

MAPEANDO PESQUISAS SOBRE COMPETÊNCIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

*Estéfano Vizconde Veraszto**

Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, São Paulo, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-4029-4803>

*Antonio Medina Rivilla***

Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España

<https://orcid.org/0000-0002-1483-0668>

*Eufrásio Pérez Navio****

Univesridad de Jaén, Jaén, España

<https://orcid.org/0000-0001-8688-9602>

This work was carried out with the support of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Funding Code 001.

RESUMO

Este estudo mapeia o desenvolvimento de competências digitais na educação em ciências através de análise bibliométrica de 2005 a 2024. As competências digitais são essenciais em disciplinas como biologia, química e física, mas desafios como infraestrutura limitada e formação inadequada de professores dificultam sua integração. A Inteligência Artificial surge como ferramenta promissora para apoiar o desenvolvimento dessas competências, possibilitando aprendizagem adaptativa e personalizada. Utilizando o VOSviewer e o SciMAT, foram analisados 64 artigos da Web of Science, identificando 393 palavras-chave.

* Físico e Doutor em Educação, Ciência e Tecnologia pela Universidade Estadual de Campinas, com estágio de pesquisa na Universidad Complutense de Madrid. Professor Associado da Universidade Federal de São Carlos, no Departamento de Ciências Naturais e Matemática. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (UFSCar) e do Programa de Pós-Graduação em Educação (UNICAMP). Coordenador do curso de Licenciatura em Física da UFSCar Araras. Email: estefanovv@ufscar.br

** Professor, Supervisor Educacional, Licenciado em Pedagogia e Psicologia, e Doutor em Ciências da Educação – Pedagogia pela Universidad Complutense de Madrid (UCM). Professor Emérito da UNED e Doutor Honoris Causa por diversas universidades: UniSantander (México) e IUNIR (Argentina), Doutor Distinto pela Letônia e Prêmio de Trajetória Acadêmica em Pesquisa pela Associação de Pesquisa Educacional – Cuba-México. Orientador de mais de 170 teses de doutorado e inúmeras dissertações de mestrado, além de programas de doutorado em diversos países e universidades. Editor de numerosas obras acadêmicas de renome e coordenador de revistas especializadas em educação em vários países. Email: amedina@edu.uned.es

*** Doutor em Filosofia e Ciências da Educação pela UNED-Espanha, com diversas estadias de pesquisa e docência em universidades da Europa, África e Américas, sendo a mais recente na Università degli Studi di Urbino Carlo Bo (Itália). Professor Titular e membro do Conselho de Governo da Universidad de Jaén (UJA), além de coordenador do programa de formação para professores em início de carreira da UJA. Email: epnavio@ujaen.es

Os resultados mostram a conexão entre IA e educação em ciências e enfatizam a necessidade de políticas que promovam a formação contínua de professores e o uso eficaz das Tecnologias da Informação e Comunicação. O estudo conclui que a IA pode personalizar a aprendizagem, automatizar avaliações e criar conteúdos interativos, aprimorando as competências digitais na educação em ciências.

Palavras-chave: Competências digitais; Inteligência Artificial; Educação em Ciências; Análise Bibliométrica; VOSviewer; SciMat.

ABSTRACT

MAPPING RESEARCH ON DIGITAL COMPETENCIES IN SCIENCE EDUCATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

This study maps the development of digital competencies in science education through a bibliometric analysis from 2005 to 2024. Digital competencies are essential in disciplines such as biology, chemistry, and physics, yet challenges like limited infrastructure and inadequate teacher training hinder integration. Artificial Intelligence is a promising tool to support digital competency development by enabling adaptive and personalized learning. Using VOSviewer and SciMAT, 64 articles from Web of Science were analyzed, identifying 393 keywords. Results show the connection between AI and science education and emphasize the need for policies promoting continuous teacher training and effective Information and Communication Technologies use. The study concludes that AI can personalize learning, automate assessments, and create interactive content, enhancing digital competencies in science education.

Keywords: Digital competencies; Artificial Intelligence; Science Education; Bibliometric Analysis; VOSviewer; SciMat.

RESUMEN

MAPEO DE INVESTIGACIONES SOBRE COMPETENCIAS DIGITALES EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Este estudio mapea el desarrollo de competencias digitales en la educación científica mediante un análisis bibliométrico de 2005 a 2024. Estas competencias son esenciales en disciplinas como biología, química y física, pero desafíos como infraestructura limitada y formación docente inadecuada dificultan su integración. La Inteligencia Artificial emerge como herramienta prometedora para favorecer un aprendizaje adaptativo y personalizado. Usando VOSviewer y SciMAT, se analizaron 64 artículos de Web of Science, identificando 393 palabras clave. Los resultados muestran la conexión entre IA y educación científica, y subrayan la necesidad de políticas que impulsen la formación continua del profesorado y el uso eficaz de la Tecnologías de Información e Comunicación. Se concluye que la IA puede personalizar el aprendizaje, automatizar evaluaciones y crear contenidos interactivos, fortaleciendo las competencias digitales en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: Competencias digitales; Inteligencia Artificial; Educación en Ciencias; Análisis Bibliométrico; VOSviewer; SciMat.

Introdução¹

As competências digitais são essenciais para a utilização consciente e segura das tecnologias digitais em contextos educacionais, sociais e profissionais. Essas competências englobam habilidades como encontrar, avaliar, utilizar, compartilhar e criar conteúdo digital, promovendo a inclusão digital, facilitando a educação, melhorando a comunicação e a colaboração, e garantindo a segurança online (Marin et al., 2022; Kwiatkowska & Wiśniewska-Nogaj, 2022). Na educação, elas preparam os alunos para os desafios de uma sociedade digitalizada (Barahona, 2023). Em ciências, disciplinas como biologia, química, física e geologia requerem tecnologias computacionais, simulações e análise de dados, além de habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração (Hussain & Bhatti, 2022). O desenvolvimento dessas competências torna o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo, facilitando a exploração de conceitos complexos e promovendo habilidades de investigação (Barahona, 2023). Também capacita os alunos a acessar e avaliar recursos educacionais online, incluindo bancos de dados científicos e simulações virtuais (Tapalova et al., 2022). No entanto, a formação inadequada dos docentes compromete a plena inclusão das TIC na educação em ciências (Domene et al., 2023).

A educação em ciências enfrenta desafios como a disponibilidade de infraestrutura tecnológica nas escolas, a formação de professores e a garantia da segurança e privacidade dos dados dos alunos (Barahona, 2023). A falta de suporte institucional e a escassez de tempo para o desenvolvimento contínuo dos professores são obstáculos significativos (López Melero & Pérez Navío, 2023). Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma ferramenta para aprimorar as competências digitais dos alunos, criando ambientes de

aprendizagem adaptativos e personalizados. Contudo, a implementação dessa tecnologia exige uma abordagem cuidadosa e ética, garantindo transparência, responsabilidade e proteção da privacidade dos dados dos alunos (Hussain & Bhatti, 2022). Considerando a importância das competências digitais na educação em ciências, esta pesquisa propõe uma investigação bibliométrica utilizando VOSviewer e SciMAT para examinar tendências, padrões e lacunas no desenvolvimento dessas competências entre 2005 e 2024 (Barahona, 2023). A análise bibliométrica visa identificar o estágio de desenvolvimento e as principais contribuições científicas, compreendendo os desafios na implementação dessas práticas educacionais, especialmente em infraestrutura tecnológica, formação de professores e segurança dos dados. A IA é vista como uma aliada promissora para melhorar a aprendizagem, exigindo uma abordagem ética e cuidadosa (Tapalova et al., 2022). Uma pesquisa abrangente na Web of Science mapeou trabalhos sobre essa temática, buscando contribuir para discussões sobre a educação em ciências da natureza e a formação docente.

Nesse sentido, este trabalho busca a resposta para a seguinte questão: Quais são as tendências, padrões e lacunas no desenvolvimento das competências digitais na educação em ciências ao longo das últimas duas décadas, conforme refletido na literatura científica?

Sendo assim, a pesquisa objetiva realizar uma análise bibliométrica do estado da arte da pesquisa sobre o desenvolvimento das competências digitais na educação em ciências, abrangendo o período de 2005 a 2024, utilizando os softwares VOSviewer e SciMAT na análise. E, para que esse propósito se cumpra, os seguintes objetivos específicos serão explorados:

- a. Mapear a produção científica relacionada às competências digitais na educação em ciências, identificando áreas de interesse.

¹ Texto revisado, normalizado e traduzido por Mariane da Silva Domingos Del Duca.

- b. Investigar a evolução temporal das publicações.
- c. Explorar a distribuição geográfica, identificando o impacto da produção científica.
- d. Identificar possibilidades e desafios da pesquisa na área para orientar futuros estudos sobre o tema.

Ainda cabe apontar que a pesquisa justifica-se pela importância de se entender o estado atual dos estudos sobre competências digitais na educação em ciências, considerando que os resultados poderão abordar as necessidades emergentes nesse campo e orientar investigações futuras (Domene et al., 2023; González-Medina et al., 2023).

Fundamentação teórica

As competências digitais auxiliam na utilização eficaz das tecnologias digitais em contextos educacionais, sociais e profissionais. No ambiente educacional, estas competências ajudam a preparar os alunos para os desafios de uma sociedade digitalizada (Barahona, 2023). Na educação em ciências, disciplinas como biologia, química e física frequentemente requerem tecnologias computacionais, simulações e análise de dados (Hussain & Bhatti, 2022). E, além do domínio técnico, as competências digitais abrangem habilidades transversais como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração.

Assim, o desenvolvimento de competências digitais na educação em ciências facilita a exploração de conceitos complexos, promovendo habilidades investigativas (Barahona, 2023). Isso permite que os alunos acessem diversos recursos educacionais online, como bancos de dados científicos e simulações virtuais, ampliando seu conhecimento e habilidades práticas (Tapalova et al., 2022; Anaya Garay et al., 2022). No entanto, a apropriação dessas estratégias enfrenta desafios significativos, incluindo a disponibilidade de infraestrutura tecnológica e a formação contínua de profes-

res (López Melero & Pérez Navío, 2023). Garantir a segurança e a privacidade dos dados dos alunos também é uma preocupação crescente, exigindo abordagens robustas para proteger a integridade das informações pessoais (Barahona, 2023).

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora para aprimorar as competências digitais dos alunos, promovendo uma aprendizagem personalizada, permitindo a criação de ambientes de aprendizagem adaptativos que se ajustam às necessidades individuais dos alunos (Hussain & Bhatti, 2022). No entanto, a implementação da IA na educação em ciências deve ser abordada com cautela, assegurando transparência, responsabilidade e proteção da privacidade e segurança dos dados dos alunos para evitar vieses algorítmicos e discriminação. Assim, apesar da crescente relevância das competências digitais, é fundamental entender os desafios na implementação eficaz dessas práticas educacionais, particularmente em relação à infraestrutura tecnológica, formação de professores e questões de segurança e privacidade dos dados (Tapalova et al., 2022).

A formação contínua dos professores em competências digitais pode melhorar os processos de ensino-aprendizagem promovendo uma cultura de desenvolvimento profissional docente (Ruiz-Cabezas et al., 2020). Também se faz necessário o apoio institucional e formação contínua para a implementação eficaz das TICs no ambiente educacional (López Melero & Pérez Navío, 2023). Porém, a importância da formação contínua dos docentes para a melhoria da qualidade do ensino é ponto que precisa ser levando em considerando (Medina et al., 2023).

Metodologia

Essa pesquisa apoia-se em pressupostos de análise bibliométrica que oferece uma perspectiva abrangente da produção científica em uma área específica, auxiliando na compreensão ao

destacar padrões, tendências e temas emergentes e áreas de interesse prioritário (Bagheri et al., 2023; Pritchard, 1969). Trata-se de recurso investigativo que permite a avaliação do impacto e da visibilidade de publicações, na mensuração da colaboração entre pesquisadores e instituições, e na identificação de lacunas de conhecimento que podem orientar futuras investigações (Van Raan, 2009).

Utilizando indicadores bibliométricos e softwares de visualização de dados, como o SciMAT e o VOSviewer, empregados neste estudo, é possível analisar e representar graficamente as relações entre conceitos, regionalidades e autores (Leydesdorff & Rafols, 2008). A escolha do SciMAT se deu porque esse software oferece análises de citações, índices de impacto, permitindo a identificação de padrões de interação entre diferentes áreas de pesquisa e a visualização da estrutura e evolução dos campos científicos na análise coocorrência de palavras-chave (Cobo et al., 2012). Por sua vez, o VOSviewer foi escolhido porque possibilita a análise e visualização de categorias temáticas e a exploração dinâmica da estrutura da literatura científica (Van Eck & Waltman, 2009).

Pesquisa bibliométrica

Buscas na Web of Science foram conduzidas utilizando termos específicos. Na primeira busca, os termos “AI” (“Artificial Intelligence”), “Digital Competence”, “Development”, “Science Education”, “Natural Sciences”, “Educational Technology” e “Education” resultaram em apenas 3 artigos. A segunda busca, focada em “Digital Competence”, “Development” e “Science Education”, identificou 64 artigos. Foi adicionado o termo “Education” na terceira busca e novamente 64 artigos foram encontrados, indicando que este termo não expandiu a abrangência da pesquisa, sugerindo que esse termo pode não ser essencial para os objetivos da pesquisa.

Considerando a busca realizada e os objetivos da pesquisa, vale destacar que o termo “Digital Competence” foi utilizado para direcio-

nar a pesquisa para estudos sobre o desenvolvimento e promoção das competências digitais no contexto educacional, abrangendo aspectos como alfabetização digital, segurança digital e comunicação online. O termo “Development” foi incluído para explorar como as competências digitais são adquiridas, aprimoradas e integradas ao longo do tempo no ambiente educacional, incluindo estratégias de ensino, políticas educacionais e programas de formação de professores. O termo “Science Education” restringiu a pesquisa ao contexto específico da educação em ciências, focando em disciplinas como biologia, química e física, investigando o uso de tecnologias digitais, incluindo a IA.

A inclusão do termo “Education” visava garantir que os resultados abrangessem estudos gerais sobre educação, políticas educacionais e práticas pedagógicas, e sua conexão com a competência digital e o uso da tecnologia na educação em ciências. Mas isso não se concretizou conforme já apontando.

Assim, a combinação desses termos buscou uma perspectiva abrangente e aprofundada sobre o tema investigado. Por fim, cabe apontar que não foram impostas restrições nas buscas em relação às áreas de conhecimento, tipos de documentos ou períodos. Como o resultado foi de 64 artigos, foi considerado que o número não é tão grande e novas restrições pudessem limitar a pesquisa. Mesmo assim, a diversidade dos artigos proporciona uma base representativa para analisar tendências, desafios e oportunidades no uso da IA para promover as competências digitais na educação em ciências.

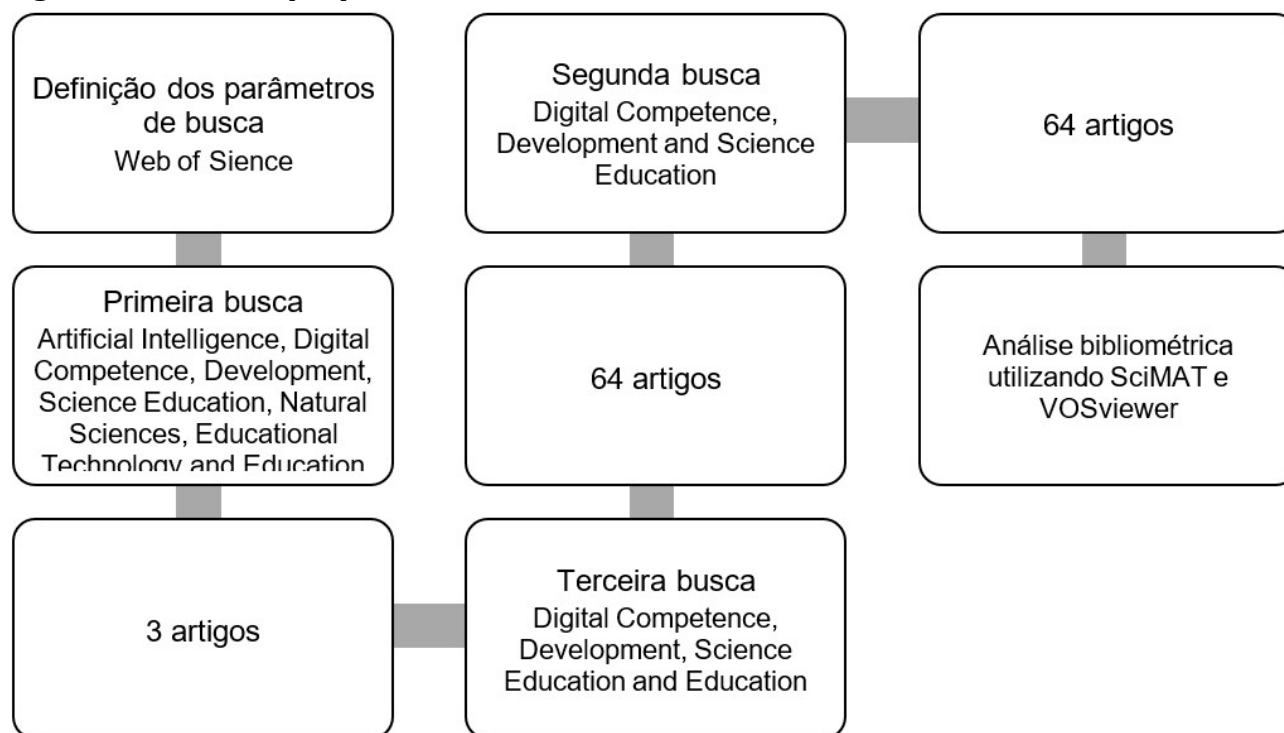
Análise dos dados

Num primeiro momento a análise foi feita por período, compreendendo os agrupamentos de 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019 e 2020-2024. Mesmo existindo 4 artigos para os 2 primeiros períodos destacados (tabela 1), a análise não conseguiu categorizá-los. Consideramos que descartar 2 períodos não era a estratégia mais adequada, se a intenção é anali-

sar o estado da arte dentro da mesma temática. Por isso, a opção final foi refazer a análise de forma global, considerando a produção total

(64 artigos) de 2005 a 2024. O fluxograma do processo da pesquisa bibliométrica está representado na figura 1.

Figura 1: Processo da pesquisa bibliométrica.



Fonte: Os autores.

Tabela 1: Artigos analisados, por período.

Período	Documentos	%
2005-2009	1	1,6%
2010-2014	3	4,7%
2015-2019	15	23,4%
2019-2024	45	70,3%
2005-2024	64	100%

Fonte: Os autores.

Os dados importados no software, VOSviewer, permitiu identificar os países que mais produzem e publicam na área (tabela 2).

A análise dos países revela diferentes níveis de envolvimento e impacto na pesquisa sobre competências digitais na educação em ciências. A China, com 11 documentos e 123 citações, destaca-se pelo volume e impacto significativo na literatura científica, embora apresente

uma colaboração internacional relativamente baixa. A Polônia, com 6 documentos e 65 citações, demonstra uma rede de colaboração internacional mais robusta, evidenciada por sua força total de ligação de 6. Em contraste, a Rússia, apesar de produzir uma quantidade significativa de pesquisa com 6 documentos, apresenta um impacto menor, com 29 citações e uma força total de ligação nula, indicando um isolamento na comunidade científica. A Espanha, também com 6 documentos, possui um impacto moderado com 19 citações e uma força total de ligação de 5, sugerindo uma participação colaborativa ativa, mas com potencial para maior reconhecimento. A Bulgária, com 5 documentos, tem uma baixa quantidade de citações (2) e uma força total de ligação modesta (1), indicando a necessidade de maior visibilidade e colaboração global.

Tabela 2: Países que mais publicam na área.

COUNTRY	DOCUMENTS	CITATIONS	TOTAL LINK STRENGTH
People's Republic of China	11	123	4
Poland	6	65	6
Russia	6	29	0
Spain	6	19	5
Bulgaria	5	2	1
Germany	5	71	10
Switzerland	5	65	10
Ukraine	5	14	2
Netherlands	4	57	9
Sweden	4	48	5

Fonte: Os autores.

A Alemanha e a Suíça, com 5 documentos cada, apresentam altos impactos de 71 e 65 citações, respectivamente, e forças totais de ligação de 10, refletindo uma forte colaboração internacional e presença robusta na literatura científica. A Ucrânia, com 5 documentos e 14 citações, tem uma força total de ligação de 2, sugerindo uma colaboração limitada e impacto menor. Os Países Baixos, com 4 documentos e 57 citações, e a Suécia, com 4 documentos e 48 citações, apresentam forças totais de ligação de 9 e 5, respectivamente, indicando uma forte presença colaborativa e impacto considerável na comunidade científica. Esses dados destacam a variação no envolvimento e impacto dos diferentes países na pesquisa sobre competências digitais na educação em ciências, com alguns países mostrando uma necessidade de aumentar sua visibilidade e colaboração internacional para melhorar seu impacto científico.

Análise das coocorrências

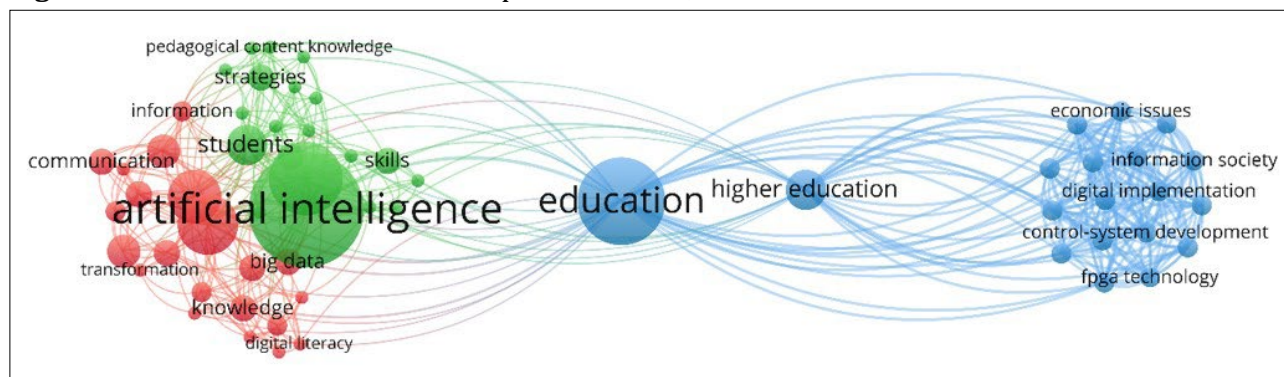
Usando o VOSviewer, a análise foi realizada considerando a coocorrência de todas as palavras-chave. Inicialmente, foram identificadas 397 palavras-chave a partir do total de artigos. Para aprimorar a análise, palavras sinônimas ou variações de escrita foram eliminadas, mantendo apenas o padrão mais recorrente. Foi gerado um banco de dados que consolidou palavras sinônimas e eliminou duplicidades, agrupando as formas no singular e no plural.

Após esses ajustes, o total de palavras-chave foi reduzido para 393. Destas, 71 palavras-chave atenderam ao critério de pelo menos 2 coocorrências. No entanto, considerando que o total de palavras-chave se reduziria significativamente aumentando o número de coocorrências, optou-se por utilizar 60 palavras-chave para garantir um ajuste mais robusto e representativo.

Considerando os agrupamentos feitos pelos softwares, as palavras-chave foram analisadas dentro do contexto dos artigos mais citados,

o que contribuiu para delimitar as categorias conforme são apresentadas na figura 2 e discutidas na sequência.

Figura 2: Análise das coocorrências de palavras-chave, 2015-2024.



Fonte: Os autores, com VOSviewer.

Categoria 1: Competências Digitais e Tecnologias na Educação

A primeira categoria (tabela 3) enfatiza as competências digitais, evidenciadas por 8 ocorrências e uma força total de 32, refletindo a importância de utilizar tecnologias digitais eficazmente. O termo “technology” predomina com 9 ocorrências e uma força total de 35, destacando o desenvolvimento e a implementação de sistemas tecnológicos na educação. “Systems” tem 5 ocorrências e uma força total de 19, reforçando essa tendência.

As “digital skills” surgem com 4 ocorrências e uma força total de 17, indicando um interesse em capacitar alunos e professores para navegar no ambiente digital. “Communication” com 4 ocorrências e uma força total de 10, e “digitalization” com 4 ocorrências e uma força total de 11, enfatizam a integração de processos digitais nos sistemas educativos. A presença de “ICT” com 4 ocorrências e uma força total de 15, juntamente com “knowledge” com 4 ocorrências e uma força total de 18, destaca a necessidade de entender e aplicar tecnologias no contexto educacional. “Curriculum” com 3 ocorrências e uma força total de 9, e “digital transformation” com 3 ocorrências e uma força

total de 13, indicam a adaptação dos conteúdos educacionais às novas exigências tecnológicas.

Termos como “information” com 3 ocorrências e uma força total de 15, “model” com 3 ocorrências e uma força total de 14, e “digital literacy” com 2 ocorrências e uma força total de 9, denotam áreas específicas de interesse e pesquisa. “Teachers” registra 5 ocorrências e uma força total de 8, enquanto “preservice teachers” apresenta 2 ocorrências e uma força total de 11, sublinhando a formação contínua e a preparação de educadores para o uso eficaz das tecnologias digitais. “Big data” com 4 ocorrências e uma força total de 9 reflete o interesse em grandes volumes de dados na educação. “Attitudes” com 2 ocorrências e uma força total de 10 e “social media” com 2 ocorrências e uma força total de 7 destacam aspectos comportamentais e contemporâneos da integração tecnológica. “Future” com 2 ocorrências e uma força total de 10 e “transformation” com 2 ocorrências e uma força total de 10 sugerem uma visão prospectiva e de evolução contínua no contexto educacional.

A primeira categoria revela amplos interesses e tendências, destacando áreas-chave de desenvolvimento e implementação, bem como a preparação de alunos e educadores para um ambiente educacional cada vez mais digital.

Tabela 3: Análise das palavras-chave da categoria 1 do VOSviewer.

KEYWORD	OCCURRENCES	TOTAL LINK STRENGTH
technology	9	35
digital competence	8	32
systems	5	19
teachers	5	8
big data	4	9
communication	4	10
digital skills	4	17
digitalization	4	11
ict	4	15
knowledge	4	18
curriculum	3	9
digital transformation	3	13
information	3	15
model	3	14
attitudes	2	10
digital literacy	2	9
future	2	10
literacy	2	13
preservice teachers	2	11
social media	2	7
transformation	2	10

Fonte: Os autores.

Categoria 2: Inteligência Artificial e Inovação na Educação

A segunda categoria (tabela 4) destaca a inteligência artificial como tópico dominante, com 17 ocorrências e uma força total de 47, indicando interesse significativo na aplicação da IA para aprimorar os processos de ensino e aprendizagem. A palavra-chave “competence” aparece com 11 ocorrências e uma força total de 41, demonstrando uma preocupação abrangente com o desenvolvimento de diversas competências. A relevância dos “students” é

evidente com 6 ocorrências e uma força total de 28, sugerindo um foco central nas necessidades e no engajamento dos alunos. “Strategies” educacionais, com 4 ocorrências e uma força total de 15, indicam uma busca por métodos inovadores para engajar e educar os alunos de maneira mais eficaz.

Termos como “machine learning” com 4 ocorrências e uma força total de 17 e “skills” com 4 ocorrências e uma força total de 17 destacam o interesse em técnicas específicas de IA e no desenvolvimento de habilidades relacionadas. “Engagement” (2 ocorrências, força total de 10) e “performance” (2 ocorrências, força total de 10) refletem preocupações com a

eficácia e a motivação no ambiente educacional. A presença de “innovation” com 2 ocorrências e uma força total de 11 e “impact” com 2 ocorrências e uma força total de 13 sugere uma atenção aos efeitos das novas tecnologias na educação.

“Framework” (2 ocorrências, força total de 9) e “systematic review” (2 ocorrências, força total de 13) indicam uma abordagem estruturada e baseada em evidências para a pesquisa em educação. Adicionalmente, “professional-development” com 2 ocorrências e uma força total de 9 e “teacher education” com 2 ocorrências e uma força total de 11 sublinham a importância da formação contínua dos educadores para a implementação eficaz das tecnologias educacionais. “Pedagogical content knowledge” (2 ocorrências, força total de 12) e “self-determi-

nation theory” (2 ocorrências, força total de 9) refletem o interesse em teorias e práticas pedagógicas que suportam a integração tecnológica.

Termos como “robotics” (2 ocorrências, força total de 7) e “natural language processing” (2 ocorrências, força total de 8) destacam áreas específicas de aplicação da IA na educação. “TPACK” (2 ocorrências, força total de 12) representa a integração do conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo, essencial para a educação moderna.

A segunda categoria revela um foco substancial na inteligência artificial e na inovação na educação, enfatizando a importância de desenvolver competências, engajar alunos e formar educadores para um ambiente educacional cada vez mais tecnológico e inovador.

Tabela 4: Análise das palavras-chave da categoria 2 do VOSviewer.

KEYWORD	OCCURRENCES	TOTAL LINK STRENGTH
artificial intelligence	17	47
competence	11	41
engagement	2	10
framework	2	9
impact	2	13
innovation	2	11
machine learning	4	17
natural language processing	2	8
pedagogical content knowledge	2	12
perceptions	2	12
performance	2	10
professional-development	2	9
robotics	2	7
self-determination theory	2	9
skills	4	17
strategies	4	15
students	6	28
systematic review	2	13
teacher education	2	11
tpack	2	12

Fonte: Os autores.

Categoria 3: Desenvolvimento e Implementação de Tecnologias na Educação

A terceira categoria (tabela 5) destaca a forte presença do tema “education” com 13 ocorrências e uma força total de 81, indicando um foco intenso na integração da tecnologia no contexto educacional. O “higher education” registra 6 ocorrências e uma força total de 67, refletindo o interesse em como as tecnologias são aplicadas e desenvolvidas em universidades e instituições de ensino superior.

A ênfase em “digital implementation” e “desenvolvimento de sistemas de controle”, ambos com 3 ocorrências e uma força total de 54, demonstra um interesse significativo nos aspectos técnicos e práticos da aplicação de tecnologias na educação, voltados para o desenvolvimento de soluções tecnológicas específicas que podem ser implementadas nos ambientes educacionais. Termos como “electronics” e “FPGA technology” (Field Programmable Gate Array), cada um com 3 ocorrências e uma força total de 54, indicam um interesse em tecnologias avançadas e sua aplicação prática na educação.

A “information society” e “professional communities”, também com 3 ocorrências e uma força total de 54, refletem a importância de compreender o impacto das tecnologias na sociedade e de fomentar a colaboração entre profissionais na área educacional. Outros termos como “economic issues” (3 ocorrências, força total de 54), “industry” (3 ocorrências, força total de 54) e “telecommunications” (3 ocorrências, força total de 54) sugerem um interesse na interseção entre educação e desenvolvimento econômico, industrial e tecnológico.

A presença de “linear-accelerator” e “simulator” (ambos com 3 ocorrências e uma força total de 54) indica a pesquisa em tecnologias que podem ser usadas para criar ambientes de aprendizagem avançados e simulados. Adicionalmente, “tailored optical-fibers”, “tesla cavity controller” e “probe” (todos com 3 ocorrências e uma força total de 54) denotam a exploração de tecnologias de ponta que podem potencialmente revolucionar os métodos de ensino e aprendizagem. Termos como “reagent” e “water” (ambos com 3 ocorrências e uma força total de 54) podem indicar a pesquisa em áreas específicas da educação científica, onde o uso de tecnologias avançadas é crucial.

Tabela 5: Análise das palavras-chave da categoria 3 do VOSviewer.

KEYWORD	OCCURRENCES	TOTAL LINK STRENGTH
education	13	81
higher education	6	67
control-system development	3	54
development	3	54
digital implementation	3	54
economic issues	3	54
electronics	3	54
fpga technology	3	54
industry	3	54
information society	3	54
linear-accelerator	3	54
probe	3	54

professional communities	3	54
reagent	3	54
simulator	3	54
tailored optical-fibers	3	54
telecommunications	3	54
tesla cavity controller	3	54
water	3	54

Fonte: Os autores.

A terceira categoria revela um foco significativo no desenvolvimento e implementação de tecnologias específicas no contexto educacional, com particular interesse em sua aplicação no ensino superior. A pesquisa abrange desde aspectos técnicos e práticos até o impacto econômico e societal das tecnologias na educação.

A análise integrada, revela que a primeira categoria enfatiza a necessidade de desenvolver competências digitais básicas e avançadas entre alunos e professores para um ambiente educacional digitalizado. A segunda categoria destaca a exploração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, para inovar e melhorar processos educativos, focando na personalização da aprendizagem e no aumento do engajamento dos alunos. A terceira categoria sublinha a importância do desenvolvimento e implementação de tecnologias específicas no contexto educacional, especialmente no ensino superior, indicando a necessidade de soluções técnicas e práticas integradas nas práticas educativas.

Essas categorias delineiam um cenário de forte integração tecnológica na educação, com ênfase em competências digitais, inovações tecnológicas e aplicações práticas. A tendência geral sugere uma evolução contínua e adaptação às mudanças tecnológicas, enquanto as lacunas identificadas indicam áreas para futuras pesquisas, como estratégias específicas para diferentes contextos educacionais, avaliação do impacto dessas tecnologias na aprendizagem e criação de modelos educacionais que integrem essas tecnologias emergentes.

A análise do VOSviewer, considerando o foco da educação em ciências, destaca a importância de capacitar educadores e alunos, explorar tecnologias emergentes e desenvolver soluções práticas aplicáveis no ambiente educacional. De forma específica, a IA apresenta potencial significativo para contribuir no desenvolvimento de competências digitais na educação, considerando os seguintes pontos.

- Personalização da Aprendizagem:** criação de sistemas de aprendizagem personalizados que adaptam o conteúdo e o ritmo de ensino às necessidades individuais dos alunos.
- Feedback Imediato e Avaliação Contínua:** disponibilidade de avaliações contínuas e feedback imediato, permitindo ajustes no processo de ensino com base no desempenho dos alunos.
- Análise de Dados Educacionais:** análise de grandes volumes de dados para identificar lacunas e fortalezas nas competências digitais dos alunos, permitindo intervenções personalizadas.
- Desenvolvimento de Conteúdo Interativo:** desenvolvimento de conteúdos educativos interativos e imersivos, como gamificação e simulações, que facilitam o aprendizado de competências digitais.
- Suporte ao Ensino de Habilidades Digitais:** oferta de tutoriais personalizados e atividades práticas para desenvolver habilidades tecnológicas.
- Inovação e Pesquisa:** identificação de lacunas na pesquisa, contribuindo para

novas abordagens pedagógicas e inovação educacional

- g. Formação Continuada de Educadores: Ferramentas de IA podem fornecer treinamento e recursos personalizados para educadores, melhorando suas competências digitais e práticas pedagógicas.

Diagramas de coordenadas estratégicas

Os dados foram importados no SciMat com posterior eliminação de sinônimos ou variações de escrita (singular e plural), mantendo o padrão mais recorrente. A unidade de análise escolhida foram as palavras-chave, considerando os papéis de autor, fonte e adicionais (authorRole=true, sourceRole=true, addedRole=true). O tipo de rede analisada foi de coocorrência, utilizando o índice de equivalência como medida de normalização. Para a formação dos categorias, foi aplicado o algoritmo de centros simples, estabelecendo um tamanho máximo de categoria de 4 e um tamanho mínimo de 1. A medida de evolução selecionada foi o índice de Jaccard, enquanto a medida de sobreposição utilizada foi o índice de equivalência. Essas configurações visam garantir uma análise detalhada e precisa das relações dos termos.

O SciMAT gerou diagramas de coordenadas Estratégicas que proporcionam visualização intuitiva do estado evolutivo dos temas de pesquisa, oferecendo uma compreensão do campo de estudo, onde os nós representam categorias temáticas, enquanto os números associados indicam o volume de literatura relacionada a cada tema, refletindo seu interesse e relevância. O eixo horizontal avalia a centralidade, destacando a força de associação de um tema com outros dentro do campo de pesquisa. Quanto maior a centralidade, mais central é a posição do tema e mais fortemente ele se relaciona com outras áreas. Por sua vez, o eixo vertical representa a densidade, indicando o grau de associação entre as palavras-chave dentro de um tema. Maior densidade sugere uma conexão interna

mais robusta e um estágio mais avançado de desenvolvimento temático.

A interseção desses eixos divide o plano em quatro quadrantes distintos, cada um fornecendo informações sobre os temas analisados. O quadrante superior esquerdo geralmente abriga temas bem desenvolvidos, mas possivelmente isolados em relação aos demais. Enquanto isso, o quadrante inferior esquerdo destaca temas emergentes ou em declínio, necessitando de maior atenção e investigação. Por outro lado, o quadrante superior direito revela temas centrais e consolidados, com forte conexão com outros temas e frequentemente representando áreas de pesquisa líderes. Esses são identificados pelas categorias altamente coesos e associados a palavras-chave proeminentes. Por fim, o quadrante inferior direito é ocupado por temas importantes, porém subdesenvolvidos, oferecendo oportunidades para futuras investigações e aprofundamentos.

Assim, as análises realizadas no SciMAT formam categorias em torno das palavras-chave com maior incidência nos estudos (Petrillo Pires de Araújo et al., 2023). Essas categorias representam conjuntos de palavras-chave altamente interconectadas dentro da literatura analisada, refletindo associações temáticas e possibilitando a identificação de tendências emergentes e relações entre diferentes temas. Os nós, por sua vez, são elementos individuais em um diagrama de rede. No SciMAT, os nós geralmente representam palavras-chave, enquanto as categorias são agrupamentos desses nós.

Os dados da análise foram resumidos na tabela 6 onde foram utilizadas as seguintes informações: a) Cluster: conjunto de palavras-chave com alta interconexão dentro da literatura analisada, refletindo associações temáticas. Podem representar tópicos específicos de pesquisa ou conceitos relevantes no campo de estudo. Analisar essas categorias permite identificar tendências emergentes e relações entre diferentes temas. b) Centrality: medida da centralidade de cada categoria, destaca sua importância e conexão com outros temas dentro do campo

de pesquisa. c) Centrality range: intervalo de valores de centralidade abrangido pelas categorias, permite comparação relativa entre eles. d) Density: indica o grau de conexão entre as palavras-chave dentro do tema. e) Density range: intervalo de valores de densidade abrangido pelas categorias, mostra a coesão interna dos temas. f) Documents: total de documentos

associados a cada categoria. g) h-index: índice h calculado para cada categoria, que representa o número de documentos do categoria (h) que receberam pelo menos h citações. h) Citations: total de citações recebidas pelos documentos dentro de cada categoria, indica a relevância e impacto do tema na comunidade científica (Shen et al., 2023).

Tabela 6: Categorias encontradas no SciMAT.

N	CLUSTER	CENTRALITY	CENTRALITY RANGE	DENSITY	DENSITY RANGE	DOCUMENTS	H-INDEX	CITATIONS
1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE	15.11	1	13.63	0.67	14	6	99
2	PRESER-VICE-TEACHERS	12.88	0.67	14.58	1	3	2	23
3	COMMUNICA-TION	9.97	0.33	8.02	0.33	3	1	1

Fonte: Os autores.

A tabela 7 apresenta as palavras-chave e uma síntese da análise para cada categoria

Tabela 7: Síntese da análise das categorias.

N	CLUSTER	KEYWORDS [DOCUMENTS]	DESCRIPTION AND ANALYSIS
1	ARTIFICIAL INTELLI-GENCE	artificial intelligence [20] competence [11] technology [9] skills [5]	Os dados bibliométricos indicam que "digital competence" e "technology" são termos cen-trais, ambos com 9 ocorrências, destacando a importância de capacitar alunos e professores em competências digitais. A presença de "sys-tems" (6 ocorrências) e "communication" (5 ocorrências) reforça a necessidade de integrar tecnologias nos processos educativos, tanto do ponto de vista técnico quanto na utilização eficaz para facilitar a colaboração e troca de in-formações. A recorrência de "digital skills" (5 ocorrências) sublinha a relevância de desen-volver habilidades específicas para uma nave-gação e utilização eficientes das tecnologias digitais. Esta categoria evidencia uma abor-dagem abrangente para preparar indivíduos para um ambiente educacional digital, onde a competência em tecnologias da informação e comunicação é essencial.

2	PRESER- VICE-TEACH- ERS	model [4] preservice-teachers [4] innovation [3] proposal [2]	A "artificial intelligence" destaca-se com 20 ocorrências, evidenciando interesse substancial na sua aplicação para aprimorar processos educativos. O termo "competence" aparece 11 vezes, indicando foco em desenvolver competências variadas através do uso de IA. A "innovation" com 3 ocorrências sugere busca por novas abordagens pedagógicas que incorporem IA para melhorar ensino e aprendizagem. Os termos "model" com 4 ocorrências e "proposal" com 2 ocorrências refletem pesquisa dedicada ao desenvolvimento e teste de novos modelos educacionais baseados em IA. Esta categoria sugere exploração aprofundada de como a IA pode transformar a educação, desde automação de processos até criação de experiências de aprendizagem personalizadas e inovadoras.
3	COMMUNICA- TION	digital-competence [9] systems [6] communication [5]	"Digital competence" e "technology" aparecem com 9 ocorrências cada, indicando um interesse contínuo no desenvolvimento e implementação de tecnologias digitais. A presença de "systems" com 6 ocorrências e "communication" com 5 ocorrências destaca a importância de uma infraestrutura tecnológica robusta e de habilidades de comunicação eficazes para a implementação bem-sucedida dessas tecnologias na educação. Termos adicionais como "skills" com 5 ocorrências e "innovation" com 3 ocorrências reforçam a necessidade de desenvolvimento contínuo de competências e práticas inovadoras no ensino. Esta categoria reflete a pesquisa focada na criação de um ambiente educacional que incorpore eficazmente tecnologias digitais, promovendo tanto a infraestrutura necessária quanto as habilidades interpessoais e técnicas requeridas para o sucesso na implementação dessas tecnologias.

Fonte: Os autores com SciMat.

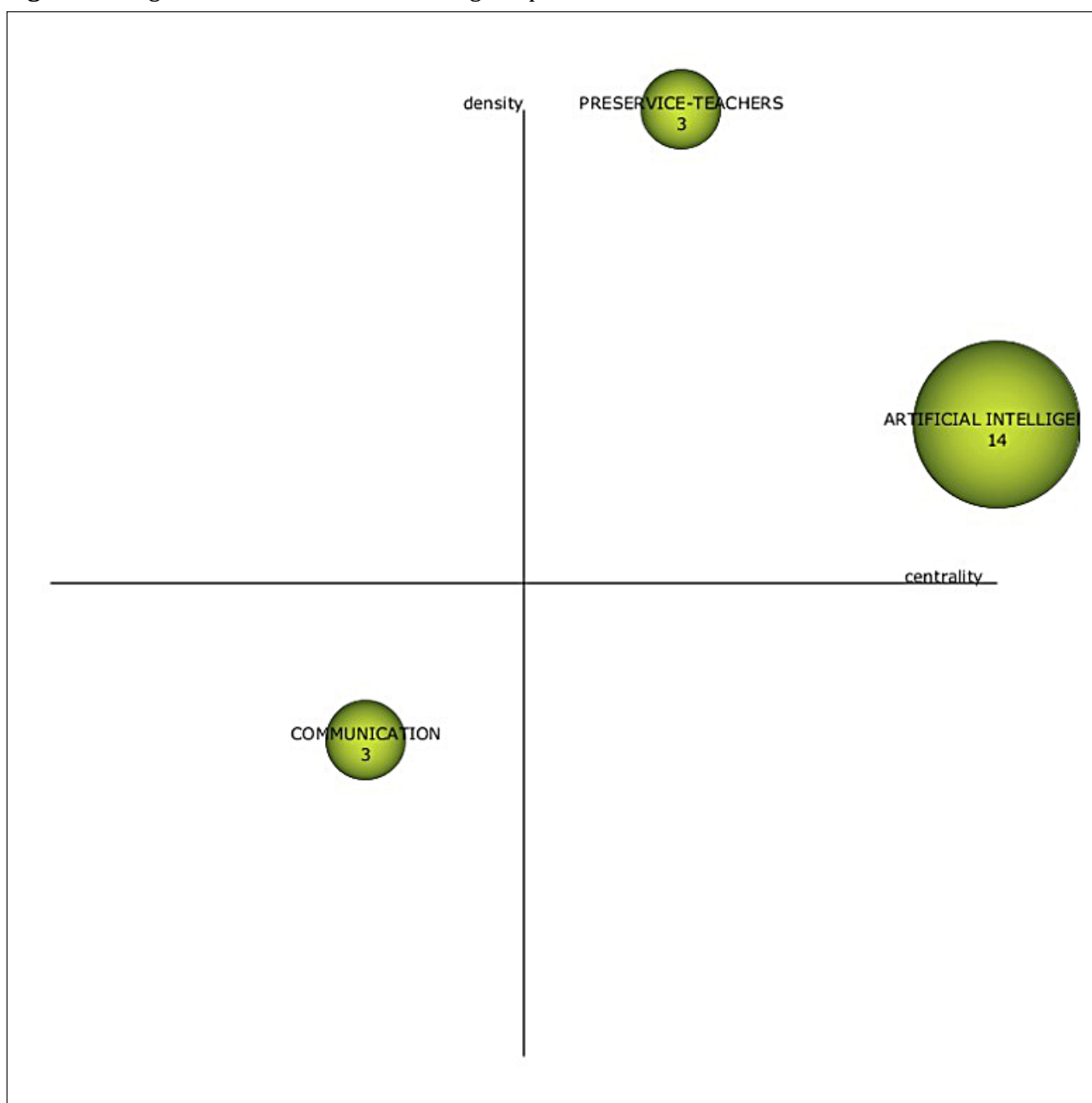
A análise do diagrama de coordenadas estratégicas (figura 3) indica que no quadrante superior direito, observam-se as categorias

“Preservice-Teachers” e “Artificial Intelligence”. Ambos exibem alta centralidade, indicando forte conexão com outros temas na área de

pesquisa. A densidade da categoria “Preservice-Teachers” é consideravelmente alta, sugerindo uma coesão interna robusta entre as palavras-chave associadas. Por outro lado, a categoria “Artificial Intelligence” possui uma densidade ligeiramente menor, mas ainda demonstra uma conexão substancial entre os termos-chave. Ambos as categorias apresentam um número significativo de documentos associados, refletindo um impacto considerável na comunidade científica, conforme indicado pelo h-index.

No quadrante inferior esquerdo, encontra-se a categoria “Communication”, que exibe uma centralidade moderada, sugerindo uma conexão intermediária com outros temas na área. No entanto, a densidade é relativamente baixa, indicando uma coesão menos robusta entre as palavras-chave associadas. O número limitado de documentos associados à categoria, juntamente com um h-index modesto, sugere um impacto moderado na comunidade científica em comparação com as categorias no quadrante superior direito.

Figura 3: Diagrama de coordenadas estratégicas para total de documentos.



Fonte: Os autores, com SciMat.

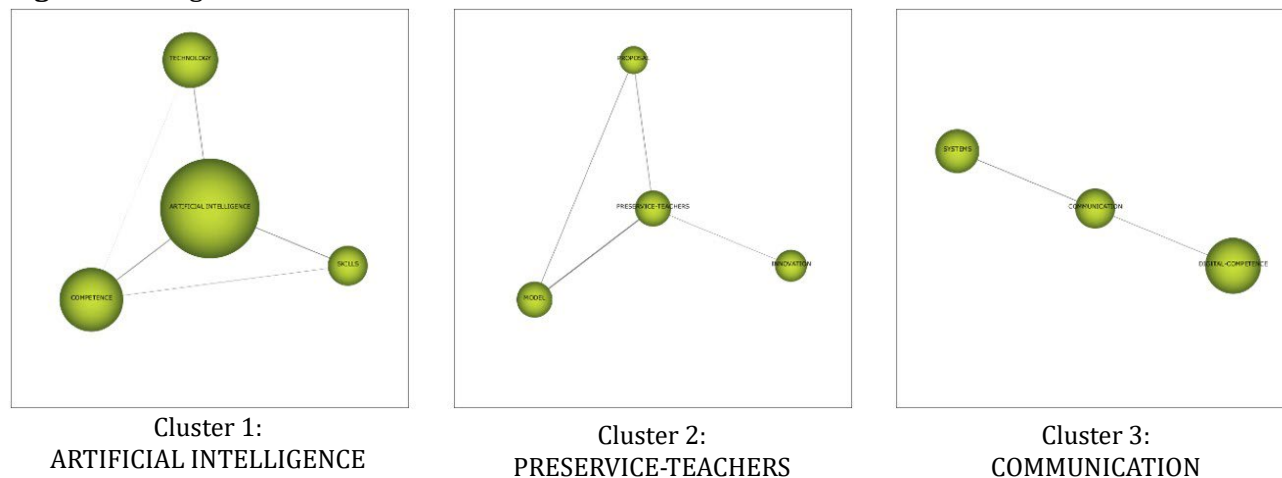
A figura 4 mostra que a categoria “ARTIFICIAL INTELLIGENCE” foca na aplicação da IA em diversas áreas, sendo mencionado em 20 documentos. Termos como “competence”, “technology” e “skills” indicam uma abordagem interdisciplinar, explorando a interseção entre IA e competências digitais. Esta categoria apresenta alta centralidade (15.11) e densidade (13.63), com um índice h de 6 e 99 citações, demonstrando impacto significativo na comunidade acadêmica.

A categoria “PRESERVICE-TEACHERS” concentra-se na formação de professores, com ênfase em aspectos inovadores. A palavra-chave “preservice-teachers” aparece em 4 documentos, enquanto “model”, “innovation” e “proposal” sugerem investigações sobre

modelos inovadores para a formação inicial de professores. Esta categoria mostra alta centralidade (12.88) e densidade (14.58), com um índice h de 2 e 23 citações, contribuindo significativamente para a educação em formação de professores.

A categoria “COMMUNICATION” aborda a comunicação digital e a competência digital associada, com “digital-competence” mencionado em 9 documentos. Termos como “systems” e “communication” indicam uma investigação interdisciplinar. Esta categoria possui centralidade (9.97) e densidade (8.02) moderadas, com 3 documentos, um índice h de 1 e apenas 1 citação, sugerindo necessidade de mais desenvolvimento para aumentar sua relevância acadêmica.

Figura 4: Categorias encontradas no SciMAT.



Fonte: Os autores, com SciMat.

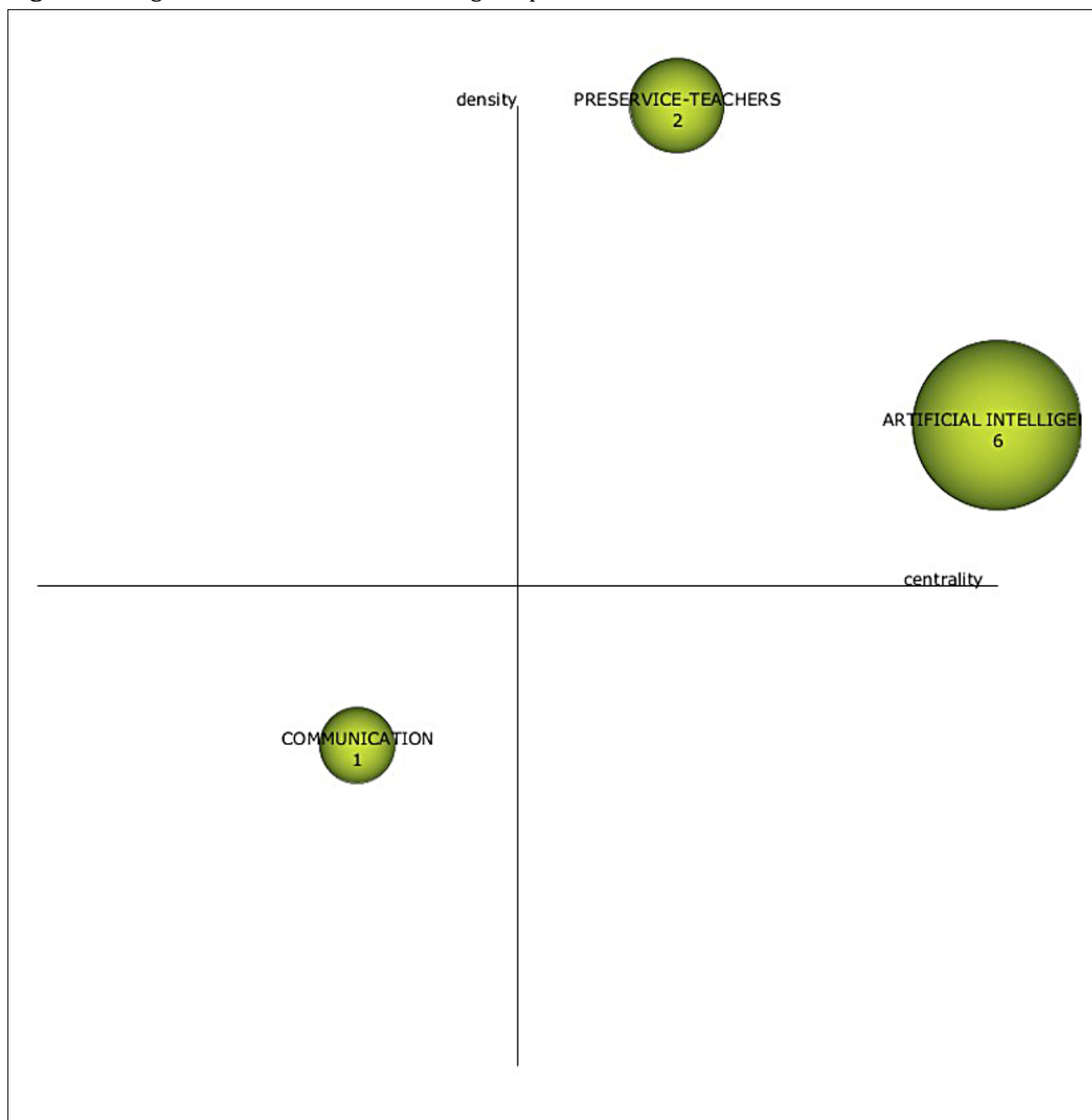
A análise das categorias nos diferentes quadrantes do diagrama de coordenadas estratégicas revela variações significativas em métricas bibliométricas, como o número total de documentos, o índice h e a soma das citações.

No quadrante superior direito, as categorias “Artificial Intelligence” e “Preservice-Teachers” se destacam com 14 e 3 documentos, respectivamente, apresentando índices h de 6 e 2, sugerindo relevância substancial na comunidade científica (figura 5). O categoria “Artificial

Intelligence” recebeu 99 citações, enquanto “Preservice-Teachers” obteve 23 citações, indicando influência significativa em termos de produção científica e impacto acadêmico (figura 6).

No quadrante inferior esquerdo, a categoria “Communication” possui apenas 3 documentos, um índice h de 1 (figura 5) e soma das citações de 1 (figura 6), refletindo uma produção científica menor e impacto relativamente limitado na comunidade científica em comparação com as categorias dos quadrantes superiores.

Figura 5: Diagrama de coordenadas estratégicas para índice h.

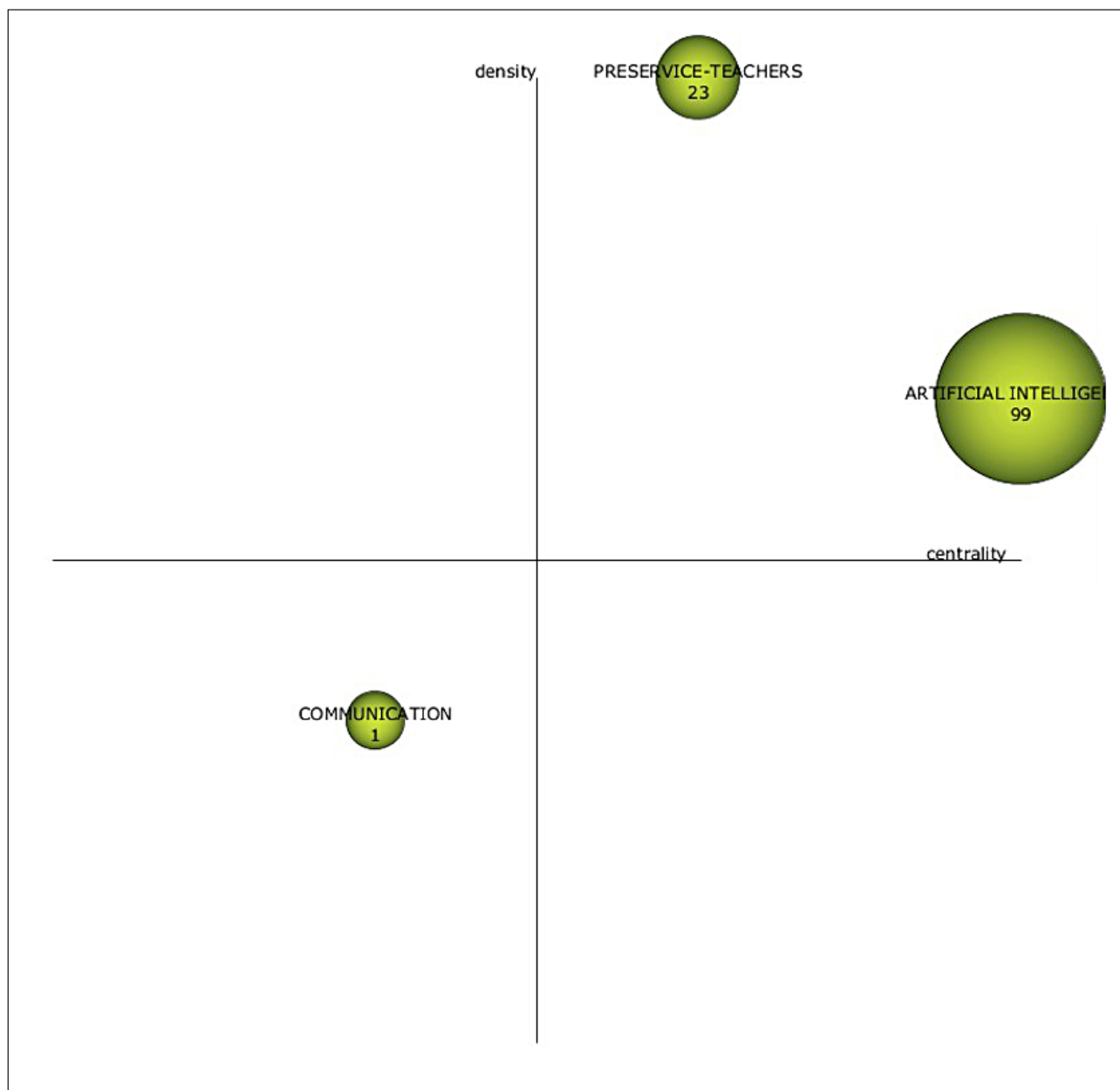


Fonte: Os autores, com SciMat.

Essas análises enfatizam a importância das categorias no quadrante superior direito em termos de quantidade e impacto da pesquisa. “Artificial Intelligence” e “Preservice-Teachers” representam áreas de pesquisa

líderes, enquanto “Communication” no quadrante inferior esquerdo sugere uma área que pode necessitar de mais desenvolvimento para aumentar sua relevância e impacto acadêmico.

Figura 6: Diagrama de coordenadas estratégicas para soma de citações.



Fonte: Os autores, com SciMat.

A análise integrada das três categorias revela tendências na pesquisa sobre competências digitais, tecnologia na educação, inteligência artificial, inovação, e desenvolvimento e implementação de tecnologias. A consistência de termos como “digital competence” e “digital skills” em todas as categorias destaca a necessidade crescente de desenvolver habilidades tecnológicas em alunos e professores. A recorrência de “technology” e “systems” sublinha a importância de uma infraestrutura tecnológica robusta para melhorar os processos de ensino e aprendizagem.

A formação de professores é outra área crítica, evidenciada pela presença de “preservice teachers”, indicando a necessidade de preparar futuros educadores para utilizar tecnologias digitais e IA. A formação inicial e continuada de professores é essencial para a implementação bem-sucedida dessas tecnologias.

Além disso, termos como “innovation”, “model” e “proposal” refletem o esforço contínuo para desenvolver e testar novas abordagens pedagógicas, com a IA sendo uma ferramenta chave para criar experiências de aprendizagem mais personalizadas e eficazes.

“Artificial intelligence” destaca-se como tema dominante, evidenciando interesse substancial em como a IA pode ser aplicada para melhorar a educação, oferecendo possibilidades para a automação de processos, personalização do aprendizado e desenvolvimento de novas competências. A importância de habilidades de comunicação para a colaboração eficaz e o uso de tecnologias digitais é sublinhada pela recorrência do termo “communication”.

No geral, a pesquisa sinaliza um foco na importância das competências digitais, na integração tecnológica, na formação de professores, na inovação e na aplicação da inteligência artificial na educação. As tendências sugerem que a pesquisa está avançando para criar um ambiente educacional que responda às demandas de um mundo digital em constante evolução, enfatizando o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e novas abordagens pedagógicas.

Considerações finais

As análises do VOSviewer e do SciMAT convergem na identificação de tendências, lacunas e possibilidades de investigação futura na área de competências digitais e tecnologia na educação, com foco na integração da IA. Ambas as análises destacam a necessidade crescente de desenvolver competências digitais entre alunos e professores para um ambiente educacional digitalizado. A consistência de termos como “digital competence” e “digital skills” em todas as categorias ressalta a importância dessas habilidades tecnológicas.

A formação de professores emerge como uma área crítica, com a presença de termos como “preservice teachers” indicando a necessidade de preparar educadores para utilizar tecnologias digitais e IA. A formação contínua de professores é essencial para a implementação bem-sucedida dessas tecnologias, um ponto sublinhado por ambas as análises.

A integração de tecnologias emergentes, como IA e aprendizado de máquina, é desta-

cada como uma tendência significativa. A IA é vista como uma ferramenta chave para personalizar a aprendizagem, automatizar avaliações e criar conteúdos interativos, aumentando a motivação e o engajamento dos alunos. As análises também apontam para a necessidade de uma infraestrutura tecnológica robusta e de habilidades de comunicação eficazes para a implementação dessas tecnologias no contexto educacional.

Apesar dessas tendências, há lacunas notáveis na pesquisa. A análise identificou que a “Communication” é um domínio que ainda necessita de maior desenvolvimento, evidenciando a carência de abordagens eficazes para promover habilidades de comunicação digital entre educadores e alunos. A necessidade de políticas educacionais robustas que promovam a formação contínua e o uso eficaz das TICs, garantindo a segurança e privacidade dos dados, é uma área que requer atenção.

As possibilidades de investigação futura incluem a personalização do desenvolvimento de competências digitais, adaptando conteúdos e métodos de ensino às necessidades específicas dos alunos. A criação de plataformas de aprendizagem baseadas em IA que avaliem continuamente o progresso dos alunos e ajustem o conteúdo conforme necessário é uma área promissora. A avaliação rigorosa da eficácia dessas intervenções na melhoria das competências digitais e na motivação dos alunos é essencial.

Além disso, a análise de grandes volumes de dados educacionais utilizando IA pode identificar deficiências e fortalezas no desenvolvimento de competências digitais, permitindo intervenções mais precisas e baseadas em evidências. A pesquisa também pode explorar o desenvolvimento de conteúdos educativos interativos e imersivos, como gamificação e simulações, que facilitam o aprendizado de competências digitais.

A formação continuada de educadores com o auxílio de ferramentas de IA, que forneçam treinamento e recursos personalizados, é ou-

tra área de investigação potencial. Avaliar a eficácia desses programas de formação e integrar a IA nos programas de desenvolvimento profissional dos educadores são caminhos promissores.

Por fim, a IA pode fomentar pesquisa e inovação, analisando tendências na literatura científica, sugerindo direções de estudo e promovendo a colaboração entre instituições e grupos de pesquisa. Estudos longitudinais que acompanhem o impacto das IA no desenvolvimento de competências digitais ao longo do tempo são cruciais para entender e melhorar continuamente as práticas educacionais.

REFERÊNCIAS

ANAYA GARAY, R. R.; PÉREZ GUEVARA, L.; ZÁRATE TACCA, W. R.; ANTÓN DE LOS SANTOS, M. A.; FIERRO BRAVO, M. Digital competence in scientific research in higher education. **International Journal of Health Sciences**, v. 6, n. S5, p. 5778–5787, 2022. DOI: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS5.10242>.

BAGHERI, B.; AZADI, H.; SOLTANI, A.; WITLOX, F. Global city data analysis using SciMAT: a bibliometric review. **Environment, Development and Sustainability**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03255-4>.

CHECA DOMENE, L.; GARCÍA-VALDECASAS PRIETO, M.; ESPINOSA FERNÁNDEZ, I.; GAVÍN CHOCANO, Ó. TIC y necesidades educativas en una clase de Ciencias en Educación Primaria: una revisión sistemática. In: PÉREZ NAVÍO, E.; CAMPOS BARRIONUEVO, B. (Coords.). **Innovación y retos de la educación superior**. Propuestas pospandemia. Barcelona: Octaedro, 2023. p. 71-84.

CISNEROS-BARAHONA, A.; MARQUÉS MOLÍAS, L.; SAMANIEGO ERAZO, G.; UVIDIA-FASSLER, M. I.; DE LA CRUZ-FERNÁNDEZ, G. Bibliometric mapping of scientific literature located in Scopus on teaching digital competence in higher education. In: BOTTO-TOBAR, M.; GÓMEZ, O. S.; ROSERO MIRANDA, R.; DÍAZ CADENA, A.; LUNA-ENCALADA, W. (Eds.). **Trends in Artificial Intelligence and Computer Engineering. ICAETT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems**. Cham: Springer, 2023. v. 619. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-25942-5_14.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. SciMAT: A new science

mapping analysis software tool. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 8, p. 1601-1619, 2012.

GONZÁLEZ MEDINA, I.; GAVÍN-CHOCANO, Ó.; PÉREZ NAVÍO, E.; HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, A. Estudio de caso de la competencia digital docente (DigCompEdu) de un centro educativo de la localidad de Linares (Jaén). In: PÉREZ NAVÍO, E.; CAMPOS BARRIONUEVO, B. (Eds.). **Innovación y retos de la educación superior**. Propuestas pospandemia. Barcelona: Octaedro, 2023. p. 161-172.

HUSSAIN, S.; BHATTI, D. E. Artificial intelligence and medical education. **Annals of King Edward Medical University**, v. 28, n. 1, p. 3-6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21649/akemu.v28i1.4990>. (Publicado originalmente em 23 abr. 2022).

KARTIMI, K.; RIYANTO, O. R.; WINARSO, W. Digital competence of science teachers in terms of gender, length of work, and school levels of teaching. **Cypriot Journal of Educational Science**, v. 18, n. 1, p. 31-42, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18844/cjes.v18i1.7779>.

KLOCHKO, A.; PROKOPENKO, A. Development of digital competence under the conditions of digitalization of education. **Scientific Journal of Polonia University**, v. 56, n. 1, p. 103-110, 2023. DOI: <https://doi.org/10.23856/5615>.

KWIATKOWSKA, W.; WIŚNIEWSKA-NOGAJ, L. Digital skills and online collaborative learning: The study report. **Electronic Journal of e-Learning**, v. 20, n. 5, p. 510-522, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34190/ejel.20.5.2412>.

LEYDESDORFF, L.; RAFOLS, I. A global map of science based on the ISI subject categories. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 348–362, 2008.

LÓPEZ MELERO, A.; PÉREZ NAVÍO, E. Tecnología y educación en momentos de cambio. **Riaices**, v. 5, n. 1, p. 41–50, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17811/ria.5.1.2023.41-50>.

MARIN, I.; POPOVICI, D.; GRIVOKOSTOPOULOU, F.; KOUTSOJANNIS, C. New digital skills training approach to enhance life quality / Nova abordagem de treinamento de habilidades digitais para melhorar a qualidade de vida. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 23759–23766, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-067>.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, v. 25, p. 348-349, 1969.

RUIZ-CABEZAS, A.; MEDINA DOMÍNGUEZ, M. del C.; PÉREZ NAVÍO, E.; MEDINA RIVILLA, A. University teachers' training: the Digital Competence. **Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación**, n. 58, p. 181-215, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.74676>.

TAPALOVA, O.; ZHIYENBAYEVA, N. Artificial intelligence in education: AIED for personalised learning pathways. **Electronic Journal of e-Lear-**

ning, v. 20, n. 5, p. 639-653, 2022.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2009.

VAN RAAN, A. F. J. Measurement of central aspects of scientific research: Performance, interdisciplinarity, structure. **Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives**, v. 3, n. 1, p. 1-19, 2009.

Recebido em: 01/11/2024

Aprovado em: 27/05/2025



Este é um artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons.