

Elaboração e aplicação de sistemas de recomendação para a personalização do Ensino: uma revisão sistemática

Development and application of recommendation systems for teaching personalization: a systematic review

Emanoel Carvalho Lopes ¹

Ingryd Hemilly de Alencar Lima ²

Emanuel Ferreira Coutinho ³

Edgar Marçal ⁴

Leonardo Oliveira Moreira ⁵

Gabriel Antoine Louis Paillard ⁶

RESUMO: Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação da personalização do ensino como solução para a crise educacional atual, enfatizando a formação integral do aluno como uma ferramenta indispensável para o aprendizado efetivo, em contraste ao ensino massivo, fragmentado e alienante. A metodologia utilizada permitiu agrupar e avaliar as evidências empíricas de um determinado campo de estudo a partir da análise das pesquisas relevantes disponíveis no tema de estudo, obtendo, assim, conclusões sobre as questões de pesquisa definidas. Foram escolhidos 21 estudos sobre como personalizar o ensino, incluindo filtragem

¹ Licenciado em Química (UECE). Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Estácio). Mestrando em Tecnologia Educacional na Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4286-1111> Email: emanoel@virtual.ufc.br

² Graduada em Enfermagem pelo Centro Universitário UNIFAMETRO. Mestranda em Tecnologia Educacional na Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5368-5397> E-mail: ingrydhemilly@gmail.com

³ Graduado, Mestre e Doutor em Ciência da Computação (UFC). Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC). <https://orcid.org/0000-0003-2233-7109> E-mail: emmanuel@virtual.ufc.br

⁴ Graduado, Mestre e Doutor em Ciência da Computação (UFC). Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5037-2724> E-mail: edgar@virtual.ufc.br

⁵ Graduado, Mestre e Doutor em Ciência da Computação (UFC). Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3276-8893> E-mail: leomoreira@virtual.ufc.br

⁶ Graduado, Mestre e Doutor em Ciência da Computação (Paris-Nord). Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3608-2637> E-mail: gabriel@virtual.ufc.br



colaborativa e filtragem de conteúdo, além de técnicas e sistemas de recomendação de conteúdo. Foram discutidas as limitações de quatro artigos com mais qualidade, segundo os critérios de qualidade adotados neste estudo. A conclusão aponta para a necessidade de acrescentar métricas para avaliar as melhorias na aprendizagem dos usuários e explorar outras técnicas para aprimorar a aprendizagem, como o uso de algoritmos genéticos e algoritmos de colônias de abelhas.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem, Moodle, Sistema de Recomendação.

ABSTRACT: This article presents a systematic review of the literature on the application of personalized teaching as a solution to the current educational crisis, emphasizing the integral formation of the student as an indispensable tool for effective learning. The methodology used allowed it to group and evaluate the empirical evidence of a given field of study by analyzing the relevant research available on the subject of study, thus obtaining conclusions on the defined research questions. Twenty-one studies were chosen to examine how to personalize teaching, including collaborative filtering and content filtering, as well as content recommendation techniques and systems. The limitations of four articles with the highest quality, as per the quality criteria utilized in this study, were analyzed. The conclusion suggests that we should add metrics to evaluate improvements in user learning and explore other techniques for improving learning, such as genetic algorithms and bee colony algorithms.

KEYWORDS: Learning, Moodle, Recommendation System.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Inteligência Artificial (IA) está, cada vez mais, incorporada nos processos de ensino-aprendizagem, desde os anos iniciais do ensino fundamental até o ensino superior, nos cursos de graduação e pós-graduação, pois pode trazer vantagens, desafios e riscos a serem tratados (Barros *et al.*, 2023). Nesse sentido, Zorić (2020) lista melhorias no processo de aprendizagem, como o aumento nas taxas de conclusão de cursos, aprimoramento no combate à evasão, previsão de desempenho dos alunos, entre outros.

Em âmbito internacional, o relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco, 2023), informa que foi lançado em novembro de 2021 recomendações sobre a Ética da Inteligência Artificial. Resultado de um processo de dois anos, envolvendo o empenho de vários especialistas, além de consultas públicas em busca de elaborar o primeiro instrumento de definições de padrões sobre o assunto.

No cenário nacional, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) espera que o aluno aja autonomamente, com responsabilidade, resiliência, flexibilidade e determinação, a

Revista Interdisciplinar

partir de princípios éticos, democráticos, inclusivos e sustentáveis. Esses princípios são amplamente almejados e alcançados pela educação personalizada, estimulando valores necessários para que o aluno tome decisões em níveis escolar, acadêmico e social.

Porém, com o passar dos anos, surgiu o esperado advento tecnológico educacional por meio de ferramentas educativas digitais, que estão sendo inseridas cada vez mais nos meios públicos educacionais, infelizmente a vinda dos produtos educativos digitais ocorreu principalmente devido à pandemia ocasionada pelo vírus Covid-19, os espaços escolares passaram a realizar aulas de forma remota, tendo paralisado por um tempo os encontros presenciais devido a necessidade do isolamento social. (Ferreira; Dagostin; Pires, 2023).

Diante deste contexto, o âmbito educacional aderiu ainda mais as tecnologias como o uso de smartphones e aulas online de acordo com a realidade do discente e de sua família. (Ferreira; Dagostin; Pires, 2023). O conceito de Mobile Learning ou m-Learning emergiu como uma tecnologia inovadora para a área educacional, a partir da utilização dos dispositivos móveis como parte de um modelo de aprendizado integrado, de forma transparente e com alto grau de mobilidade (Marçal; Andrade; Rios, 2005). Exemplos da utilização do Mobile Learning estão presentes em diversas áreas, tais como aplicações para aprendizagem de matemática (Marçal et al., 2010) ou plataforma móvel médica para ensino (Gondim et al., 2024).

A personalização do ensino busca minimizar as barreiras políticas educacionais que levaram o sistema educacional a uma crise. De acordo com Neto (2022), as políticas voltadas à educação não visam vencer os dados de disparidade social, dificuldade de acesso, carência de moradia, analfabetismo e dentre outros. Contudo, o ensino educacional das populações em especial idosa, adulta e jovem evidencia o despreparo em relação ao analfabetismo e demais obstáculos socioeducacionais.

Portanto, este artigo pretende apresentar uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação da personalização do ensino como uma solução à crise educacional atual, destacando a formação integral do aluno como ferramenta crucial para o aprendizado efetivo, em contraponto ao ensino massivo, fragmentado e alienante. Na seção 2 a metodologia é apresentada. A seção 3 apresenta os resultados obtidos e a discussão destes, além das limitações dos estudos mais qualificados e, por fim, a conclusão será apresentada na seção 4.

2. METODOLOGIA

O artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica na qual o método escolhido para análise do estado da arte foi a Revisão Sistemática de Literatura proposta por Kitchenham (2004). Para Marçal, Kubrusly e Silva (2017) a técnica adotada em Kitchenham (2004) permite agrupar e avaliar as evidências empíricas de um determinado campo de estudo a partir da análise das pesquisas relevantes disponíveis no assunto de interesse, obtendo-se assim conclusões sobre as questões de pesquisa definidas.

A revisão foi sequenciada nas seguintes etapas de acordo com Kitchenham (2004): (i) Planejamento - que compreendeu a definição das informações do protocolo de revisão, tais como: questões de pesquisa, *string* de busca e bases de artigos utilizadas no estudo; (ii) Condução – que consistiu na aplicação da *string* de busca nas diferentes bases de pesquisa, seguido da filtragem dos artigos com base nos critérios de inclusão e posterior extração e sintetização dos dados dos artigos selecionados; (iii) Relato - representado pela comunicação dos resultados da revisão, por meio da publicação em artigo científico, relatórios técnicos, em sessão de trabalhos acadêmicos de dissertação de mestrado ou de tese de doutorado. Para relatar como a personalização do ensino está sendo empregada no contexto escolar, utilizaram-se questões de pesquisas abrangentes que envolviam aspectos metodológicos e aspectos técnicos de maior relevância. Nesse sentido, buscou-se elaborar uma revisão sistemática da literatura que possibilitasse uma visão amplificada sobre a aplicabilidade da recomendação de conteúdo no contexto escolar, apoiadas em um sistema de gerenciamento de aprendizagem, do termo em inglês *Learning Management System* (LMS). As questões de pesquisa e suas motivações estão presentes no Quadro 1. Para apoiar a execução da pesquisa, foi utilizada a ferramenta Parsifal⁷ por ser gratuita, baseada em páginas da web e ter sido construída conforme a metodologia proposta por Kitchenham (2004).

Este trabalho foi realizado por cinco pesquisadores visando revisar, recuperar e avaliar estudos científicos que apresentam alguma contribuição na construção de sistemas de recomendação de ensino para aplicação da personalização do ensino no contexto educacional. Assim, pretende-se responder a seguinte pergunta principal: Como implementar um sistema de

⁷ <https://parsif.al>

Revista Interdisciplinar

recomendação de conteúdo, apoiado em um ambiente Moodle, para contribuir para a melhoria do processo de ensino aprendizagem?

Com base na questão principal de pesquisa previamente determinada, outras perguntas mais específicas foram elencadas:

Quadro 1 - Questões de Pesquisa

Questão de Pesquisa	Motivação
QP1 - Quais as evidências em que o emprego da personalização do ensino é benéfico para a relação ensino aprendizagem no contexto educacional?	Coletar evidências da personalização do ensino na aprendizagem no contexto escolar.
QP2 - Quais soluções práticas têm sido utilizadas para personalização do ensino no contexto educacional?	Identificar quais tecnologias estão sendo utilizadas na personalização do ensino e na construção de sistemas de recomendação de conteúdo.
QP3 - Quais os principais componentes de um sistema de recomendação?	Analisar a composição de sistemas de recomendação de conteúdo.
QP4 - Quais as abordagens e métodos utilizados na recomendação de conteúdo?	Compreender como são aplicadas as recomendações de conteúdo.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Após a definição das questões, o passo subsequente envolveu a delimitação das bibliotecas digitais de artigos relevantes para a área de desenvolvimento de software e educação: *SBC-OpenLib*, *Catálogos da CAPES*, *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Scopus*, *ACM Digital Library*, *IEEEExplore* e *Engineering Village*.

Definiu-se a *string* de busca de modo que a mesma fornecesse uma ampla cobertura com tamanho razoável, conforme Marçal, Kubrusly e Silva (2017), resultando em: ("Education" OR "E-Learning" OR "Educational") AND ("Personal Learning" OR "Recommender System" OR "Recommendation system" OR "Recommending system") AND ("Moodle").

Os descritores empregados na *string* de busca baseiam-se nas questões de pesquisa, agrupados no escopo educação com intervenção 'personalização do ensino' ou 'sistema de recomendação', comparando os resultados com o termo 'moodle' que é o LMS mais utilizado.



Revista Interdisciplinar

Nesse contexto, a estratégia de busca e seleção, representada pela sequência de pesquisa e pelos passos de 1 a 5 da Figura 1, visa capturar estudos relacionados aos principais aspectos das tecnologias envolvidas no processo de implementação da personalização do ensino no âmbito educacional.

2.1 Critérios de inclusão e exclusão

O objetivo de definir um critério é identificar aqueles estudos primários que fornecem evidências diretas sobre as questões de pesquisa e também servem para reduzir a probabilidade de viés (Kitchenham; Charters, 2007). Os critérios de inclusão dos estudos admitidos foram: apresentar a validação - eliminar estudos recentes que ainda não tiveram seus dados validados; focar no desenvolvimento - excluir estudos puramente teóricos; ser escrito em Inglês ou Português - desconsiderar estudos escritos em outras línguas; deve ser aplicado - incluir estudos que apresentem implementação. Nessa linha, os critérios de exclusão dos estudos foram: estudos apresentados em conferências ou congressos; duplicados; fora do contexto escolar; publicados antes de 2012; puramente teóricos; que não implementem a recomendação de conteúdo; secundários; com menos de 5 páginas.

Os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados em todas as fases do processo de seleção dos artigos. A cada etapa, os mesmos foram avaliados conforme esses critérios, determinando sua continuidade ou exclusão para a próxima fase, conforme apresentado de maneira visual na Figura 1.

2.2 Avaliação da qualidade

A avaliação da qualidade foi aplicada seguindo os critérios: o objetivo da pesquisa está claramente descrito?; o estudo apresenta evidências de benefícios da personalização do ensino na relação ensino aprendizagem?; as soluções práticas para aplicação da personalização do ensino estão bem descritas?; os autores descrevem as limitações do estudo?

As respostas receberão uma pontuação como segue: um ponto se totalmente satisfeita, meio ponto se parcialmente satisfeita e zero para não encontrada. O Quadro 1 mostra os resultados dos estudos que receberam as maiores pontuações.





Quadro 1 - Artigos com as maiores pontuações

Código	Título	Pontuação
A09	Discovering Learners' Characteristics Through Cluster Analysis for Recommendation of Courses in E-Learning Environment.	3.5
A12	Hybrid recommendation approach for learning material based on sequential pattern of the accessed material and the learner's preference tree	4.0
A13	A hybrid system of pedagogical pattern recommendations based on singular value decomposition and variable data attributes	4.0
A14	On the use of case-based planning for e-learning personalization.	4.0

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Não houve critério de eliminação que envolvesse a qualidade obtida em cada artigo. As limitações descritas nos estudos acima escolhidos serão discutidas no final da seção 3.

2.3 Extração de dados

Após a conclusão da busca e seleção de estudos, a extração de dados ocorreu por meio de uma leitura completa dos artigos escolhidos. Com o intuito de orientar o processo de extração e coleta de dados, o modelo de Kitchenham e Charters (2007) foi adaptado e o resultado está no Quadro 2.

Quadro 2 - Extração de dados

Artigo	QP1	QP2	QP3	QP4
A12	Não foi mencionado.	No módulo SBR, são geradas regras ponderadas e árvore de padrões que indicam a sequência dos materiais estudados.	Dois módulos: Atributo-Based Recommendation (ABR) e Sequential-Based Recommendation (SBR).	O estudo emprega uma abordagem híbrida que combina métodos de recomendação baseados em atributos explícitos
A13	Os dados sugerem que o sistema de recomendação de padrões pedagógicos pode melhorar o	É implementado como um sistema baseado na web, que utiliza uma arquitetura de três	Os componentes do sistema são: 1. Ontologia de Padrões Pedagógicos	Abordagem híbrida, combinando técnicas de filtragem colaborativa e



	processo de ensino e aprendizagem, fornecendo recomendações personalizadas aos professores.	camadas: apresentação, lógica de negócios e lógica de serviço.	(OntoPP); 2. API Protégé; 3. Modelo Híbrido Unificado para Recomendação; 4. Lógica de Recomendação; 5. Lógica de Aplicação.	filtragem baseada em conteúdo para fazer recomendações.
A14	Não foi mencionado.	MyPTutor e planos PDDL.	Instância Moodle, modelos para os alunos e perfis.	Abordagem flexível que combina modelos para alunos e perfis, representação do conhecimento e técnicas de planejamento baseado em casos.

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Estes dados contribuíram, com maior relevância, para responder às questões de pesquisa propostas nesta revisão sistemática, pois obtiveram a maior pontuação na avaliação de qualidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram obtidos 574 artigos, onde 75 eram duplicados, 22 anteriores a 2012, 1 em alemão, 1 em espanhol, 26 estudos apresentados em congressos ou workshops, 1 não é um artigo completo (*short paper*) e 4 eram secundários em primeira análise. Resultando em 444 que foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão no Título, Resumo e Palavras-chave. Após essa filtragem, permaneceram 41 estudos. Nestes foram aplicados os critérios de seleção no conteúdo dos artigos e chegou-se a um conjunto de 21 selecionados. A Figura 1 ilustra o processo.

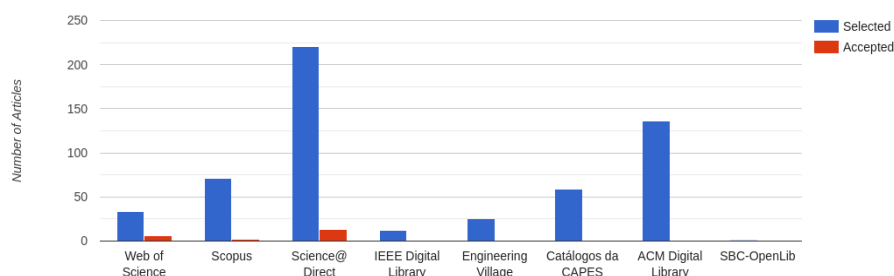
Figura 1 - Seleção dos estudos



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A Figura 2 mostra a distribuição da quantidade de estudos selecionados conforme a base de dados pesquisada.

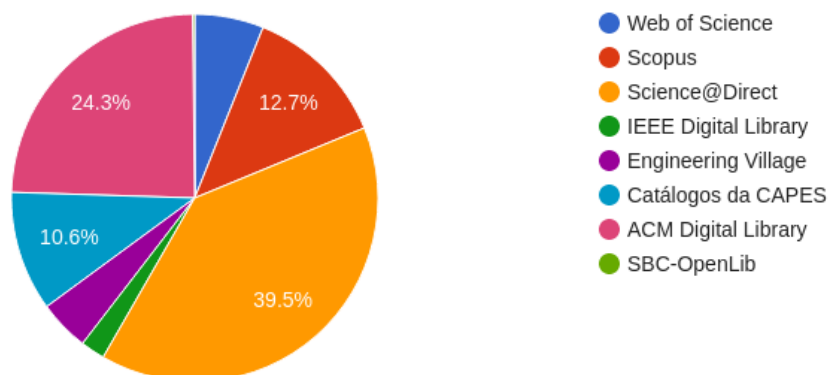
Figura 2 - quantidade de estudos selecionados



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Dentre as bases consultadas a que mais retornou artigos foi a ScienceDirect com 39.5% e em segundo lugar a ACM com 24.3%. A Figura 3 representa a distribuição em percentual da quantidade de estudos retornados de todas as bases consultadas.

Figura 3 - Distribuição dos estudos em relação às bibliotecas digitais de artigos.



Fonte: elaborado pelos autores (2024).

As respostas das questões de pesquisa foram identificadas e discutidas a seguir:

3.1 QP1 - Quais as evidências em que o emprego da personalização do ensino é benéfico para a relação ensino aprendizagem no contexto educacional?

Somente três estudos apresentaram evidências quanto ao benefício para a aprendizagem quando utilizada a personalização do ensino. A análise das características dos alunos mediante clusterização proposta por Rawat e Dwivedi (2019) afirma que supera o problema da sobrecarga de informações ao oferecer o objeto de aprendizagem conforme o nível de conhecimento do aluno sobre determinado assunto, habilidades e interesse. Caputi e Garrido (2015) afirmam provável aprimoramento da aprendizagem ao combinarem a Linguagem de Definição de Domínio de Planejamento (LDDP) com as atividades de um curso no ambiente Moodle e definições dos estudantes para entregar e gerenciar conteúdo *e-learning*. Cobos *et al.* (2013) ao utilizarem ontologia de padrões pedagógicos com uma abordagem híbrida, combinando técnicas de filtragem colaborativa e baseada em conteúdo para recomendar conteúdo, apresentaram dados em que o sistema de recomendação de padrões pedagógicos pode melhorar o processo de ensino e aprendizagem, fornecendo recomendações personalizadas aos professores. Já os autores Limongelli *et al.* (2016), sobre os benefícios à aprendizagem, apenas mencionam a redução do

Revista Interdisciplinar

tempo no processo de obtenção de objetos de aprendizagem provenientes dos repositórios; mediante um questionário, 80% dos professores consideraram o sistema útil. Assim como Nafea, Siewe e He (2019) que mencionam que sistemas que utilizam algoritmos para adaptar o conteúdo ao estilo de aprendizagem do aluno, contribui com o aumento no desempenho. Para Clemente *et al.* (2022) sugerem que recomendações personalizadas baseadas em competências e ontologias possam contribuir para a aprendizagem. De acordo com Salehi (2013) não há uma afirmação concreta, porém menciona o uso efetivo de sistema de recomendação em ambiente virtual de aprendizagem, aprimorando, de modo geral, a aprendizagem.

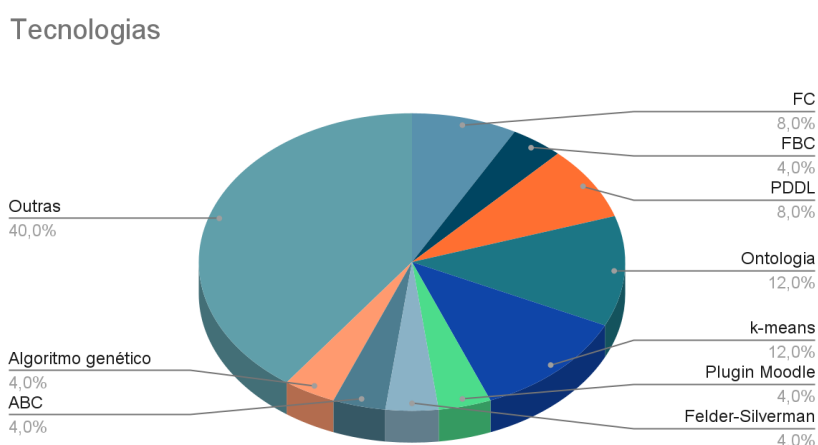
3.2 QP2 - Quais soluções práticas têm sido utilizadas para personalização do ensino no contexto educacional?

Analisando os artigos finais, diversas soluções práticas foram apresentadas, como: *plugin* Moodle (de Medio *et al.*, 2020); uso de algoritmos *k-means*, Collaborative Filtering (CF), *Sequence Match*, métricas de avaliação, aplicação Weka, correlação de Pearson, NetBeans e Apache Mahout (Rawat; Dwivedi, 2019); estilo de aprendizagem de Felder-Silverman (FSLM) e o algoritmo Sequence Match, algoritmo de recomendação de caminho de aprendizagem (Joseph *et al.*, 2022); biblioteca DBLP juntamente com a API do Twitter para gerar recomendações baseadas no perfil do usuário e no histórico (Shahbazi; Byun, 2020); sistema de recomendação baseado em uma rede de ontologias para modelar o curso e as competências relacionadas (Clemente et al., 2022); algoritmo genético combinado com as técnicas de Filtragem Baseada em Conteúdo e Filtragem Colaborativa (Esteban; Zafra; Romero, 2020); *iLearn Framework*⁸, ontologias: aprendizagem e emocional, *k-means algorithm* (Khaled; Ouchani; Chohra, 2019); Utiliza 'vizinh o mais próximo' (k-NN) como modelo de predição e algoritmo de matriz de fatoração para descobrir atributos implícitos (Salehi, 2013); Combinação de Linguagem de Definição de Domínio de Planejamento (PDDL) relacionada com as atividades de um curso Moodle e definições dos estudantes para entregar e gerenciar conteúdo *e-learning* (Caputi; Garrido, 2015); Os autores utilizaram os algoritmos ApriorAll, *Generalized Sequence Pattern* (GSP), Pettern-Tree, Matching Process e PrefixSpan (Salehi; Nakhai Kamalabadi, 2013); MyPTutor, planos PDDL (Garrido; Morales; Serina, 2016); Estrutura

⁸ ILEARN é um ambiente de aprendizagem automático e escalável que usa análise semântica para gerar recomendações.

de recomendação construída com clusterização *k-means* e Artificial Colônia de Abelhas (ABC) (Venkatesh; Sathyalakshmi, 2020); um *Learning Management System* (LMS), um serviço de rede social (SNS) e um repositório de objetos de aprendizagem (LOR) (Fernández *et al.*, 2014). A Figura 5 mostra o percentual das soluções práticas mais evidentes, sendo Ontologias e o algoritmo *k-means* como as mais utilizadas, com 12% cada. Em seguida, filtragem de conteúdo e PDDL com (8%) cada. As soluções pouco apresentadas foram agrupadas como “outras”, representando 40% dos resultados.

Figura 5 - Tecnologias mais relevantes



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

3.3 QP3 - Quais os principais componentes de um sistema de recomendação?

Analisando os 21 artigos selecionados, observou-se que os componentes presentes foram: filtro de conteúdo, filtro de colaboração e um rastreador de conteúdo web (De Medio *et al.*, 2020); conjunto de dados de alunos no Moodle (Rawat; Dwivedi, 2019); módulo de recuperação de objetos de aprendizagem integrado ao Moodle (Limongelli *et al.*, 2016); algoritmo de aprendizagem de máquina que combina a pontuação dada pelo estudante com o seu perfil de aprendizagem para recomendar objetos de aprendizagem personalizados, aplicado em um conjunto de dados de alunos. Utiliza também o algoritmo *k-means* para melhorar a eficiência computacional, acurácia e a qualidade da ferramenta (Nafea; Siewe; He, 2019); modelo de Felder-Silverman de estilo de

aprendizagem (Joseph *et al.*, 2022); um sistema de recomendação e uma análise preditiva de recomendação de conteúdo de mídias sociais (Shahbazi; Byun, 2020); sistema de recomendação baseado em competência, ontologia, módulo de diagnóstico, módulo de recomendação, módulo de resolução de conflitos, interface do usuário, coleta de dados e análise (Clemente *et al.*, 2022); sistema de recomendação, algoritmo genético, sistema de filtragem colaborativa, filtragem baseada no conteúdo, conjunto de dados de estudantes reais do Curso de Ciência da Computação da Universidade de Córdoba, dados para treino e para testes (Esteban; Zafra; Romero, 2020); motor de inferência e analisador (Khaled; Ouchani; Chohra, 2019); modelo de classe para a promoção da criatividade colaborativa baseada no Moodle (Kim; Park; Jang, 2019); uso de ambientes virtuais de aprendizagem no modo de bricolagem para orquestrar situações de aprendizagem em espaços físicos e virtuais (Muñoz-Cristóbal *et al.*, 2017); dados do Moodle, Ontologia OWL2, repositório RDF (Paneque; Roldán-García; García-Nieto, 2023); AVA e sistema de múltiplos agentes (MAS) (Viswanathan; Meacham; Adedoyin, 2022); AVA que captura a semântica de todos os elementos fundamentais em ambientes virtuais de aprendizagem; avaliação de ontologia de perfil e competência, além de regras especializadas que definem os serviços de personalização e recomendação para os usuários do AVA, baseados no contexto e na experiência (Muñoz *et al.*, 2015); repositório de recursos, módulo de pontuação, modo desconectado (algoritmo de matriz de fatoração), modo conectado (Algoritmo BI-Directional Extension - BIDE), modelo estudante, modelo de recurso (Salehi, 2013); AVA, planejamento de uso de IA e modelo para capturar características e objetivos de aprendizagem de cada aluno (Caputi; Garrido, 2015); Dois módulos: Attribute-Based Recommendation (ABR) e Sequential-Based Recommendation (SBR) (Salehi; Nakhai Kamalabadi, 2013); algoritmo genético, modelos de atributos multidimensionais: explícito e implícito (Salehi; Pourzaferani; Razavi, 2013); uma instância Moodle (Garrido; Morales; Serina, 2016); framework PReL, Moodle, algoritmo ABC, *k-means clustering* (Venkatesh; Sathyalakshmi, 2020); Moodle, MediaWiki e repositórios de objetos de aprendizagem, coletor de dados, armazenamento de dados, recomendador, interface do usuário (Fernández *et al.*, 2014). Além dos comentários em cada estudo, destaca-se seis estudos que apresentaram soluções apoiadas em AVAs, dentre eles cinco escolheram o Moodle.

3.4 QP4 - Quais as abordagens e métodos utilizados para recomendar conteúdo?

Analisando os 21 artigos selecionados, observou-se que as abordagens utilizadas foram: *Singular Value Decomposition* (SVD): o sistema utiliza a decomposição em valores singulares para analisar e recomendar padrões pedagógicos com base em atributos de dados variáveis. Similaridade Cosseno: A similaridade cosseno é empregada para comparar a semelhança entre diferentes padrões pedagógicos e os atributos dos dados variáveis. Filtragem Colaborativa: o sistema incorpora abordagens de filtragem colaborativa para recomendar padrões pedagógicos com base nas avaliações associadas aos itens fornecidos por usuários e outros usuários. Fórmula de Predição de Resnick: esta fórmula é mencionada como parte das técnicas utilizadas no sistema de recomendação de padrões pedagógicos. Portanto, o estudo utilizou uma abordagem híbrida que combina técnicas de filtragem colaborativa e baseadas em conteúdo para recomendar padrões pedagógicos com base em atributos de dados variáveis (De Medio *et al.*, 2020); o autor aplica o algoritmo *k-means* em clusters para categorizar os alunos em inativos, padrão, ativo (Rawat; Dwivedi, 2019); filtragem colaborativa e baseada em conteúdo (Limongelli *et al.*, 2016); filtragem colaborativa e baseada em conteúdo (Nafea; Siewe; He, 2019); foi encontrado o uso de algoritmos de filtragem colaborativa e baseada em conteúdo (Joseph *et al.*, 2022); recomendação baseada em conteúdo (CB) e filtragem colaborativa (CF) (Shahbazi; Byun, 2020); foi proposto um sistema de recomendação baseado em competências e ontologias. O sistema utiliza uma rede modular de ontologias para registrar o design instrucional e as informações dos alunos. Além disso, o sistema emprega um conjunto de critérios de recomendação e padrões de regras para fornecer recomendações personalizadas com base nas competências e no estado de conhecimento dos alunos. Essa abordagem permite que o sistema forneça recomendações adaptáveis e flexíveis, levando em consideração as características individuais dos alunos e a natureza das competências (Clemente *et al.*, 2022); no sistema de recomendação é aplicado algoritmo genético para determinar uma ótima configuração do sistema. Combinação de sete diferentes critérios relacionados às informações dos alunos e dos cursos, além das medidas de similaridades para determinar a semelhança entre o aluno e o curso e são otimizadas pelo GA para garantir uma melhor medida em cada critério (Esteban; Zafra; Romero, 2020); abordagem híbrida para recomendação de conteúdo. Eles mencionam que o sistema *Ilearn* se baseia em uma abordagem híbrida para recomendação, que considera tanto as interações do usuário quanto os interesses dos membros da mesma comunidade. Além disso, o sistema utiliza a ontologia de aprendizado para analisar os

Revista Interdisciplinar

domínios que o usuário deseja dominar, detectar seus pré-requisitos e recomendar materiais adequados (Khaled; Ouchani; Chohra, 2019); não foi mencionada (Muñoz-Cristóbal *et al.*, 2017); base de conhecimento integrada e de múltiplas fontes constituída por um modelo semântico proposto (Paneque; Roldán-García; García-Nieto, 2023); Sistema de Múltiplos Agentes (SMA): foram utilizados os seguintes agentes: *Jade Gateway Agent*, *Control Agent*, *Learning Style Detector Agent*, *Adaptive Course Organiser Agent* e *User Interface Agent* (Viswanathan; Meacham; Adedoyin, 2022); abordagem baseada em ontologias, mineração de dados e as regras de especialistas são utilizadas em conjunto para gerar recomendações personalizadas de conteúdo no LMS, melhorando a experiência do usuário e aumentando a efetividade do sistema (Muñoz *et al.*, 2015); métodos de IA para identificar conteúdos de aprendizagem específicos para o aluno (Caputi; Garrido, 2015); estudo emprega uma abordagem híbrida que combina métodos de recomendação baseados em atributos explícitos e implícitos. O método de recomendação explícito baseado em atributos utiliza uma matriz de preferências (PM) para modelar o interesse dos aprendizes com base em atributos explícitos dos materiais de aprendizagem em um espaço multidimensional. Por outro lado, o método de recomendação implícito utiliza algoritmos genéticos para extrair atributos implícitos dos aprendizes a partir de avaliações históricas na forma de vetores de peso. Esses métodos combinados visam melhorar a qualidade e a precisão das recomendações (Salehi; Nakhai Kamalabadi, 2013); emprega-se uma abordagem híbrida que combina métodos de recomendação baseados em atributos explícitos e implícitos. Essa estratégia busca integrar informações diretas sobre as características dos itens com dados inferidos a partir do comportamento e preferências dos usuários, a fim de gerar recomendações mais precisas e personalizadas. (Salehi; Pourzaferani; Razavi, 2013); abordagem híbrida, combinando técnicas de filtragem colaborativa e filtragem baseada em conteúdo para fazer recomendações (Cobos *et al.*, 2013); Abordagem flexível que combina modelos para alunos e perfis, representação do conhecimento e técnicas de planejamento baseado em casos (Garrido; Morales; Serina, 2016); utilização da inteligência de enxame com algoritmo ABC através do framework PBReL baseado na clusterização *k-mean* (Venkatesh; Sathyalakshmi, 2020); o estudo adotou uma abordagem multifacetada, combinando diferentes técnicas de recomendação, como baseado em conteúdo, filtragem colaborativa e algoritmos baseados em grafos, para fornecer recomendações (Fernández *et al.*, 2014). Portanto, dos 21

Revista Interdisciplinar

estudos, 10 utilizaram filtragem colaborativa e filtragem de conteúdo. Em três estudos, foram utilizadas ontologias.

3.5 Limitações

Será apresentada uma breve discussão sobre as limitações descritas nos três estudos com mais qualidade, segundo os critérios adotados na seção 2 deste trabalho. Primeiramente, Cobos *et al.* (2013), afirmam que as recomendações são afetadas pela disponibilidade e qualidade dos dados sobre padrões pedagógicos e características dos alunos. Além disso, as recomendações podem não ser totalmente personalizadas, pois o modelo híbrido pode não capturar todas as nuances de contextos educacionais específicos. Ademais, a criação e manutenção da ontologia exigem uma dedicação constante para manter-se atualizada (Cobos, *et al.*, 2013). Na pesquisa de Salehi *et al.* (2013), os autores apontam que abordagem utilizada pode enfrentar desafios relacionados à escassez de dados, o que pode prejudicar a qualidade das recomendações. As preferências dos aprendizes variam com o decorrer do tempo, e o modelo pode não conseguir captar adequadamente essas mudanças. Garrido *et al.* (2016) descrevem que a conexão entre o sistema myPTutor e a plataforma Moodle é complexa, exigindo codificação adicional e alterações na base de dados, o que torna sua implementação desafiadora. Além da solução apresentada ser condicionada pelas funcionalidades de visualização do Moodle, o que limita a personalização da interface para os usuários.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi exposto, pode-se afirmar que, no geral, compilando as ideias deste conjunto de trabalhos e em busca de uma avaliação mais aprofundada, esta revisão sistemática serviu de base na aquisição dos conhecimentos necessários em tecnologias, abordagens e modelos de sistemas de recomendação de conteúdo para fins de aplicação da personalização do ensino.

A análise de cada artigo permitiu compreender as aplicações de recomendação para reduzir a crise educacional, fornecendo tecnologias educacionais personalizadas consoante as competências, preferências, vivências e conhecimentos dos estudantes.

Revista Interdisciplinar

Observou-se que poucos estudos trouxeram uma preocupação quanto às evidências de melhorias na aprendizagem dos usuários. Assim, uma área a ser explorada é acrescentar métricas para avaliar tais benefícios na relação ensino aprendizagem.

Nas soluções práticas têm sido aplicado o algoritmo *k-means* e ontologia em 12% dos estudos selecionados, seguidos de técnicas de filtragem de conteúdo e PDDL. Outras foram apresentadas como algoritmos genéticos, algoritmos de colônias de abelhas na tentativa de aprimorar a aprendizagem.

Diante das limitações apresentadas, é sugerida a realização de estudos que analisem formas de aprimorar a qualidade e a disponibilidade dos dados educacionais, através de parcerias com instituições de ensino e do desenvolvimento de processos de coleta e manutenção de dados mais eficientes. Aprimorar as técnicas de modelagem e inteligência artificial para melhorar a personalização das recomendações, levando em conta as nuances e particularidades dos contextos educacionais individuais. Ademais, considerar a utilização de ontologias como técnica a ser repensada como fora apontada em um dos artigos.

Quanto aos métodos e abordagens utilizadas, dos 21 estudos selecionados, 10 apresentaram a filtragem colaborativa e filtragem de conteúdo, além de ontologias, como destaque.

Foi possível, em linhas gerais, catalogar as técnicas mais utilizadas e a arquitetura dos sistemas de recomendação de conteúdo, após uma vasta explanação dos trabalhos encontrados, e, conseqüentemente, auxiliar na construção de uma ferramenta que promova uma melhoria no ensino.

REFERÊNCIAS

BARROS, Ayrila Morganna Rodrigues *et al.* Educação a distância e o uso da inteligência artificial: uma reflexão sobre o uso da inteligência artificial no processo ensino-aprendizagem. **Revista Ilustração**, v. 4, n. 4, p. 31–37, 18 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

CAPUTI, V.; GARRIDO, A. Student-oriented planning of e-learning contents for Moodle. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 53, p. 115–127, jul. 2015.

Revista Interdisciplinar

CLEMENTE, J. *et al.* A proposal for an adaptive Recommender System based on competences and ontologies. **Expert Systems with Applications**, v. 208, p. 1-22, dez. 2022.

COBOS, C. et al. A hybrid system of pedagogical pattern recommendations based on singular value decomposition and variable data attributes. **Information Processing & Management**, v. 49, n. 3, p. 607–625, maio 2013.

DE MEDIO, C. *et al.* MoodleREC: A recommendation system for creating courses using the moodle e-learning platform. **Computers in Human Behavior**, v. 104, p. 1-33, mar. 2020.

ESTEBAN, A.; ZAFRA, A.; ROMERO, C. Helping university students to choose elective courses by using a hybrid multi-criteria recommendation system with genetic optimization. **Knowledge-Based Systems**, v. 194, p. 1-43, abr. 2020.

FERNÁNDEZ, A. *et al.* Recommendations from Heterogeneous Sources in a Technology Enhanced Learning Ecosystem. Em: MANOUSELIS, N. et al. (Eds.). **Recommender Systems for Technology Enhanced Learning**. New York, NY: Springer New York, 2014. p. 251–265.

FERREIRA, Ana Claudia; DAGOSTIN, Julia Eduarda; PIRES, Marcia Marchesan. Estratégias digitais no Ensino de História: O Google Art & Culture como recurso didático. **Cadernos Cajuína**, v. 8, n. 3, p. e238313-e238313, 2023. Disponível em: <http://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/136>. Acesso em: 15 ago. 2024.

GARRIDO, A.; MORALES, L.; SERINA, I. On the use of case-based planning for e-learning personalization. **Expert Systems with Applications**, v. 60, p. 1–15, out. 2016.

GONDIM, Andréa Silva et al. Development and validation of mobile application for teaching the subject of pain management in palliative care. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 48, n. 1, 2024.

JOSEPH, L. et al. Exploring the Effectiveness of Learning Path Recommendation based on Felder-Silverman Learning Style Model: A Learning Analytics Intervention Approach. **Journal of Educational Computing Research**, v. 60, n. 6, p. 1464–1489, out. 2022.

KHALED, A.; OUCHANI, S.; CHOHRA, C. Recommendations-based on semantic analysis of social networks in learning environments. **Computers in Human Behavior**, v. 101, p. 435–449, dez. 2019.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, **Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. v. 2, jan. 2007.

LIMONGELLI, C. *et al.* A recommendation module to help teachers build courses through the Moodle Learning Management System. **New Review of Hypermedia and Multimedia**, v. 22, n. 1–2, p. 58–82, 2 jan. 2016.

Revista Interdisciplinar

MARÇAL, Edgar.; KUBRUSLY, M.; SILVA, C. L. O. Avaliando aplicações móveis para o ensino em saúde: uma revisão sistemática. **Revista Tecnologia Educacional**, v. 217, p. 9-17, 2017.

MARÇAL, Edgar; ANDRADE, Rossana; RIOS, Riverson. Aprendizagem utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, 2005.

MARÇAL, Edgar et al. Da elicitação de requisitos ao desenvolvimento de aplicações de mobile learning em matemática. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2010.

MUÑOZ, A. *et al.* OntoSakai: On the optimization of a Learning Management System using semantics and user profiling. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 15–16, p. 5995–6007, set. 2015.

MUÑOZ-CRISTÓBAL, J. A. *et al.* Using virtual learning environments in bricolage mode for orchestrating learning situations across physical and virtual spaces. **Computers & Education**, v. 109, p. 233–252, jun. 2017.

NAFEA, S. M.; SIEWE, F.; HE, Y. On Recommendation of Learning Objects Using Felder-Silverman Learning Style Model. **IEEE Access**, v. 7, p. 163034–163048, 2019.

NETO, Advaldo Castro. Crise educacional brasileira: projeto político? **Revista Sentidos da Cultura**, v. 9, n. 17, p. 182-194, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/sentidos/article/view/7608/3109>. Acesso em: 15 ago. 2024.

PANEQUE, M.; ROLDÁN-GARCÍA, M. D. M.; GARCÍA-NIETO, J. e-LION: Data integration semantic model to enhance predictive analytics in e-Learning. **Expert Systems with Applications**, v. 213, p. 1-14, mar. 2023.

RAWAT, B.; DWIVEDI, S. K. Discovering Learners' Characteristics Through Cluster Analysis for Recommendation of Courses in E-Learning Environment: **International Journal of Information and Communication Technology Education**, v. 15, n. 1, p. 42–66, 1 jan. 2019.

SALEHI, M. Application of implicit and explicit attribute-based collaborative filtering and BIDE for learning resource recommendation. **Data & Knowledge Engineering**, v. 87, p. 130–145, set. 2013.

SALEHI, M.; NAKHAI KAMALABADI, I. Hybrid recommendation approach for learning material based on sequential pattern of the accessed material and the learner's preference tree. **Knowledge-Based Systems**, v. 48, p. 57–69, ago. 2013.

SALEHI, M.; POURZAFERANI, M.; RAZAVI, S. A. Hybrid attribute-based recommender system for learning material using genetic algorithm and a multidimensional information model. **Egyptian Informatics Journal**, v. 14, n. 1, p. 67–78, mar. 2013.

Revista Interdisciplinar

SHAHBAZI, Zeina; BYUN, Yung C. Toward Social Media Content Recommendation Integrated with Data Science and Machine Learning Approach for E-Learners. **Symmetry**, v. 12, n. 11, p. 1-22, 30 out. 2020.

UNESCO. **Relatório Anual da UNESCO no Brasil 2022**. *E-book*. Paris, França: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura. 2023. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por Acesso em: 12 ago. 2024.

VENKATESH, M.; SATHYALAKSHMI, S. Smart learning using personalised recommendations in web-based learning systems using artificial bee colony algorithm to improve learning performance. **Electronic Government, an International Journal**, v. 16, n. 1/2, p. 101-117, 2020.

VISWANATHAN, N.; MEACHAM, S.; ADEDOYIN, F. F. Enhancement of online education system by using a multi-agent approach. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 3, p. 1-14, 2022.

ZORIĆ, A. B. Benefits of educational data mining. **Journal of International Business Research and Marketing (JIBRM)**, v. 6, n. 1, p. 12–16, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18775/jibrm.1849-8558.2015.61.3002> Acesso: 5 ago. 2024.