

AGENTES INTELIGENTES PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Sanval Ebert de Freitas Santos
Instituto Federal da Bahia
sanvalebert@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3196-6468>

Submitted June 4, 2023 - Accepted December 23, 2024
DOI: 10.15628/holos.2024.15584

RESUMO

A aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem iniciou-se na década de 1990, quando pesquisadores começaram a explorar a possibilidade de incorporar tecnologias de inteligência artificial em softwares educacionais. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de caracterizar o conhecimento atual sobre a utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. A metodologia considerou a formulação de questões norteadoras, seleção de estudos, avaliação, extração e análise de dados que

apontaram como os agentes inteligentes podem ser utilizados em etapas do processo educacional. Como resultados, destaca-se que o objeto de estudo tem crescido como área de pesquisa nos últimos anos. Entretanto, é importante ressaltar que a aplicação de técnicas de inteligência artificial na educação, impõe desafios, tais como a necessidade de integrá-las com as práticas pedagógicas existentes, além da preocupação com questões éticas e de privacidade de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Agentes inteligentes, Ambientes virtuais, Ensino e Aprendizagem, Inteligência artificial, Tecnologias Educacionais.

INTELLIGENT AGENTS FOR VIRTUAL TEACHING AND LEARNING ENVIRONMENTS: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

The application of intelligent agents in virtual teaching and learning environments began in the 1990s, when researchers began to explore the possibility of incorporating artificial intelligence technologies in educational software. In this context, this work aims to characterize the current knowledge about the use of intelligent agents in virtual teaching and learning environments. The methodology considered the formulation of guiding questions, selection of studies, evaluation, extraction, and analysis of data that pointed out how intelligent agents can be used in stages of the educational process. As results, it is noteworthy that the object of study has grown as an area of research in recent years. However, it is important to emphasize that the application of artificial intelligence techniques in education poses challenges, such as the need to integrate them with existing pedagogical practices, besides the concern with ethical and data privacy issues.

PALAVRAS-CHAVE: intelligent agents, virtual environments, teaching and learning, artificial intelligence.

1 APRESENTAÇÃO

A história dos ambientes virtuais de ensino e aprendizagem é marcada por uma evolução constante, impulsionada pelos avanços tecnológicos e pela necessidade de promover uma educação mais acessível e inovadora. Desde a década de 1960, com o surgimento dos primeiros sistemas computacionais interativos, já se vislumbrava a possibilidade de utilizar a tecnologia para fins educacionais.

Na década de 1980, com o advento dos computadores pessoais e da internet, surgiram os primeiros ambientes virtuais de aprendizagem, como o PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations) e o CSILE (Computer-Supported Intentional Learning Environment). Com o aprimoramento da internet e a popularização dos computadores pessoais na década de 1990, os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem se tornaram mais sofisticados e acessíveis, surgindo os primeiros Learning Management Systems (LMS), como o WebCT, Moodle, Canvas LMS e Blackboard, que ofereciam funcionalidades como gerenciamento de conteúdo, comunicação e avaliação online.

No início do século XXI, esses ambientes passaram a incorporar cada vez mais recursos tecnológicos, como vídeo aulas, jogos educacionais, simulações, realidade virtual e inteligência artificial. Além disso, com o advento das redes sociais, surgiram novas formas de interação entre os agentes das comunidades educacionais, como grupos no Facebook, Instagram, Slack, Discord e fóruns em plataformas de compartilhamento de conteúdo.

Recentemente, com a pandemia de COVID-19 e o aumento da demanda por educação a distância, as instituições de ensino de todo o mundo aceleraram o processo de digitalização e adotaram novas tecnologias para garantir a continuidade do ensino. Surgiram novas plataformas de ensino à distância, como o Zoom, o Google Classroom e o Microsoft Teams, que permitem a realização de aulas síncronas, o compartilhamento de conteúdo e a interação em tempo real entre estudantes e professores. Neste contexto, os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem passaram por relevante inovação ao começar a incorporar técnicas de inteligência artificial, como agentes inteligentes, que permitem personalizar o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Santos et al. (2021), os agentes inteligentes se caracterizam como programas capazes de aprender e tomar decisões, por meio de algoritmos de Inteligência Artificial, interagindo com os usuários e fornecendo orientações, respostas a perguntas, feedback e adaptando o conteúdo conforme as necessidades e preferências do usuário. As aplicações de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem incluem tutores inteligentes, personagens virtuais, assistentes virtuais e feedback em tempo real durante a realização de atividades. Como desdobramento, empresas na área de tecnologia e instituições de ensino discutem e impulsionam investimentos em pesquisa e desenvolvimento de agentes inteligentes para ambientes virtuais de aprendizagem, buscando soluções que melhorem a eficiência no processo de ensino e aprendizagem, proporcionando uma experiência mais personalizada para os usuários envolvidos.

No entanto, a falta de estudos que investiguem a incorporação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem pode ser caracterizada como um desafio, abrindo uma lacuna de conhecimento que pode estimular a realização de novas pesquisas na área, proporcionando uma base relevante de evidências que possam orientar novos estudos e abrir caminhos para que as organizações possam maximizar o potencial inovador da tecnologia. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo caracterizar o conhecimento atual sobre o uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem.

Diante o exposto, este trabalho tem como objetivo caracterizar o conhecimento atual sobre o uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Para isso, está estruturado em quatro seções: além desta introdução, a seção 2 descreve os métodos utilizados, a seção 3 descreve os resultados e discussões e a seção 4 apresenta as considerações finais.

2. METODOLOGIA

A construção desta revisão sistemática de literatura fundamentou-se na metodologia de Kitchenham (2004), com a intenção de ampliar a relevância dos materiais selecionados para a pesquisa. A seguir, são descritas as etapas realizadas:

2.1. Planejamento

Com o propósito de apresentar uma visão panorâmica das pesquisas que têm sido realizadas para impulsionar as relações de ensino e aprendizagem através da aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, foram elaboradas as seguintes questões norteadoras:

Q1 - Quais são as bases de dados científicas com o mais elevado índice de publicações considerando as categorias da pesquisa?

Q2 - Qual é o estrato das produções científicas, considerando os trabalhos correlatos identificados seguindo os critérios de inclusão e exclusão?

Q3 - Existem instituições cujos trabalhos se sobressaem em pesquisas correlatas à aplicabilidade de agentes inteligentes em ambientes virtuais de aprendizagem?

Q4 - Quais são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Q5 - Quais são os objetivos do uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Q6 - Quais são as principais técnicas e tecnologias que vêm sendo utilizadas na implementação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Q7 - Quais são os principais resultados constatados nos estudos, considerando o objeto de análise?

Para contribuir com os resultados deste estudo, foram definidos os idiomas de busca, as bases de conhecimento científico, os descritores, além dos critérios de exclusão e inclusão para trabalhos correlatos, considerando o período de 2009 a 2023, pela relevância e crescimento de pesquisas que discutem a inovação nas relações de ensino e aprendizagem a partir da incorporação de tecnologias.

2.2. Coleta e análise de dados

A fim de subsidiar a escolha dos artigos para a busca de respostas às questões norteadoras, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) *Identificação de bases de dados através da seleção de trabalhos correlatos publicados entre 2010 e 2022 nas bases de dados científicas indicadas a seguir:*

Tabela 1 – Bases de dados

Id	Bases de dados
01	EEE Xplore Digital Library
02	Scientific Research
03	ScienceDirect
04	SpringerLink
06	Scielo
07	Portal de Periódicos da CAPES:
08	Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação
09	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP
10	Google Scholar

b) *Identificação de artigos em bases de dados científicas utilizando descritores, inclusive booleanos, conforme a seguir:*

Tabela 2 – Descritores

Id	Bases de dados
01	Agentes inteligentes
02	Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem
03	Agentes inteligentes e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem
04	Agentes inteligentes ou ambientes virtuais de ensino e aprendizagem
05	Intelligent agents
06	Virtual environments
07	Learning management system
08	Education
09	Inteligência artificial
10	Artificial neural network

c) *Os critérios de inclusão levaram em consideração a convergência com o objeto de estudo, buscando identificar e analisar documentos através da seleção de trabalhos correlatos qualificados como:*

- A1, A2, A3 e A4: artigos científicos publicados em revistas científicas, especialmente por terem mais audiência, indexadas em bases de dados renomadas;
- B1, B2, B3 e B4: artigos científicos publicados em revistas científicas reconhecidas, com resultados relevantes e convergentes com o objeto de estudo;
- C: trabalhos de eventos científicos, como congressos e conferências, com resultados relevantes e convergentes com o objeto de estudo.

2.3. Mineração de texto

Para contribuir com a análise de dados, foi utilizada a técnica de mineração de texto (VIVIAN et al., 2022), que permitiu a extração de informações importantes, tais como palavras-chave, tópicos, conceitos e relações entre termos, através do software Orange, uma ferramenta de análise de dados e mineração de texto de código aberto que pode ser acessada através do endereço eletrônico <https://orangedatamining.com/>. O processo de análise dos dados foi realizado considerando as etapas a seguir:

- a) Importação dos arquivos: os arquivos foram importados no formato de texto simples ou em formato de arquivo PDF;
- b) Pré-processamento: a etapa de pré-processamento envolveu a remoção de stopwords nas línguas portuguesa e inglesa. As stopwords são palavras que aparecem com frequência nos textos, mas que não contêm informações relevantes para a análise;
- c) Aplicação de ferramentas de análise: neste estágio, foram aplicadas ferramentas de análise, como a de frequência de palavras, extração de palavras-chave e a análise de tópicos, que permitiram uma compreensão mais profunda do conteúdo dos textos;
- d) Visualização dos resultados: a visualização dos resultados foi realizada por meio de gráficos e tabelas que facilitaram a identificação de padrões e tendências;
- e) Interpretação dos resultados: a interpretação dos resultados foi realizada por meio da análise de correlação e clusterização. A análise de correlação permitiu identificar as relações entre as palavras e os tópicos, enquanto a clusterização agrupou os textos com base em sua semelhança temática.

2.4. Síntese dos resultados

Para garantir a relevância dos materiais selecionados para a pesquisa considerando as etapas descritas, realizou-se a leitura e verificação de uma amostra inicial da ordem de 67 resumos de trabalhos correlatos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, o número de artigos foi reduzido para 15, que constituem o conjunto final de trabalhos completamente analisados para contribuir com as respostas para as questões de pesquisa. Para ilustrar, o diagrama a seguir descreve as etapas do processo:

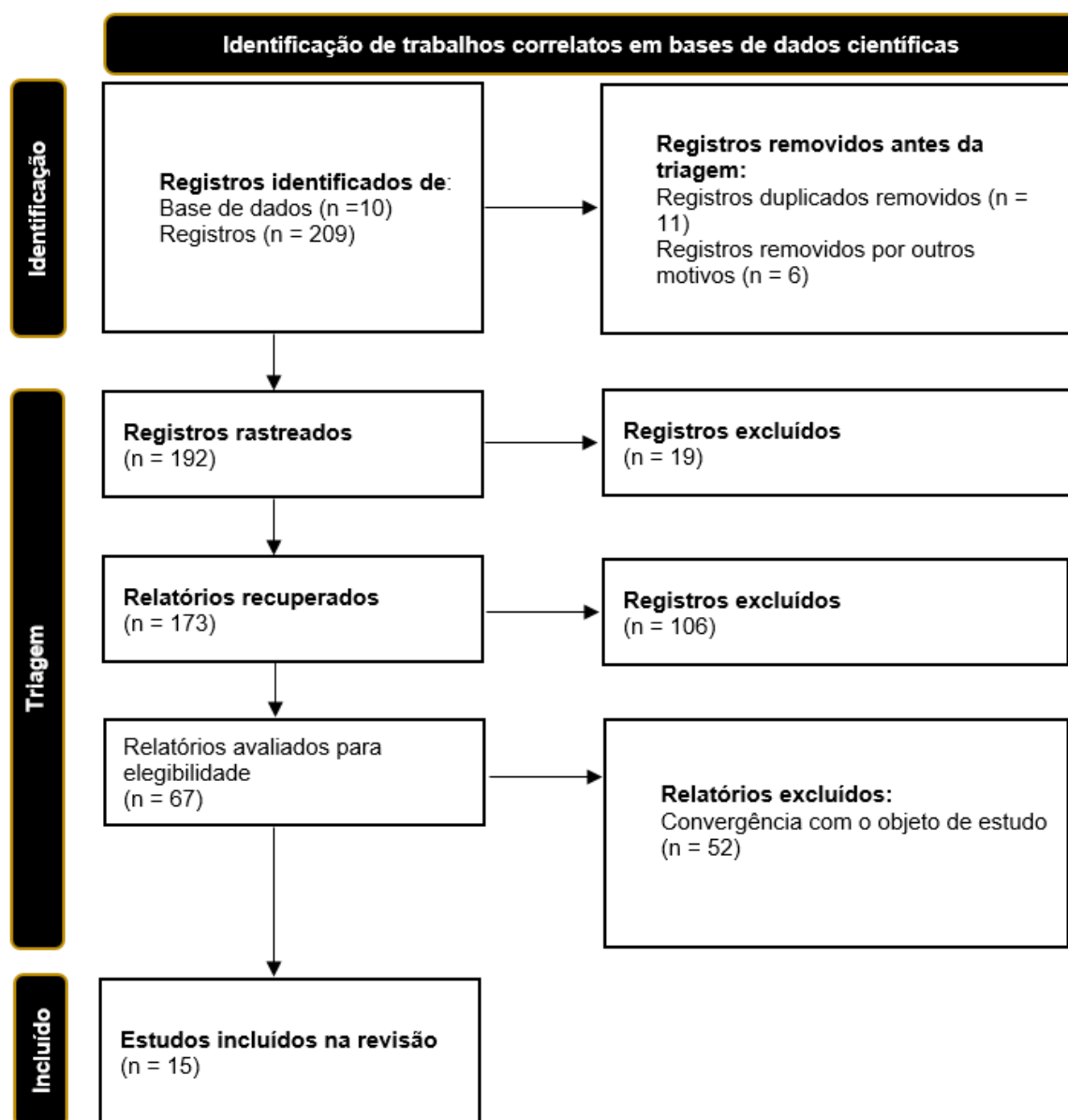


Figura 1 - Diagrama de fluxo de revisão sistemática, adaptado de PRISMA (Page et al., 2021)

Para a identificação dos estudos similares utilizados como base para a presente revisão sistemática, foi aplicada a técnica de análise de frequência de termos, considerando o coeficiente de correlação de Pearson. Essa técnica permitiu a identificação de termos com alta frequência de ocorrência em estudos relacionados ao objeto de investigação, possibilitando a seleção de materiais mais relevantes para a análise crítica. A partir dos estudos selecionados, foram realizadas as discussões e análises necessárias para a construção do presente estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 15 trabalhos permitiu a obtenção de dados correlatos às questões investigadas nesta revisão sistemática. Ademais, procedimentos de mineração textual foram empregados no corpus decorrente, agregando um total de 29.276 vocábulos. A seguir, a lista completa com todos os termos, quantidade e idioma:

Tabela 4 – Termos recorrentes

N.	TERMOS	QTDE	IDIOMA
1	Inteligência Artificial	3023	Português
2	Agentes Inteligentes	2388	Português
3	Artificial Intelligence	2.286	Inglês
4	Ambientes Virtuais De Ensino E Aprendizagem	2215	Português
5	Intelligent Agents	1.558	Inglês
6	Aprendizagem Adaptativa	1.555	Português
7	Learning Management System	1.466	Inglês
8	Tecnologias Educacionais	1.223	Português
9	Virtual Learning Environments	1.189	Inglês
10	Metodologias Ativas	1.120	Português
11	Artificial Neural Network	1.119	Inglês
12	Educação A Distância	1118	Português
13	Aprendizagem Colaborativa	1.021	Português
14	Design Instrucional	1.002	Inglês
15	E-Learning	1.002	Inglês
16	Gamificação	889	Inglês
17	Personalized Learning	871	Inglês
18	Plataformas Educacionais	789	Português
19	Machine Learning Algorithms	779	Inglês
20	Intelligent Tutoring Systems	745	Inglês
21	Mineração	690	Português
22	Educational Data Mining	676	Inglês
23	Gamification	552	Inglês
Total de Vocábulos		29276	

A Tabela 4 ilustra o conjunto de dados, que apresenta uma lista dos 23 termos mais frequentes relacionados ao objeto de estudo, considerando termos em português e inglês. Os cinco termos mais comuns são:

1. Inteligência artificial;
2. Agentes inteligentes;
3. Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem;
4. Aprendizagem Adaptativa;
5. Tecnologias Educacionais.

O total de termos em português é 19, correspondendo a 63,33% do total, enquanto o total de termos em inglês é 11, correspondendo a 36,67% do total. A seguir uma ilustração considerando os dados apurados.



Figura 2 – Nuvem de palavras

Os resultados alcançados através da mineração de texto permitiram ampliar a visão sobre o corpus em análise, contribuindo para ampliar os fundamentos para fornecer dados para ampliar as discussões provocadas a partir das questões norteadoras conforme descrito a seguir:

Q1 - Quais são as bases de dados científicas com o mais elevado índice de publicações considerando as categorias da pesquisa?

Tabela 5 – Bases de dados

Id	Bases de dados	Quantidade
01	IEEE Xplore Digital Library	01
02	Scientific Research	01
03	ScienceDirect	01
04	SpringerLink	03
06	Scielo	01

07	Portal de Periódicos da CAPES:	02
08	Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação	01
09	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP	02
10	Google Scholar	03

A consulta às bases de dados variadas e relevantes possibilitou acesso a uma variedade de trabalhos, incluindo periódicos, teses, dissertações e livros, em áreas do conhecimento correlatas, permitindo compreender o alcance sobre o objeto de estudo.

Q2 - Qual é o estrato das produções científicas, considerando os trabalhos correlatos identificados seguindo os critérios de inclusão e exclusão?

A elaboração desta revisão sistemática considera a avaliação da qualidade das produções científicas relacionadas às categorias da pesquisa. Para realizar essa avaliação, é possível utilizar o estrato dos trabalhos correlatos como indicador de qualidade e impacto das publicações na área de estudo, como descrito a seguir:

Tabela 6 – Estrato dos trabalhos correlatos

Id	Periódicos	Qualis
01	Computers & education	A1 para educação, ciência da computação e interdisciplinar
02	Revista brasileira de informática na educação	A4 para interdisciplinar/ ciência da computação
03	Revista educa mais	B3 para educação/ interdisciplinar
04	Smart learning environments	B1 para ensino e ciência da computação
05	Ensaio - avaliação e políticas públicas em educação	A1 para educação e interdisciplinar
06	Revista brasileira de informática na educação	A4 para ciência da computação, educação e interdisciplinar
07	IEEE Access	A3 para educação, ciência da computação e interdisciplinar
08	Educação temática digital	A1 para educação e interdisciplinar
09	Education and Information Technologies	A1 para educação, ciência da computação e interdisciplinar
10	Revista científica em educação a distância	A2 para educação e interdisciplinar
11	Creative Education	C para educação, ciência da computação e interdisciplinar

Essa análise do estrato das produções científicas é importante para avaliar a qualidade e a relevância dos trabalhos selecionados, além de identificar as principais tendências e lacunas na área de estudo.

Q3 - Existem instituições cujos trabalhos se sobressaem em pesquisas correlatas à aplicabilidade de agentes inteligentes em ambientes virtuais de aprendizagem?

Tabela 7 – Instituições de ensino

Id	Instituições de Ensino
01	Centro Universitário Senai Cimatec
02	Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
03	Instituto Federal da Bahia (IFBA)
04	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano)
05	Instituto Federal Catarinense (IFSC)
06	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
07	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
08	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
09	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
10	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
11	Universidade de São Paulo (USP)
12	Instituto Federal de Alagoas (IFAL)
13	Department of Statistics, University of Gujrat – Paquistão
14	International Black Sea University - Georgia
15	Universiti Teknologi Malaysia (UTM).
16	University, Saudi Arabia
17	University of Leeds, U.K. – Reino Unido
18	University of the South Pacific Suva – Fiji

É importante destacar a distribuição geográfica dos trabalhos considerando sua origem e gerando evidências tanto sobre a diversidade quanto a concentração de pesquisas. Dos 15 trabalhos, 10 (67%) foram produzidos por universidades americanas, indicando uma forte presença e influência dessas instituições na área de estudo em questão. As universidades brasileiras também tiveram uma representatividade significativa, com a produção de 4 trabalhos (27%). A Universidade de Sydney, na Austrália, figura com um trabalho (6%) publicado na área em questão.

Q4 - Quais são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Tabela 8 – Área do conhecimento

Área do conhecimento	Grande área	Quantidade de publicações	%
Inteligência Artificial (IA):	Ciências da Computação	22	32,8%
Educação	Ciências Humanas	18	26,8%
Psicologia cognitiva	Ciências Humanas	03	4,4%
Engenharia de software	Ciências da Computação	14	20,9%
Pedagogia	Ciências Humanas	06	9%
Matemática	Ciências Exatas e da Terra	04	6%
Total		67	

No contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, as áreas mais pesquisadas são Ciências da Computação e Ciências Humanas. Considerando a área do conhecimento, a de Inteligência Artificial (IA) lidera com 22 publicações (32,8%), seguida pela área de Educação com 18 publicações (26,8%). A Engenharia de Software também teve uma representatividade significativa, com 14 publicações (20,9%). Psicologia Cognitiva e Pedagogia tiveram 3 (4,4%) e 6 (9%) publicações, respectivamente. Os dados indicam que as pesquisas nesse contexto envolvem uma combinação de conhecimentos em tecnologia da informação e ciências humanas, como educação e psicologia.

Q5 - Quais são os objetivos do uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

O uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem tem como objetivo aprimorar a experiência educacional de professores e alunos. Esses objetivos incluem a personalização da aprendizagem, permitindo que o sistema adapte o conteúdo, o ritmo e o nível de dificuldade para as necessidades individuais. Os agentes inteligentes também podem ser projetados para ajudar os alunos a melhorar o desempenho acadêmico, fornecendo feedback personalizado e orientação durante todo o processo de aprendizagem. Além disso, podem facilitar a interação social em ambientes virtuais de aprendizagem, criando oportunidades para colaboração, discussão e feedback entre os alunos. Outra vantagem é a redução da carga cognitiva dos alunos, fornecendo suporte para tarefas como a organização de informações, a revisão de conceitos e a resolução de problemas. Por fim, os agentes inteligentes também podem ser usados para aumentar a motivação dos alunos, fornecendo feedback positivo, estímulo e recompensas para o engajamento e o progresso na aprendizagem.

Q6 - Quais são as principais técnicas e tecnologias que vêm sendo utilizadas na implementação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Para que os agentes possam desempenhar suas funções de maneira eficiente e eficaz, é relevante considerar o uso de tecnologias que permitam a sua implementação. Nesse sentido, algumas abordagens têm sido utilizadas para potencializar ambientes virtuais de ensino e aprendizagem que possam promover inovação nas relações de ensino e aprendizagem e proporcionar uma experiência de aprendizagem personalizada e adaptativa. Entre elas, destacam-se os sistemas de recomendação, que sugerem conteúdos de aprendizagem baseados nas preferências e histórico de navegação do usuário, os modelos de aprendizagem adaptativa, que personalizam o processo de aprendizagem conforme as necessidades individuais dos alunos, e os agentes pedagógicos, que interagem com os alunos e fornecem feedback personalizado e orientação durante todo o processo de aprendizagem. Além disso, os agentes de suporte ao aprendizado ajudam os alunos em tarefas específicas e as tecnologias de realidade virtual e aumentada são utilizadas para criar ambientes virtuais imersivos, aumentando a motivação e o engajamento dos alunos. Por fim, a análise de dados educacionais fornece insights sobre o desempenho e o comportamento dos alunos, permitindo que os educadores adaptem a experiência de aprendizagem conforme as necessidades individuais.

Q7 - Quais são os principais resultados constatados nos estudos considerando o objeto de análise?

Considerando a análise de quinze trabalhos correlatos, foi possível observar que a utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem se mostrou eficaz em melhorar o desempenho tanto na prática docente quanto na aprendizagem discente. Segue uma síntese dos resultados:

Tabela 8 – Resultados

Id	Trabalhos correlatos	Objetivo	Principais resultados
01	Akyuz(2020)	Analisar o impacto de sistemas de tutoria	Os resultados sugerem que a utilização desses sistemas pode melhorar a motivação e o desempenho dos

		inteligente na aprendizagem personalizada.	estudantes, bem como promover a aprendizagem autônoma e a autoeficácia.
02	Asif. et al. (2017)	Construir uma análise de mineração de dados educacionais para identificar fatores que influenciam o desempenho dos estudantes universitários.	Os resultados indicaram que o nível de participação dos estudantes em atividades acadêmicas e a sua nota média em disciplinas pré-requisito são fatores significativos na previsão do desempenho acadêmico.
03	Costa e Fernandes (2021)	Propor um modelo de planejamento automatizado baseado em algoritmos genéticos e na Taxonomia de Bloom para sequenciar ações pedagógicas em sala de aula.	Os resultados indicaram que o modelo proposto é capaz de gerar sequências de atividades que promovem a aprendizagem e o engajamento dos estudantes.
04	Freitas et al. (2021)	Propor uma arquitetura baseada em agentes inteligentes para integrar ambientes virtuais de aprendizagem.	Os resultados indicaram que a utilização de agentes inteligentes pode melhorar a interação dos estudantes com o ambiente virtual de aprendizagem e promover a personalização da aprendizagem.
05	Yağcı(2022)	Analisar o desempenho acadêmico usando algoritmos de aprendizado de máquina. As informações incluíam dados demográficos, notas de provas e frequência às aulas, sendo analisados para a realização das previsões.	Foi evidenciado que algoritmos de aprendizado de máquina podem ser usados para prever o desempenho acadêmico dos alunos com alta precisão.
06	Palomino(2022)	Apresentar uma abordagem de gamificação para ambientes virtuais de aprendizagem que se concentra na narrativa e na experiência do usuário.	A pesquisa destaca a importância do design de jogos na criação de experiências de aprendizagem atraentes e eficazes.
07	Parreira et al. (2021)	Analisar as percepções e avaliações de professores sobre o uso de tecnologias de inteligência artificial na educação.	Foram identificados desafios, como a necessidade de treinamento para usar essas tecnologias e a preocupação com a privacidade dos dados dos alunos.
08	Reis et al. (2018)	Construir uma revisão sistemática sobre sistemas tutores inteligentes que	A pesquisa destaca a importância de considerar as emoções dos alunos

		detectam as emoções dos alunos.	durante a aprendizagem para melhorar o engajamento e a eficácia.
09	S. Alserhan et al. (2023)	Propor um ambiente virtual baseada em sistemas de gerenciamento de aprendizagem.	A plataforma inclui recursos como feedback adaptativo e análise de dados para apoiar a aprendizagem personalizada.
10	Silva e Cruz (2017)	Apresentar um estudo de caso sobre o uso de mineração de dados, mediante a aplicação de redes neurais artificiais na predição de perfis dos discentes.	Os resultados sinalizaram para a identificação do perfil de cada discente, reduzindo assim o tempo gasto pela instituição para detectar possíveis deficiências de ensino, permitindo a adoção de ações proativas de estímulo aos discentes, visando superar os altos índices de evasão e reprovação.
11	Santos et al. (2021)	Discutir as perspectivas tecnológicas para a integração da Inteligência Artificial e da virtualização em ambientes de ensino e aprendizagem.	Os resultados apontam para desafios e possibilidades relacionados à personalização do ensino, à adaptação de conteúdos e à avaliação automatizada, entre outros temas.
12	Sharma e Harkishan (2022)	Desenvolver um sistema de tutoria inteligente para o ensino de programação de computadores na região do Pacífico, com o objetivo de fornecer feedback personalizado aos alunos e melhorar a eficácia do ensino.	Os resultados mostraram que o sistema foi bem recebido pelos alunos e teve um impacto positivo no desempenho acadêmico.
13	Vivian et. Al. (2022)	Construir uma revisão sistemática de literatura sobre mineração de dados educacionais e análise de sentimentos em ambientes virtuais de aprendizagem.	Os autores identificam tendências, lacunas e desafios, destacando a importância de se considerar os aspectos éticos e de privacidade dos dados.
14	Zawacki-Richter et. Al. (2019)	Construir uma revisão sistemática de literatura sobre o uso da Inteligência Artificial na educação superior, com ênfase nas aplicações voltadas para o ensino e a aprendizagem.	Os autores destacam a necessidade de envolver os educadores no processo de desenvolvimento dessas tecnologias, a fim de garantir que elas atendam às necessidades reais dos alunos e dos professores.
15	Zem(2017)	Propor uma abordagem de avaliação de qualidade de	A autora apresenta um modelo para avaliar a usabilidade, a acessibilidade, a qualidade do conteúdo e outros

		sistemas educacionais baseados em web semântica.	aspectos relevantes para o sucesso desses sistemas.
--	--	--	---

Outro resultado que se desdobra a partir deste estudo aponta que a maioria dos artigos (86,6%) foi publicada entre 2017 e 2023, totalizando 13 trabalhos. O ano de 2022 teve o maior número de publicações (4 artigos), representando 26,7% do total de publicações analisadas. Dos artigos selecionados, 07 foram publicados em língua inglesa e 08 em português. Os estudos analisados incluem a utilização de sistemas de tutoria inteligente, jogos educacionais adaptativos, ambientes virtuais de aprendizagem com agentes inteligentes, sistemas móveis de aprendizagem e até mesmo a utilização de aprendizado de máquina para predição de carga cognitiva em simuladores. Todos apresentaram resultados relevantes, demonstrando o potencial das tecnologias inteligentes para impulsionar as relações de ensino e aprendizagem.

4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura que investiga a aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. A revisão destaca que essa abordagem tem sido uma área de pesquisa em crescimento nos últimos anos, com um número significativo de estudos que exploram seus benefícios e desafios. Após selecionar 15 trabalhos correlatos, seguindo os fundamentos da metodologia de Kitchenham e aplicando critérios de inclusão e exclusão, foi possível compreender a amplitude do objeto de estudo de forma mais aprofundada, identificando as principais técnicas e tecnologias, bem como os objetivos alcançados.

Observou-se que a educação, a psicologia e a computação são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Além disso, foi identificado um número relevante de objetivos alcançados, incluindo a personalização da aprendizagem, a melhoria do desempenho acadêmico, a facilitação da interação social, a redução da carga cognitiva e o aumento da motivação dos alunos.

Também foi possível identificar relevantes aplicações de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, como sistemas de recomendação, modelos de aprendizagem adaptativa, agentes pedagógicos, agentes de suporte ao aprendizado, realidade virtual e

aumentada. Essas abordagens têm o potencial de contribuir para a evolução das relações de ensino e aprendizagem, fornecendo um ambiente mais personalizado, adaptativo, inovador e interativo.

Embora a revisão destaque as oportunidades oferecidas pela utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, ela também aponta para os desafios enfrentados na aplicação dessas tecnologias, como a dificuldade em integrá-las com as práticas pedagógicas existentes, a necessidade de treinamento e capacitação de professores e alunos, e a preocupação com questões éticas e de privacidade de dados.

Por fim, a revisão sistemática apontou tendências e perspectivas futuras de pesquisa na área, destacando a necessidade de mais estudos e da avaliação crítica das abordagens utilizadas. A utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem oferece um número relevante de oportunidades para aprimorar a educação e promover uma aprendizagem mais efetiva e significativa, mas é necessário abordar os desafios para que essa abordagem possa ser amplamente utilizada.

5. AGRADECIMENTO

Os autores gostariam de agradecer o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Ingrid Winkler é uma bolsista de desenvolvimento tecnológico do CNPq (Proc. 308783/2020-4).

6. REFERÊNCIAS

Akyuz, Y. (2020). *Effects of intelligent tutoring systems (ITS) on personalized learning (PL)*. Creative Education, 11(6), 953–978. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=101287>

Alserhan, S., Alqahtani, T. M., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., & Abuhassna, H. (2023). *Personal learning environments: Modeling students' self-regulation enhancement through a learning management system platform*. IEEE Access, 11, 5464-5482. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10015756>

Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N. G. (2017). *Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining*. Computers and Education, 113, 177–194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>

Costa, N. T., & Fernandes, M. A. (2021). *Sequenciamento de ações pedagógicas baseadas na taxonomia de Bloom usando planejamento automatizado apoiado por algoritmo genético*. Revista Brasileira de Informática na Educação, 29, 485-501. <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/rbie/article/view/2791/1960>

Freitas, M. F., Rockenbach, T. L. M., & Maria, V. R. (2021). *Proposta de arquitetura baseada em agentes inteligentes integrados em ambientes E-learning*. Revista Educar Mais, 5(2), 249–260. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.5.2021.2163>

Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews* (Keele University Technical Report No. TR/SE-0401; NICTA Technical Report No. 0400011T.1). Keele University. http://www.elizabete.com.br/rs/Tutrial_IHC_2012_files/Conceitos_RevisaoSistematica_kitchenham_2004.pdf

Lopes, A. M. (2017). *Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em Web Semântica* (Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática, USP – São Carlos). https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-01022018-084626/publico/AparecidaMariaZemLopes_revisada.pdf

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. Systematic Reviews, 10, 71. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105906>

Palomino, P. T. (2022). *Gamification of virtual learning environments: A narrative and user experience approach* (Doctoral dissertation, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática, USP – São Carlos). https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-26072022-105616/publico/PaulaToledoPalomino_revisada.pdf

Parreira, A., Lehmann, L., & Oliveira, M. (2021). *O desafio das tecnologias de inteligência artificial na educação: percepção e avaliação dos professores*. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 29(113). <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>

Reis, H. M., Jaques, P., & Isotani, S. (2018). *Sistemas tutores inteligentes que detectam as emoções do estudante: Um mapeamento sistemático*. Research and Innovation in Brazilian Education, 2ª ed., 1, 101-104. <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/7184>

Santos, S. E. de F., Jorge, E. M. de F., & Winkler, I. (2021). *Inteligência artificial e virtualização em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem: desafios e perspectivas tecnológicas*. ETD - Educação Temática Digital, 23(1), 2–19. <https://doi.org/10.20396/etd.v23i1.8656150>

Sharma, P., & Harkishan, M. (2022). *Designing an intelligent tutoring system for computer programming in the Pacific*. Education and Information Technologies, 27, 6197–6209. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10882-9>

Silva, E., & Cruz, J. (2019). *Mineração de dados educacionais: Uso de redes neurais artificiais na predição do perfil acadêmico do aluno - IFAL Campus Maragogi*. In: Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE), 2019, Ilhéus. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação. p. 556-564. <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/9018>

Vivian, R. L., Cazella, S. C., Machado, L. R., & Behar, P. A. (2022). *Mineração de dados educacionais e análise de sentimentos em ambientes virtuais de aprendizagem: Um mapeamento sistemático*. EaD Em Foco, 12(2), e1786. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/243306>

Yağcı, M. (2022). *Educational data mining: Prediction of students' academic performance using machine learning algorithms*. Smart Learning Environments, 9(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00192-z>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Richter, B. (2019). *Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?*. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Santos, S. E. de F., Winkler, I., Araújo, M. L. V. ., Jorge, E. M. de F. ., Filho, A. S. N. ., & Saba, H. . (2024). AGENTES INTELIGENTES PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. HOLOS, 5(40). <https://doi.org/10.15628/holos.2024.15584>

ABOUT THE AUTHORS

Sanval Ebert de Freitas Santos

Instituto Federal da Bahia

<https://orcid.org/0000-0003-3196-6468>

Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-6505-6636>

Marcio Luís Valença Araújo

Instituto Federal da Bahia, Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-2376-0160>

Eduardo Manuel de Freitas Jorge

Universidade do Estado da Bahia

<https://orcid.org/0000-0002-8597-5805>

Aloisio Santos Nascimento Filho

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-5601-8459>

Hugo Saba
Universidade do Estado da Bahia
<https://orcid.org/0000-0001-8402-6416>

Editor: Francinaide de Lima Silva Nascimento

Ad Hoc Reviewer: Gabriel Ricardo Hanauer e José Leônidas Alves do Nascimento



Submitted June 4, 2023

Accepted December 23, 2024

Published June 8, 2025