image and Video Processing**, [S. l.], v. 2017, n. 1, p. 80, dez. 2017.

<https://doi.org/10.1186/s13640-017-0228-8>