



VIII Congresso Científico
Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

KNOWLEDGE GRAPH-BASED RECOMMENDER SYSTEMS EM CENÁRIOS EDUCACIONAIS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Área temática: Eixo Temático 4 - Vida, Consciência e Tecnologia

Leandra Mendes do Vale¹, João Henrique de Souza Pereira², Flávio de Oliveira Silva³

Resumo

Os *Recommendation Systems* (RS) em ambientes educacionais têm ganhado atenção significativa para personalizar e aprimorar a experiência de aprendizagem, principalmente em um cenário onde há sobrecarga de informações ocasionada pelo aumento do volume de recursos *online*. Por estas e outras razões é que nos últimos anos, os *Knowledge Graphs* (KGs) ganharam um amplo interesse de pesquisa por apresentarem grandes vantagens na mitigação dos problemas enfrentados pelos tradicionais RS. Assim sendo, este trabalho propõe realizar uma Revisão da Literatura (RSL), avaliando criticamente pesquisas relevantes de uso de KGs em RS na área da educação. A RSL demonstrou que embora o uso de KGs em RS seja um cenário promissor, ainda carece de estudos mais relevantes e concentrados em cenários mais específicos com plataformas de *e-learning*, sistemas adaptativos, sistemas tutores inteligentes e outros.

Palavras-chave: *Recommendation Systems* (RS); *Knowledge Graphs* (KGs); Educação.

Abstract: Recommendation Systems (RS) in educational environments have gained significant attention for personalizing and enhancing the learning experience, especially in a scenario where information overload is caused by the increasing volume of online resources. For these and other reasons, Knowledge Graphs (KGs) have gained widespread research interest in recent years due to their significant advantages in mitigating the problems faced by traditional RS. Therefore, this work proposes to conduct a Systematic Literature Review (SLR), critically evaluating relevant research on the use of KGs in RS in the field of education. The SLR demonstrated that although the use of KGs in RS is a promising scenario, it still lacks more relevant and focused studies in more specific scenarios with e-learning platforms, adaptive systems, intelligent tutoring systems, and others.

Keywords: *Recommendation Systems* (RS); *Knowledge Graphs* (KGs); Education.

Afiliações:

[1] Doutorando em Ciência da Computação; Universidade Federal de Uberlândia; leandra.vale@ufu.br

[2] Doutor em Engenharia Elétrica; Universidade Federal de Uberlândia; joaohs@ufu.br

[3] Doutor em Engenharia Elétrica; Universidade do Minho; flavio@di.uminho.pt



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sobrecarga de informações disponíveis na Internet tornou-se um desafio significativo para os usuários, dificultando a identificação do que realmente lhes interessa. Para mitigar esse problema, os RS emergiram como uma ferramenta eficaz, sendo objeto de intenso estudo e pesquisas (ZHANG et al., 2024). Os RS são projetados para filtrar e personalizar conteúdo, oferecendo sugestões adaptadas às preferências individuais dos usuários. Os resultados obtidos até o momento demonstram que essa abordagem não apenas facilita a experiência de usuário, mas também contribui para a satisfação e engajamento dos mesmos. Embora tenham suas vantagens, os RS enfrentam desafios como: *cold-start*, *data sparsity*, *grey sheep*, diversidade de recomendações, explicabilidade e transparência (ZHANG et al., 2024). Os KGs, representações estruturadas do conhecimento, tornaram-se ferramentas essenciais na educação, fundamentais para a personalização da aprendizagem, design curricular, mapeamento de conceitos e sistemas de recomendação de recursos educacionais (ABU-SALIH; ALOTAIBI, 2024) (PENG et al., 2023) (KUMAR; CHOWDARY; ME-ENA, 2024).

2 METODOLOGIA

Para avaliar criticamente o uso de KGs em RS na área da educação, foi realizada uma RSL utilizando o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (PAGE et al., 2021), coletando estudos em cinco bases de dados: IEEE Explore¹, ACM Digital Library², MDPI³, Springer Link⁴ e Science Direct⁵ publicados no ano de 2024, escolhidas por sua abrangente cobertura da literatura. Como *string* de busca, utilizou-se as palavras chaves "knowledge graphs"OR "knowledge graph"OR "knowledge graph-based" no título, "recommender systems"OR "recommendation system" no resumo e "learning OR

¹ <https://ieeexplore.ieee.org/>

² <https://dl.acm.org/>

³ <https://www.mdpi.com/>

⁴ <https://link.springer.com/search>

⁵ <https://www.sciencedirect.com/>



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

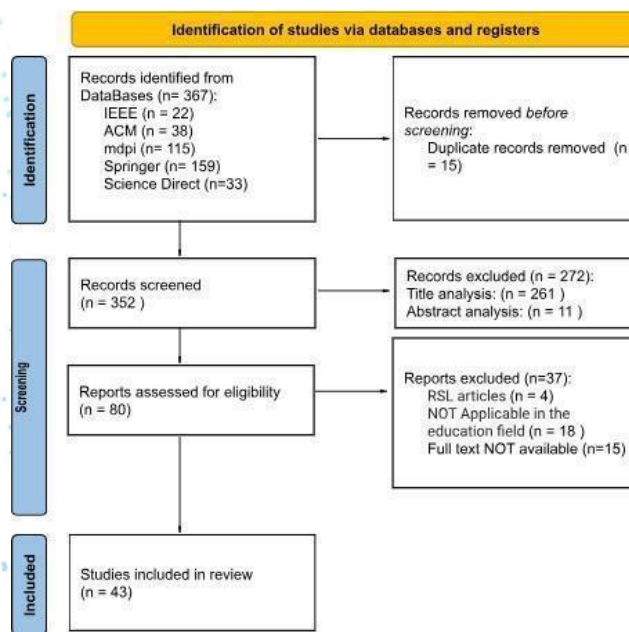
education OR e-Learning" no texto. Para o desenvolvimento da RSL adotou-se três etapas: 1. Identificação de estudos: buscas em bases científicas definidas e seleção de trabalhos candidatos; 2. Seleção: classificação preliminar dos trabalhos considerando a leitura do resumo e demais informações de publicação; 3. Extração: leitura do texto completo dos trabalhos, para a elegibilidade final dos estudos. O objetivo desta RSL foi encontrar respostas para as seguintes perguntas: Quais os principais cenários educacionais nos quais os KGs estão sendo utilizados em RS? Quais são as principais características relacionadas ao uso de KGs em RS: abordagens (técnicas, algoritmos ou modelos) e métricas de avaliação? Como os KGs podem mitigar algumas limitações persistentes dos tradicionais RS como: *cold-start*, *data sparsity*, *grey sheep*, diversidade de recomendações, explicabilidade e transparência?

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca inicial nas bases de dados resultou em 367 estudos, que foram reduzidos a 352 após a remoção dos estudos duplicados. O título e o resumo de cada artigo foram analisados e os que não atendiam aos critérios de inclusão, conforme a string de busca estabelecida, foram excluídos, ou seja, os que no título não estava explícito o uso de KGs e que em seu resumo não mencionava a aplicação de KGs em RS. Esse processo de triagem resultou em 80 estudos. Após a remoção dos artigos de RSLs, dos que não contemplavam a implementação de RS na área educacional e os quais o texto completo não pôde ser acessado, restaram 43 artigos. Assim sendo, realizou-se um estudo detalhado dos textos completos dos 43 artigos selecionados para avaliar sua elegibilidade. Esse processo levou à exclusão de 34 estudos que apenas introduziram abordagens, técnicas, algoritmos, modelos, métricas de avaliação, representação do conhecimento dentre outros conceitos relacionados ao estudo de KGs em RS, mas não aplicavam os mesmos na área educacional. Assim sendo, a Figura 1 ilustra os procedimentos realizados para a busca e seleção dos artigos relevantes de acordo com a RSL realizada com base no protocolo PRISMA.



Figura 1: Diagrama PRISMA da RSL.



Fonte: os autores.

Finalmente foram selecionados 9 estudos para a revisão e análise final que representavam as pesquisas mais recentes sobre a construção e aplicação de KGs em RS na área educacional. Destes, 3 foram rejeitados por não abordarem as perguntas de pesquisa propostas na RSL inicial deste projeto, restando portanto 6 estudos. Ao analisar os estudos sobre o uso de KGs em RS no cenário educacional encontrou-se respostas para as perguntas de pesquisa, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1: Perguntas de pesquisa: respostas.

Autor(es)	Abordagens; Algoritmos e Técnicas	Cenários/Tipos de Recomendações	Mitigação dos problemas	Métricas de Avaliação
Alatrash et al. (2024)	ConceptGCN (Graph Convolutional Networks (GCNs) + pre-trained transformer language model encoders (SBERT))	Recomendação de Conceitos em MOOCs.	Cold-Start; Data Sparsity; Diversidade; Explicabilidade; Transparência	Precision; Recall; F1 Score.
Li et al. (2024)	CourseKG (BERT- BiGRU-MHSA-CRF1)	Recomendação de caminhos de aprendizagem em curso de programação C.	Cold-start.	Accuracy; Precision; Recall; F1 Score.



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

Wang, Du e Chen (2024)	MFPRKG (Attention Mechanisms (AM) + Neural Network (NN))	Recomendação de Artigos Acadêmicos.	Cold-Start; Data Sparsity.	HR ⁶ ; NDCG ⁷ ; Precision; Recall.
Xu, Zhao e Liang (2024)	PreKGAT (Graph Convolutional Networks (GCN))	Recomendação de Cursos em MOOCs.	Cold-Start; Data Sparsity.	MRR ⁸ ; Re-call; F1 Score.
Fazanadi, Wiharja e Baizal (2024)	Conversational Recommender System	Recomendação de Perfis de Estudantes.	Cold-Start; Diversidade.	Accuracy; TCR ⁹ .
Wang, Chen e Zhu (2024)	Graph Convolutional Networks (GCN)	Recomendação de Cursos.	Cold-Start; Data Sparsity.	HR; Accuracy; N DCG.

Fonte: os autores.

4 CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos da RSL foram alcançados, pois foi possível responder as perguntas de pesquisa evidenciando que os principais cenários de uso de KGs em RS na área educacional estão concentrados na recomendação de cursos, existindo outros cenários como recomendação de artigos acadêmicos. Dentre as principais abordagens utilizadas nos RS estão o uso de Graph Convolutional Networks (GCN), sendo estes modelos avaliados por métricas como Precision; Recall; F1 Score, HR; Accuracy e NDCG. Observou-se nos estudos avaliados que os modelos propostos mitigam as principais limitações dos tradicionais RS como *cold-start* e *data sparsity*, sendo que o modelo de GCN proposto por Alatrash et al. (2024) também resolve as questões relacionadas à diversidade de recomendações, explicabilidade e transparência? Como trabalhos futuros sugere-se ampliar a RSL realizada para um período anterior a 2024 com o objetivo de evidenciar trabalhos precursores aos encontrados neste estudo.

5 REFERÊNCIAS

⁶ Hit Rate

⁷ Normalized Discounted Cumulative Gain

⁸ Mean Reciprocal Rank

⁹ Task Completion Rate



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

ABU-SALIH, B.; ALOTAIBI, S. A systematic literature review of knowledge graph construction and application in education. *Heliyon*, v. 10, n. 3, p. e25383, fev. 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844024014142>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

ALATRASH, R. et al. ConceptGCN: Knowledge concept recommendation in MOOCs based on knowledge graph convolutional networks and SBERT. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, p. 100193, jun. 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666920X23000723>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

FAZANADI, M. N.; WIHARJA, K. R. S.; BAIZAL, Z. A. Recommending Higher Education Student Profile Using Knowledge Graph-based Conversational Recommender System. In: *2024 12th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*. Bandung, Indonesia: IEEE, 2024. p.202–209. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10698635/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

KUMAR, C.; CHOWDARY, C. R.; MEENA, A. K. Recent trends in recommender systems: a survey. *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, v. 13, n. 4, p. 41, dez. 2024. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s13735-024-00349-1>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

LI, Y. et al. CourseKG: An Educational Knowledge Graph Based on Course Information for Precision Teaching. *Applied Sciences*, v. 14, n. 7, p. 2710, mar. 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/14/7/2710>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

PAGE, M. J. et al. The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, British Medical Journal Publishing Group, v. 372, 2021.

PENG, C. et al. Knowledge Graphs: Opportunities and Challenges. *Artificial Intelligence Review*, v. 56, n. 11, p. 13071–13102, nov. 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10462-023-10465-9>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

QU, K. et al. A Survey of Knowledge Graph Approaches and Applications in Education. *Electronics*, v. 13, n. 13, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9292/13/13/2537>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

WANG, L.; DU, W.; CHEN, Z. Multi-Feature-Enhanced Academic Paper Recommendation Model with Knowledge Graph. *Applied Sciences*, v. 14, n. 12, p. 5022, jun. 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/14/12/5022>>. Acesso em: 25 mar. 2025.



VIII Congresso Científico Internacional IMEPAC

Inteligência Artificial:
Desafios e Oportunidades.

WANG, S.; CHEN, M.; ZHU, X. Research on Course Recommendation Algorithm Based on Knowledge Graph. In: *2024 IEEE 13th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*. Jabalpur, India: IEEE, 2024. p. 1180–1184. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10545747/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

XU, L.; ZHAO, Z.; LIANG, D. PreKGAT: Using Course Prerequisite Relation and Knowledge Graph Attention Network for Course Recommendation. In: *2024 International Conference on Networking and Network Applications (NaNA)*. Yinchuan City, China: IEEE, 2024. p. 351–356. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10679841/>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

ZHANG, J.-C. et al. A review of recommender systems based on knowledge graph embedding. *Expert Systems with Applications*, v. 250, p. 123876, set. 2024. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417424007425>>. Acesso em: 25 mar. 2025.