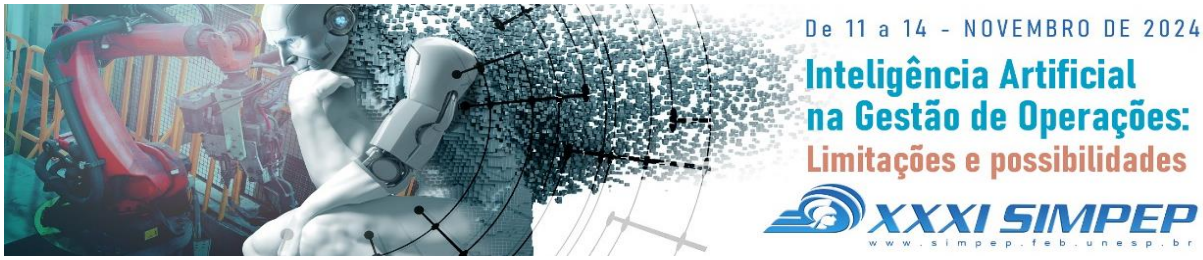


A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO TRANSPORTE PÚBLICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

KARIELSON MEDEIROS FEITOSA – karielsonmedeiros@outlook.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN – NATAL -RN

JOSÉ ALFREDO FERREIRA COSTA – alfredo.costa@ufrn.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN – NATAL -RN

ÁREA: *4 - ENGENHARIA DA QUALIDADE*
SUBÁREA: *4.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DA QUALIDADE*

RESUMO: *A CRESCENTE URBANIZAÇÃO E A NECESSIDADE DE UM TRANSPORTE PÚBLICO (TP) EFICIENTE E SUSTENTÁVEL IMPULSIONARAM A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NESSE SETOR. ESTA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA INVESTIGA O ESTADO DA ARTE DA IA NO TP ENTRE 2019 E 2024, MAPEANDO AS PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO, TÉCNICAS E AUTORES RELEVANTES. A ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA REVELA UM AUMENTO NAS PUBLICAÇÕES SOBRE O TEMA, COM DESTAQUE PARA A CHINA COMO CENTRO DE PESQUISA E OS PERIÓDICOS "PUBLIC TRANSPORT" E "SUSTAINABILITY". AS TÉCNICAS DE IA MAIS UTILIZADAS SÃO APRENDIZADO PROFUNDO (DL) E APRENDIZADO DE MÁQUINA (ML), APLICADAS EM ÁREAS COMO PLANEJAMENTO OPERACIONAL, CONTROLE DE QUALIDADE, CONSUMO DE ENERGIA, CONTROLE OPERACIONAL E ECONOMIA. O ESTUDO CONCLUI QUE A IA TEM POTENCIAL PARA OTIMIZAR O TP, E SUGERE PESQUISAS FUTURAS SOBRE ALGORITMOS, APLICABILIDADE E IMPACTO DA IA NA EXPERIÊNCIA DOS USUÁRIOS.*

PALAVRAS-CHAVES: *INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL; TRANSPORTE PÚBLICO; TRANSPORTE URBANO; MACHINE LEARNING; DEEP LEARNING; REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem como consequência o crescimento do fluxo de tráfego motorizado nas áreas urbanas, resultando em problemas graves como poluição do ar, acidentes rodoviários e congestionamentos (Zannat e Choudhury, 2019). Essa tendência tende a se agravar, uma vez que, segundo Ahmed e Diaz (2022), mais de 60% da população mundial estará concentrada nas cidades até 2030. Esse cenário exige a busca por modos de transporte alternativos e sustentáveis. Em resposta, órgãos governamentais têm trabalhado para transferir os viajantes dos automóveis particulares para o transporte público (TP) (Jevinger et al., 2023). No entanto, como apontam Kalaoane et al. (2024), a má qualidade dos serviços de TP dificulta a mudança de hábito dos usuários de veículos individuais motorizados para meios de transporte mais sustentáveis. A necessidade de serviços de TP confiáveis e eficientes, capazes de atender às necessidades dos passageiros e atrair maior demanda, é agora mais urgente do que nunca (Rashidi et al., 2023). Ao mesmo tempo, a complexidade dos sistemas de transporte e do comportamento do tráfego aumenta, à medida que o número de opções alternativas de viagem se expande e os sistemas de transporte evoluem (Jevinger et al., 2023). Nesse contexto, tecnologias emergentes, como a aplicação de Técnicas de Inteligência Artificial (IA), apresentam-se como soluções promissoras para abordar esses desafios e aumentar a eficiência dos sistemas de transporte urbano.

O conceito de Inteligência Artificial foi introduzido em 1955 e descrito como "a ciência e engenharia de criar máquinas inteligentes, particularmente programas de computador inteligentes. Está relacionado com a tarefa de utilizar computadores para entender a inteligência humana, mas a IA não precisa se restringir a métodos observáveis biologicamente" (McCarthy et al., 2006). Ao longo do tempo, surgiram várias definições diferentes para esse termo multifacetado. Russell e Norvig (2010) identificaram quatro principais categorias de definições para IA: pensar de maneira humana, agir de maneira humana, pensar de forma racional e agir de forma racional. Atualmente, IA engloba uma ampla gama de subcampos e técnicas. No contexto do transporte urbano, destacam-se principalmente o Aprendizado de Máquina (ML), que permite aos sistemas aprenderem e melhorarem a partir de experiências sem serem explicitamente programados (Li et al., 2021); o Aprendizado Profundo (DL), um subconjunto do aprendizado de máquina baseado em redes neurais artificiais com múltiplas camadas (Pamula & Pamula, 2022); a Visão Computacional, que possibilita às máquinas interpretarem e compreenderem informações visuais do mundo real (Iovino et al., 2021); e o Processamento de Linguagem Natural (NPL), que capacita as

máquinas a compreenderem, interpretarem e gerarem linguagem humana (Osorio-Arjona et al., 2021).

Técnicas de IA podem ser aplicadas para aprimorar vários aspectos do transporte público, como pontualidade, frequência, cobertura de rede, conforto e segurança, que são indicadores-chave da qualidade do serviço. Jevinger et al. (2023) identificaram três principais mecanismos pelos quais soluções de IA contribuem no transporte público: previsão, estimativa do estado atual e alocação de recursos, incluindo planejamento e programação. A aplicação de IA no transporte urbano não só melhora a eficiência operacional, mas também pode trazer benefícios financeiros significativos. Estimativas sugerem que a IA poderá aumentar a rentabilidade nos setores de transportes e armazenamento em 44% e nos serviços públicos em 27% até o ano 2035 (Purdy et al., 2017). Esses números ressaltam o potencial transformador da IA na mobilidade urbana. Jevinger et al. (2023) também destacam que o transporte público possui características que o tornam adequado para a aplicação de IA, como a geração contínua de grandes volumes de dados, que muitas vezes não são utilizados em todo o seu potencial. Além disso, a Internet das Coisas (IoT) atua como um facilitador nesta área (Davidsson et al., 2016), podendo desencadear muitas mudanças no domínio do transporte público quando combinada com a IA.

Nos últimos anos, houve um rápido crescimento nas pesquisas sobre a aplicação de Inteligência Artificial no transporte público (Jevinger et al.,2023). Realizar uma análise das técnicas adotadas na literatura e identificar os principais autores da área pode revelar oportunidades valiosas para cientistas e profissionais do setor de transporte. Além disso, novos pesquisadores no desenvolvimento de soluções para TP podem se beneficiar de um mapeamento detalhado do domínio, incluindo áreas de aplicação de técnicas, fontes de informação e redes de colaboração entre autores. Para profissionais do setor, uma visão abrangente das soluções disponíveis para problemas de transporte urbano pode orientar estrategicamente os esforços de entidades governamentais e empresas na implementação dessas inovações.

Portanto, este estudo contribui na investigação de como e para quais fins as técnicas de IA estão sendo aplicadas no transporte público. Analisa as técnicas mais utilizadas, as inovações introduzidas e as principais áreas de aplicação. Além disso, contribui para identificar os principais autores e suas contribuições, os periódicos mais relevantes, a evolução dos estudos em cada área de aplicação no TP e todas as outras análises bibliométricas abrangentes da literatura. Dessa forma, espera-se fornecer um guia útil para

cientistas e profissionais interessados em desenvolver soluções para desafios específicos do transporte urbano.

Na literatura, já existem pesquisas que analisam o estado da arte no uso de IA no transporte público. Nos últimos anos, Jevinger et al. (2023) revisaram aplicações de IA focadas na melhoria do transporte público. Abduljabbar et al. (2019) investigaram pesquisas que utilizam IA nos transportes de modo geral. Alexandre et al. (2023) analisaram artigos que empregam exclusivamente aprendizado de máquina (ML) no transporte público. Ahmed e Diaz (2022) realizaram um levantamento sobre o uso de ML aplicado à mobilidade urbana em geral. Muitos outros estudos revisaram artigos que aplicavam técnicas específicas no transporte público, como ML ou aprendizado profundo (DL). No entanto, não se encontrou nenhuma revisão que mapeasse as técnicas e as áreas de aplicação de IA no transporte público e levantasse toda a análise bibliométrica da literatura. Essa ausência na literatura, aliada ao interesse cada vez maior pela IA nesse setor, indica que a revisão proposta pode trazer uma contribuição relevante e pontual.

A partir dessa lacuna, este trabalho tem o objetivo de descobrir as principais áreas em que se utiliza Inteligência Artificial no transporte público, identificar as técnicas de IA mais utilizadas, mapear os principais autores gerais e de cada área e realizar uma análise bibliométrica a fim de identificar novas tendências e temas emergentes na literatura.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, detalhamos o procedimento metodológico e as etapas de desenvolvimento do estudo; a seção 3 apresenta o perfil das publicações analisadas; na seção 4, identificamos e discutimos os principais técnicas de IA utilizados no transporte urbano, as áreas de aplicação e principais autores na rede; por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais, incluindo limitações do estudo e direções para pesquisas futuras.

2. MÉTODO DE PESQUISA

As revisões sistemáticas da literatura (RSL) são ferramentas valiosas para a pesquisa, pois permitem a identificação, avaliação e síntese de estudos relevantes sobre um tema específico (Paula & Criado, 2020). Neste estudo, adotamos uma abordagem de RSL baseada nas orientações de Felizardo et al. (2017), que inclui a definição de questões de pesquisa, seleção de artigos, extração de dados, análise metodológica e síntese dos resultados. Nesse processo, é importante um critério de seleção bem definido, permitindo que outros pesquisadores reproduzam o estudo (Serafini et al. 2022). No entanto, diferentemente de Felizardo et al. (2017), a extração dos resultados seguiu um procedimento similar ao de Braga

et al. (2019).

Quanto ao protocolo metodológico, este estudo, utilizou o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esta metodologia usa uma combinação de palavras-chave como etapa inicial. Em seguida, são aplicados critérios específicos para identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos (Paula & Criado, 2020).

A pesquisa foi realizada em junho de 2023 nas bases de dados eletrônicos Scopus e web of science (WOS). Justifica-se o uso por essas bases de dados serem as mais importantes para a pesquisa em ciência da computação e cobrem um amplo escopo de pesquisa em transporte público (Jevinger et al., 2023)

2.1 Questões de pesquisa

As questões fundamentais para seleção e análise dos estudos foi elaborada considerando outros estudos de revisão nessa área, as lacunas observadas e o objetivo deste trabalho que foram discutidos na seção 1. Sendo assim, o objetivo desta revisão é contribuir para a questão geral: Como a Inteligência Artificial (IA) está sendo utilizada nos serviços de transporte público (TP)? Para responder a esta questão, identificámos as seguintes questões de investigação mais concretas:

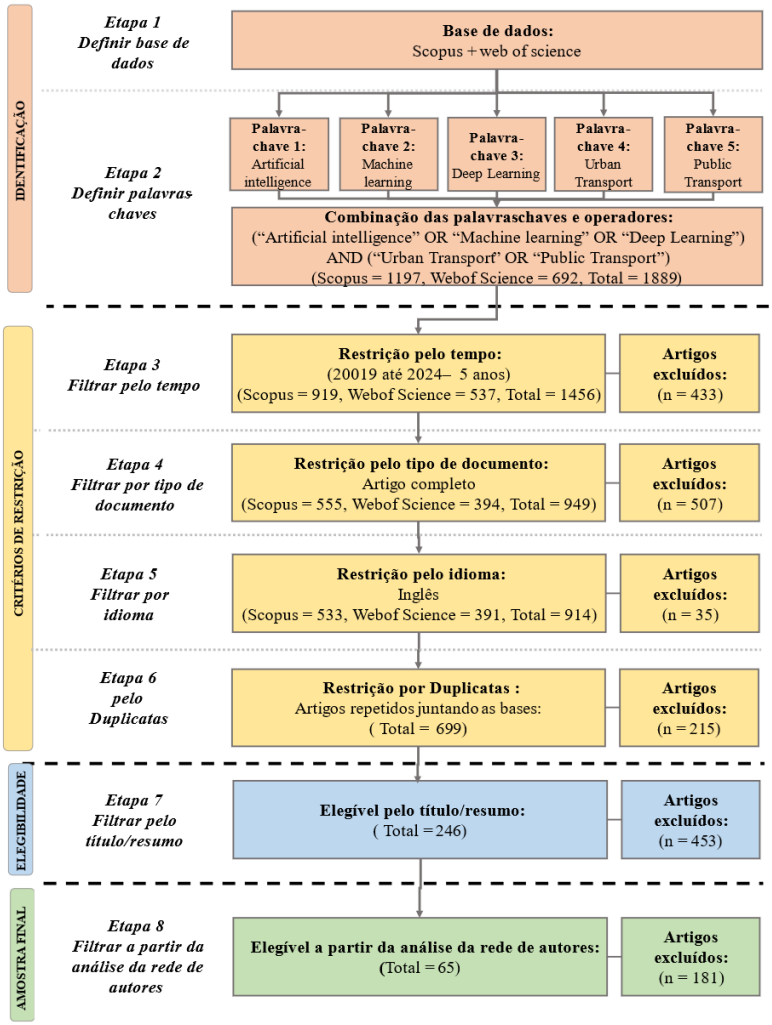
1. Qual o estado da arte na pesquisa acerca do uso de Inteligência Artificial aplicada ao transporte urbano?
2. Quais são as principais tecnologias de Inteligência Artificial usadas no transporte urbano?
3. Quais as áreas e aplicações de Inteligência Artificial no Transporte Público?

2.2 Estratégia de pesquisa

Para responder às questões de pesquisa, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: (1) Inteligência Artificial, Machine Learning ou Deep Learning; (2) Transporte Urbano ou Transporte Público. Sinônimos identificados na literatura foram incorporados para ampliar a abrangência da pesquisa. A formulação da string de busca seguiu o protocolo de Felizardo et al. (2017), utilizando símbolos de truncamento e operadores booleanos: ("Artificial intelligence" OR "Machine learning" OR "Deep Learning") AND ("Urban Transport" OR "Public Transport").

A pesquisa inicial retornou 1889 artigos. Um processo de exclusão em múltiplas etapas, detalhado a seguir, resultou em 65 documentos incluídos nesta revisão sistemática. O diagrama na Figura 1 ilustra o processo de busca e seleção de artigos, seguindo as fases do protocolo PRISMA.

FIGURA 1 - Fluxograma, seleção e análise dos artigos.



Fonte: Elaboração própria a partir de (Moher et al., 2015)

Primeiramente, artigos publicados antes de 2019 foram excluídos, restando 919 artigos do Scopus e 537 do Web of Science. Em seguida, removemos documentos que não eram artigos completos, restando 555 do Scopus e 394 do Web of Science. A exclusão de artigos não redigidos em inglês resultou em 533 artigos do Scopus e 394 do Web of Science. Após a união das bases de dados e a remoção de 215 artigos duplicados, restaram 699.

Na fase de elegibilidade, excluímos artigos que, após a leitura de títulos e resumos, não se enquadravam no tema da pesquisa, especificamente aqueles que não abordavam a aplicação de Inteligência Artificial no transporte público, restando 246 artigos. Finalmente, seguindo Braga et al. (2019), que enfatiza a construção do conhecimento através da contribuição de diversos pesquisadores, realizamos uma análise das citações dos artigos selecionados para identificar as principais correntes de pensamento sobre o tema. Essa análise resultou na seleção final de 65 artigos para a revisão.

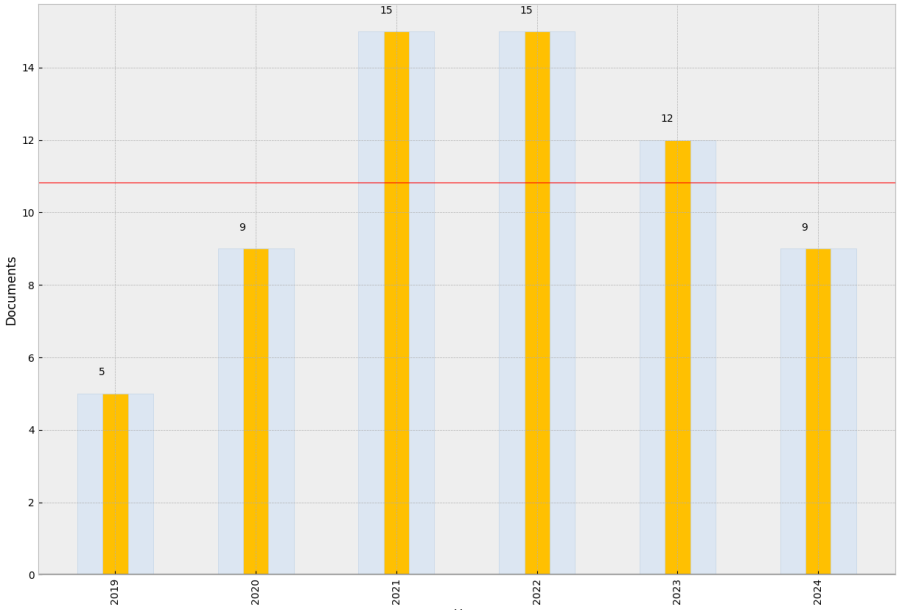
2.3 Análise bibliométrica

Para sistematizar os resultados, as análises foram divididas em duas seções principais: (i) Perfil das publicações e (ii) Análise do uso de inteligência artificial no transporte urbano. Para a análise do perfil das publicações, utilizamos a biblioteca Python PybibX, que permite análises bibliométricas complexas e apresenta os resultados em gráficos visualmente atraentes (Pereira, 2023). Na análise do uso de inteligência artificial no transporte urbano, mapeamos as áreas de aplicação e os métodos de IA utilizados nos artigos, criando redes de relacionamento no NodeXL, um software de análise e visualização de redes para Microsoft Excel.

3. PERFIL DE PUBLICAÇÕES

A análise das técnicas de IA aplicadas ao Transporte Público, proposto pelo presente estudo, foi realizado através de um corte longitudinal da literatura que abrange o intervalo de tempo entre 2019 e 2024. Conforme mostra a Figura 2, o número de publicações que ilustram o uso de métodos de IA aplicados ao TP apresentou um crescimento considerável no período. Podemos prever que, em 2024, o número de publicações deve alcançar 18, dado que a pesquisa foi realizada até junho deste ano. Isso confirma o crescente reconhecimento acadêmico sobre a validade e a importância do uso dessas técnicas no Transporte Público.

FIGURA 2 - Evolução de número de publicações.

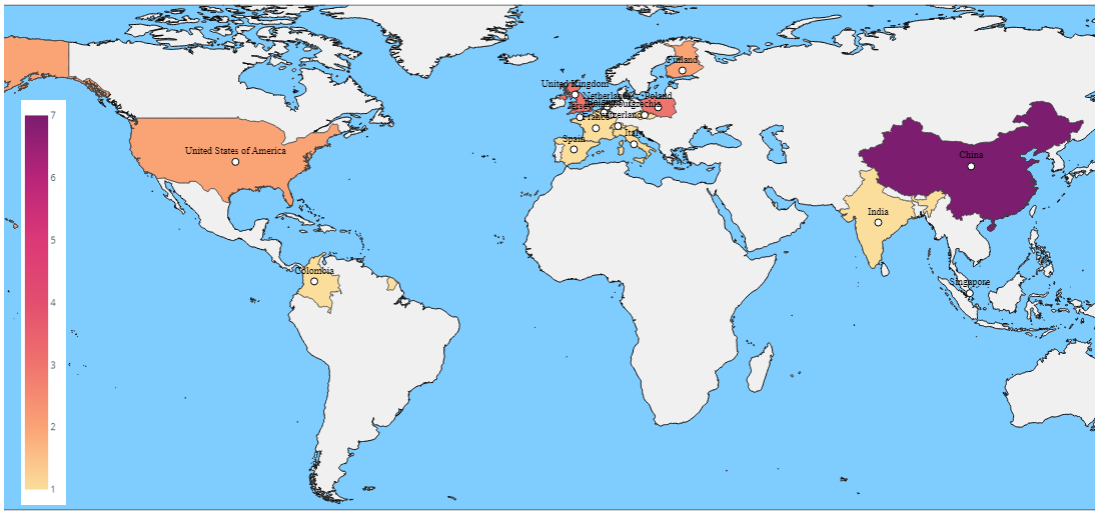


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Em relação aos países dos autores que compõem o portfólio bibliográfico, a Figura 3 revela que a China abriga o maior número de autores (7) que publicaram estudos sobre o tema

proposto entre 2019 e 2024. Em seguida, aparecem o Reino Unido e a Polônia com 3 autores cada, enquanto os Estados Unidos e a Finlândia têm 2 autores cada. Outros países têm 1 autor representado.

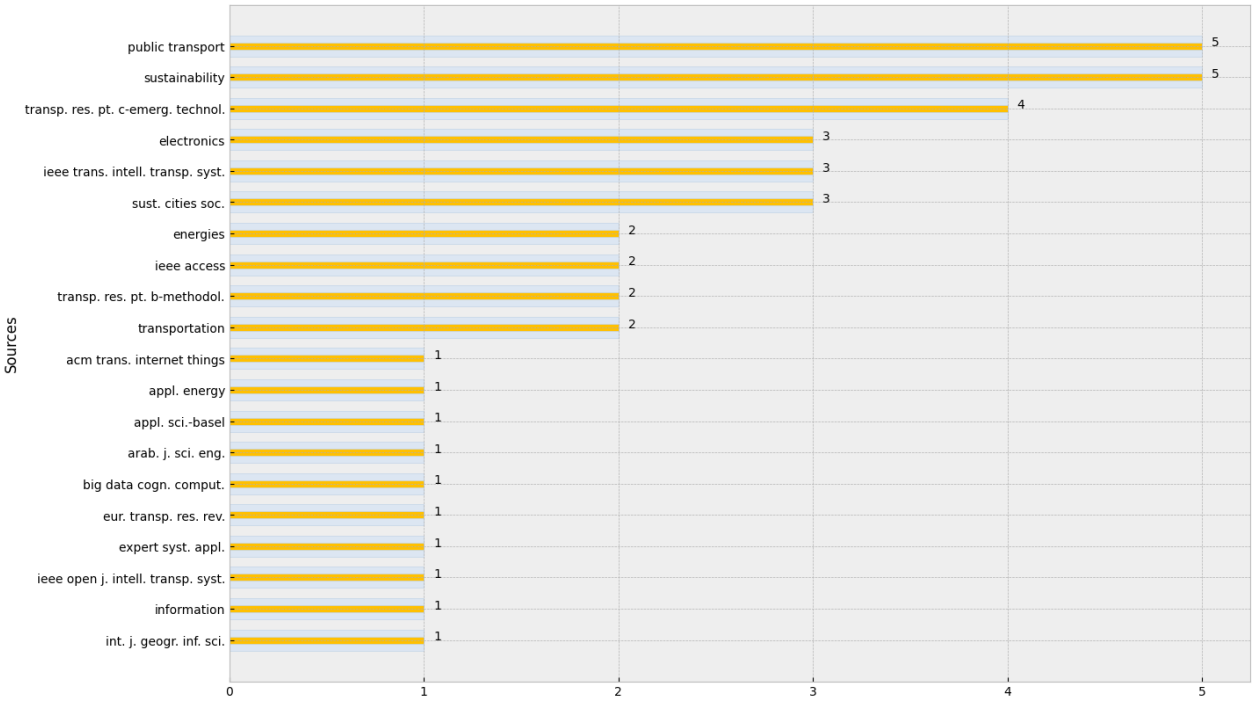
FIGURA 3 - Países dos artigos estudados



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A pesquisa também revelou a relevância dos principais periódicos no portfólio bibliográfico. A Figura 4 mostra que "Public Transport" e "Sustainability" são os periódicos mais proeminentes, publicando 15% dos artigos sobre o uso de IA no Transporte Urbano.

FIGURA 4 - Número de documentos por periódico.

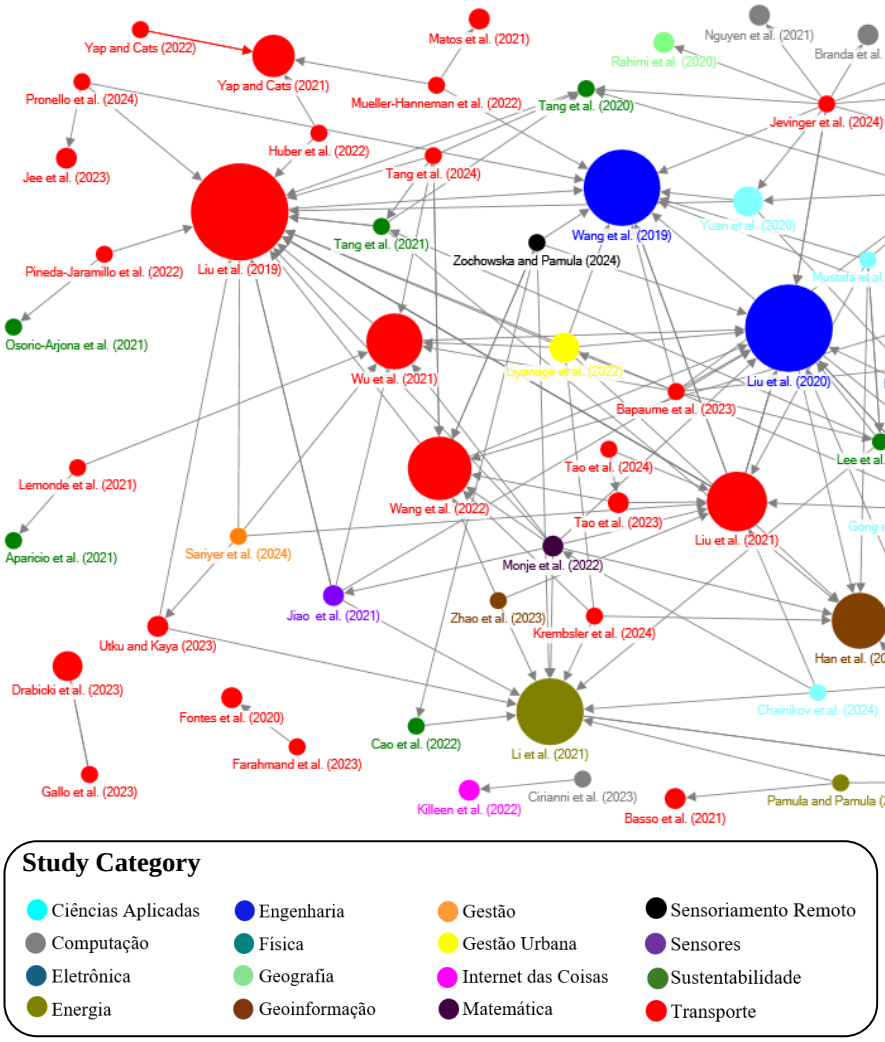


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

4. ANÁLISE DO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO TRANSPORTE URBANO

Com objetivo de organizar e conectar as diferentes áreas de aplicação, a Figura 5 apresenta um gráfico que demonstra as relações entre autores e temas. O tamanho dos vértices no gráfico indica a frequência de citações de cada autor, enquanto as cores representam as categorias temáticas das revistas. Quanto maior o vértice mais relevante o autor é para a pesquisa.

FIGURA 5 - Gráfico de inter-relacionamento dos autores.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Na rede de autores, o trabalho de maior destaque é o de Liu et al. (2019), publicado em uma revista especializada em Transporte. A notabilidade deste autor deve-se à criação de um método que estima o fluxo de redes de transporte urbano a partir de dados de localização de celulares (CL) e reconhecimento de placas de veículos (LPR), utilizando técnicas de aprendizado de máquina (ML). O artigo apresenta estudos de caso que demonstram a

eficiência da abordagem personalizada de ML.

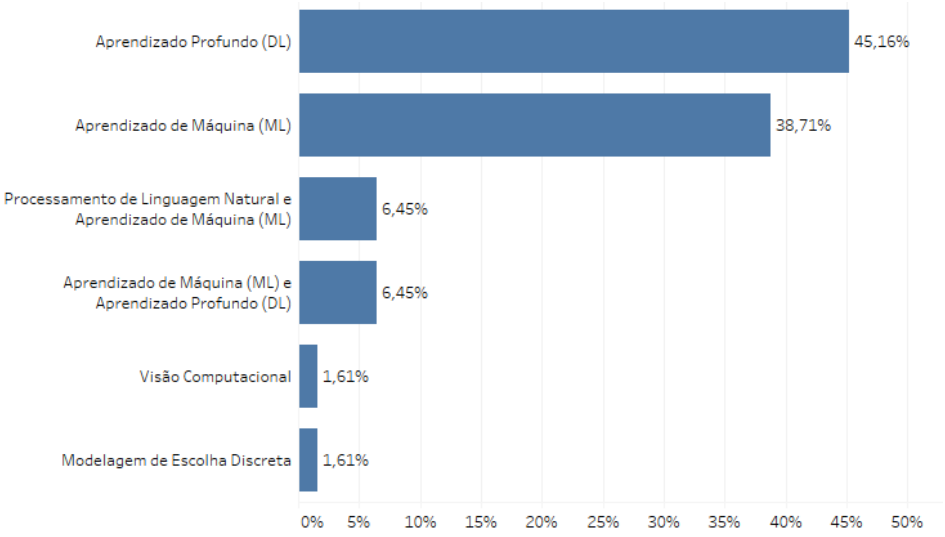
Outros autores de destaque incluem Liu et al. (2020), que publicaram um estudo na área de Engenharia, desenvolvendo um método de aprendizado de máquina para prever o fluxo de passageiros de curto prazo nas estações de ônibus. Além disso, Wang et al. (2019) investigaram uma estrutura de previsão de fluxo de tráfego de curto prazo para redes rodoviárias urbanas, também no campo da Engenharia.

A maioria dos técnicas de IA aplicados ao transporte urbano utiliza técnicas de Aprendizado Profundo, presentes em 45% dos artigos, conforme ilustrado na Figura 6. A segunda técnica mais utilizada é o Aprendizado de Máquina, com 39% de aparecimento. Juntos esses métodos estão em 84% dos artigos.

A Figura 7 detalha o percentual de utilização das técnicas de IA, suas aplicações e áreas de atuação. As aplicações foram agrupadas em 18 categorias, abrangendo 5 grandes áreas: Consumo de Energia, Controle de Qualidade, Controle Operacional, Economia e Planejamento Operacional. Essa reorganização permitiu maior clareza sobre as perspectivas de cada área. Artigos de Revisão de Literatura foram excluídos desta análise por não apresentarem aplicação de métodos de IA.

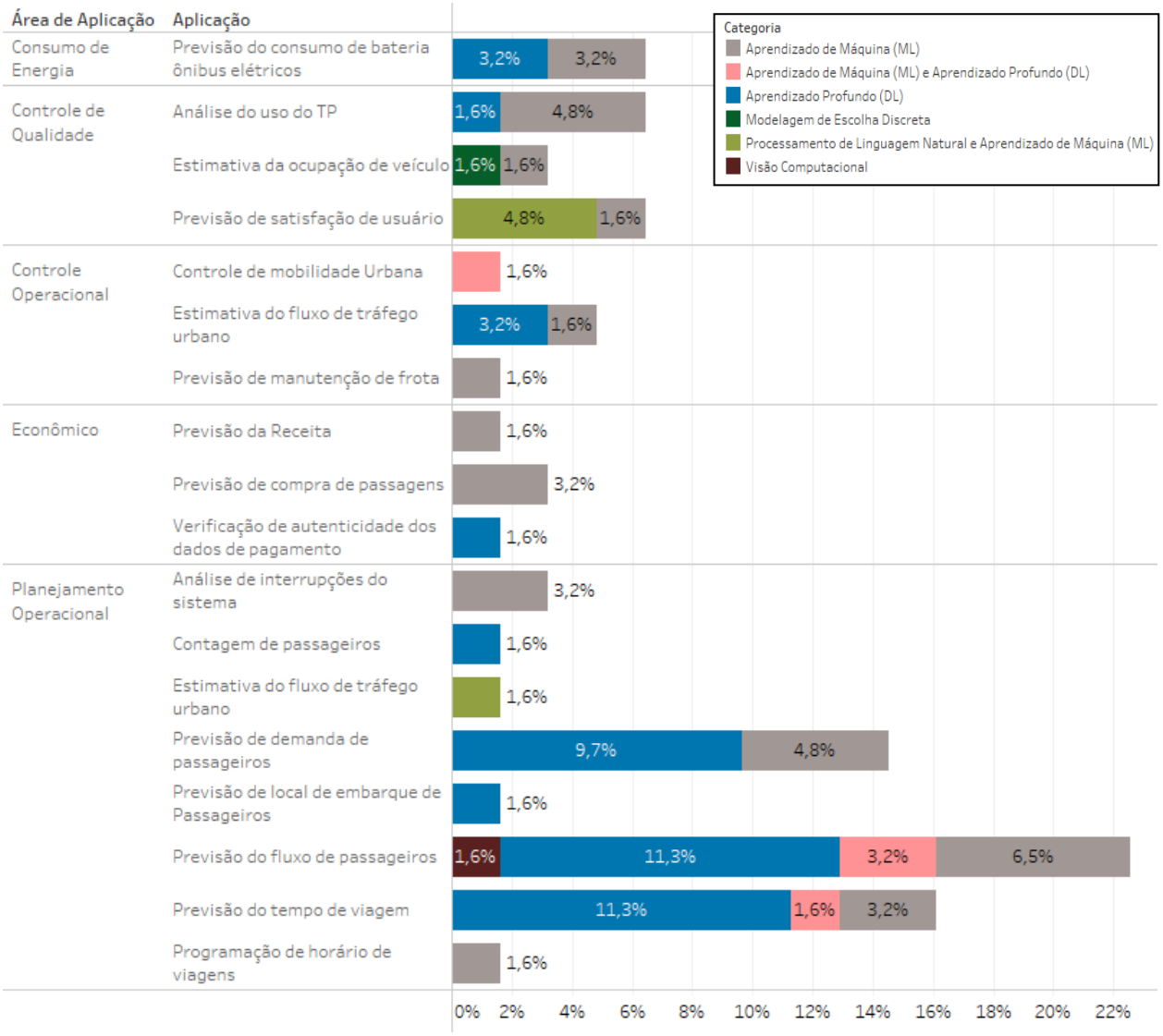
Observa-se que o Aprendizado Profundo concentra-se principalmente na previsão de fluxo, demanda de passageiros e tempo de viagem. Já o Aprendizado de Máquina apresenta uso mais diversificado, conforme a Figura 7. As técnicas de Processamento de Linguagem Natural, Modelagem de Escolha Discreta e Visão Computacional aparecem com menor frequência, sendo empregadas principalmente na previsão de satisfação do usuário, estimativa de ocupação de veículos e previsão de fluxo de passageiros, respectivamente.

FIGURA 6 - Percentual dos artigos por técnica adotada.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

FIGURA 7 - Percentual das técnicas de IA por tipo e área de aplicação.

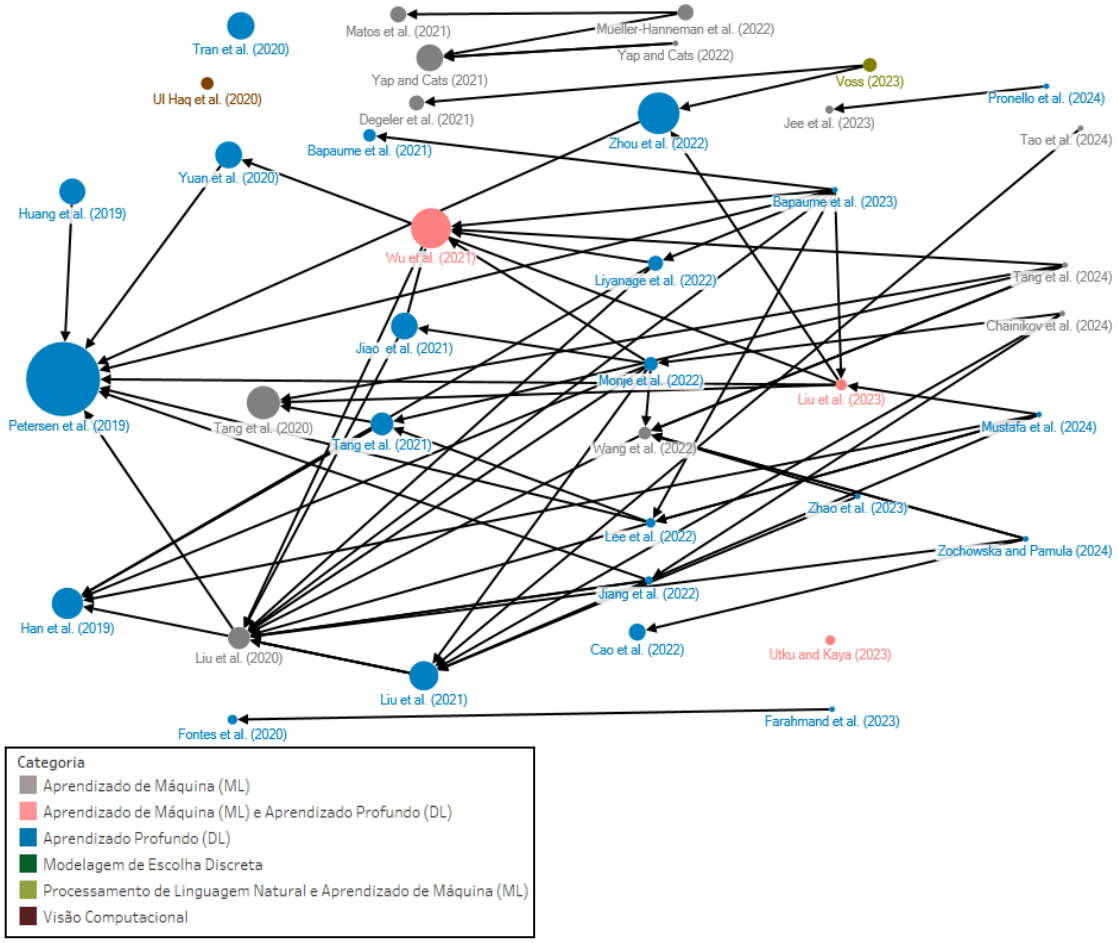


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Além do gráfico que ilustra a inter-relação entre os autores e os temas das revistas, foram criados subgráficos para elucidar os autores que contribuíram para cada área de aplicação. Nestes subgráficos, cada nó representa um autor, dispostos em uma linha do tempo. O tamanho do nó indica o número de citações do artigo, e as técnicas utilizadas são representados pelas cores dos nós.

Conforme Figura 8, os autores mais relevantes aplicando técnicas na área de Planejamento Operacional foram Petersen et al. (2019) e Wu et al. (2021). O primeiro aplicando Aprendizado de máquina para prever tempo de viagem no TP e o segundo aprendizado de Máquina junto a Aprendizado Profundo para prever fluxo de passageiros. Destaca-se o grande uso de Aprendizado de máquina na área de planejamento operacional.

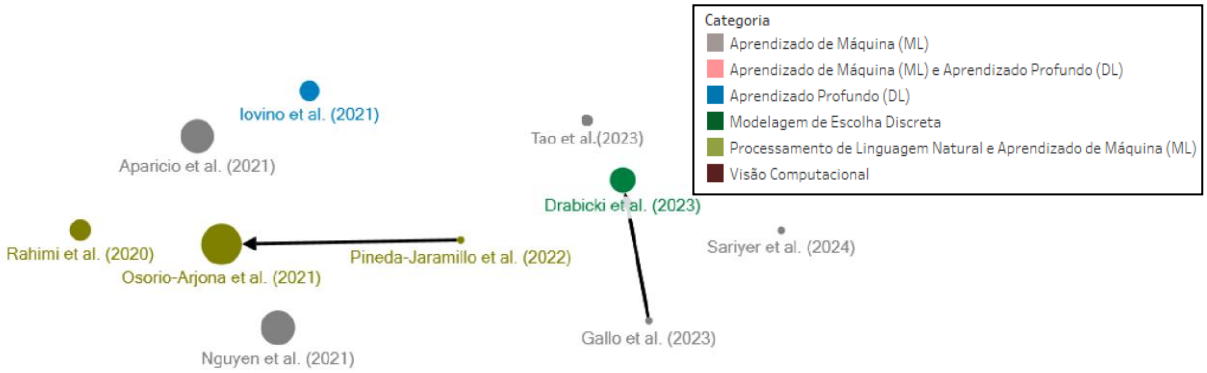
FIGURA 8 - Gráfico da área de planejamento operacional



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os autores que mais se destacaram na área de Controle de Qualidade foram Osorio-Arjona et al. (2021), com uma abordagem de PLN e ML utilizada para prever a satisfação do usuário, e Nguyen et al. (2021), que também utilizaram ML para prever a satisfação do usuário. A Figura 9 ilustra a relação entre os autores nesta perspectiva. Observa-se que, nessa área, há uma predominância do uso de técnicas de ML e PLN.

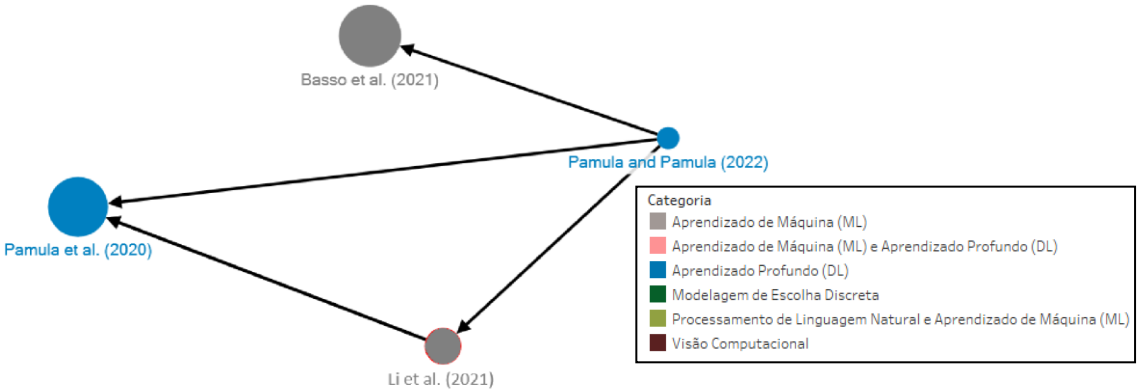
FIGURA 9 - Gráfico da área de controle de qualidade



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Na Figura 10 vemos que os autores que mais se destacam na área de consumo de energia são Pamula et al. (202O), usando DL, e Basso et al.(2021), que utilizaram ML, ambos para prever o consumo de batera de ônibus elétrico

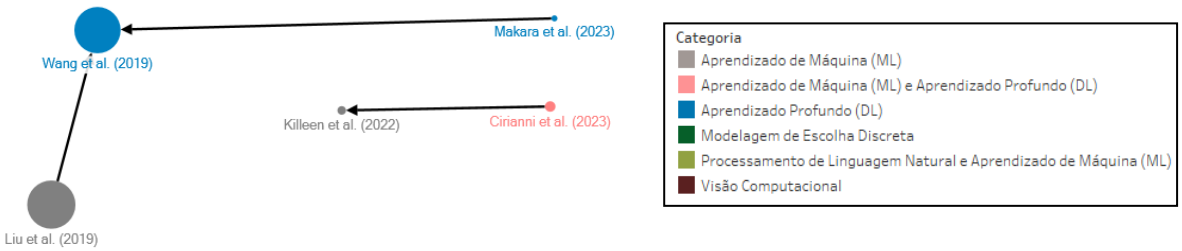
FIGURA 10 - Gráfico da área de consumo de energia



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

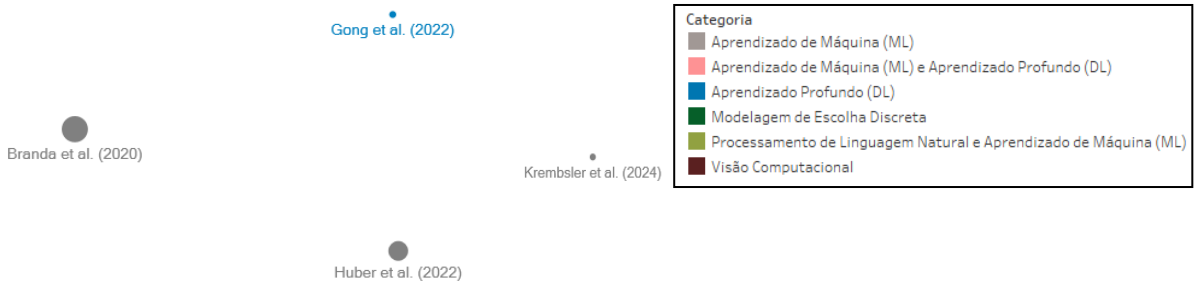
Por fim, Liu et al.(2019), e Wang et al(2019). têm maiores relevância na área de Controle Operacional, conforme Figura 11, apresentando estimativas de fluxo de tráfego, com o primeiro usando DL e o segundo ML. E na área econômica, se destacaram Branda et al. (2020) e Huber et al. (2022) usando DL para prever compra de passagens, como mostra a Figura 12.

FIGURA 11 - Gráfico da área de controle operacional



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

FIGURA 12 - Gráfico da área econômica



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

5. CONCLUSÕES

Esta revisão sistemática da literatura investigou a aplicação da IA no TP entre 2019 e 2024, revelando um crescente interesse no tema. As principais áreas de aplicação da IA no TP foram identificadas, como planejamento operacional, controle de qualidade, consumo de energia, controle operacional e aspectos econômicos. As técnicas mais utilizadas foram DL e ML, com aplicações em previsão de demanda, otimização de rotas, manutenção preditiva e análise de sentimentos dos usuários.

A partir da análise bibliométrica, podemos ver a importância da China como um centro de pesquisa relevante, com o maior número de autores publicando sobre o tema. Além disso, a análise dos periódicos mais relevantes apontou "Public Transport" e "Sustainability" como importantes canais de disseminação do conhecimento nessa área. Já a análise da rede de autores revelou pesquisadores importantes como Liu et al. (2019), que se destacou no planejamento e controle operacional, Wu et al. (2021) no planejamento operacional, Osorio-Arjona et al. (2021) e Nguyen et al. (2021) no controle de qualidade, Pamula et al. (2020) e Basso et al. (2021) no consumo de energia, Wang et al. (2019) no controle operacional e Branda et al. (2020) e Huber et al. (2022) em aspectos econômicos.

Este estudo avança o conhecimento sobre a aplicação da IA no TP, tornando um mapa abrangente das técnicas , áreas de aplicação e principais autores. As descobertas desta revisão orientam pesquisadores e profissionais na identificação de tendências emergentes e na definição de estratégias para implementar soluções inovadoras, visando melhorar a eficiência, sustentabilidade e qualidade dos serviços de TP. Pesquisas futuras devem pesquisar algoritmos específicos de IA, como tipos de redes neurais em DL ou modelos de ML, analisar a aplicabilidade prática dos métodos em casos reais e avaliar o impacto da IA.

REFERÊNCIAS

AHMED, D. B., & DIAZ, E. M. (2022). Survey of machine learning methods applied to urban mobility. *IEEE Access*, 10, 30349-30366.

ALEXANDRE, T., BERNARDINI, F., VITERBO, J., & PANTOJA, C. E. (2023). Machine learning applied to public transportation by bus: A systematic literature review. *Transportation Research Record*, 2677(7), 639-660.

BASSO, R., KULCSAR, B., & SANCHEZ-DIAZ, I. (2021). Electric vehicle routing problem with machine learning-based energy prediction. *Transportation Research Part B: Methodological*, 148, 196-215. PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD.

BRANDA, F., MAROZZO, F., & TALIA, D. (2020). Ticket sales forecasting and dynamic pricing strategies in public transportation. *Big Data and Cognitive Computing*, 4(4), 37. MDPI.

DAVIDSSON, P.; HAJINASAB, B.; HOLMGREN, J.; JEVINGER, Å.; PERSSON, J. A. (2016). The Fourth Wave of Digitalization and Public Transport: Opportunities and Challenges. *Sustainability*, 8(12), 1248.

FELIZARDO, K. R.; NAKAGAWA, E. Y.; FABBRI, S. C. P. F.; FERRARI, F. C. (2017). Revisão Sistemática da Literatura em Engenharia de Software: Teoria e Prática. Elsevier, Rio de Janeiro.

HUANG, Z., LI, Q., LI, F., & XIA, J. (2019). A new bus dispatching model based on passenger flow and arrival time prediction. *IEEE Access*, 7, 106453-106465.

IOVINO, L., NGUYEN, P. T., DI SALLE, A., GALLO, F. & FLAMMINI, M. (2021). Unavailable Transit Feed Specification: Making It Available With Recurrent Neural Networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(4), 2111-2122.

JEVINGER, Å., ZHAO, C., PERSSON, J. A., & DAVIDSSON, P. (2023). Artificial intelligence for improving public transport: a mapping study. *Public Transport*, 16, 99-158.

KALAOANE, R. C., MUSAKWA, W., KIBANGOU, A., GUMBO, T., MUSONDA, I., & MATAMANDA, A. R. (2024). Bibliometric analysis of quality of service in public transportation: Current and future trends. *Scientific African*, 23, e02059.

LI, P., ZHANG, Y., ZHANG, Y., ZHANG, K. & JIANG, M. (2021). The effects of dynamic traffic conditions, route characteristics and environmental conditions on trip-based electricity consumption prediction of electric bus. *Applied Energy*, 298, 117204.

LIU, Y., JIANG, T., WANG, Y., & LIU, Y. (2020). Short-term bus station passenger flow forecasting based on machine learning approach. *IEEE Access*, 8, 169913-169922. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.

LIU, Y., JIANG, T., WANG, Y., ZHENG, X., & LIU, Y. (2019). Urban traffic network flow estimation from vehicle license plate and location-based mobile phone data using a custom machine learning approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(10), 3880-3891. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.

MCCARTHY, J., MINSKY, M. L., ROCHESTER, N., & SHANNON, C. E. (2006). A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12-12.

NGUYEN, T., NGUYEN-PHUOC, D. Q., & WONG, Y. D. (2021). Developing artificial neural networks to estimate real-time onboard bus ride comfort. *Neural Computing and Applications*, 33, 5287-5299.

OSORIO-ARJONA, J., CASTRO-NUÑO, M., & OSORIO-ARJONA, J. (2021). User satisfaction prediction in public transportation using natural language processing. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 13(2), 142-153. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.

OSORIO-ARJONA, J., HORAK, J., SVOBODA, R. & GARCÍA-RUÍZ, Y. (2021). Social media semantic perceptions on Madrid Metro system: Using Twitter data to link complaints to space. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102530.

PAMUŁA, T., & PAMUŁA, W. (2020). Battery electric bus energy consumption estimation for public transport networks using real-world data and deep learning. *Energies*, 13(9), 2340. MDPI.

PAMULA, T.; PAMUŁA, D. (2022). Prediction of Electric Buses Energy Consumption from Trip Parameters Using Deep Learning. *Energies*, Basel, 15(5), 1747. DOI: 10.3390/en15051747.

PAUL, J.; CRIADO, A. R. (2020). The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know? *International Business Review*, 29, 101717.

PAULA, J.; CRIADO, A. R. (2020). The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know? *International Business Review*, 29, 101717.

PEREIRA, V. (2023). pyBibX - A Python Library for Bibliometric and Scientometric Analysis Powered with Artificial Intelligence Tools. In: 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Anais... *IEEE*.

PETERSEN, N. C., RODRIGUES, F., & PEREIRA, F. C. (2019). Multi-exit bus travel time prediction with convolutional LSTM neural network. *Expert Systems With Applications*, 120, 426-435. ELSEVIER.

PURDY, M.; DAUGHERTY, P. (2017). How AI boosts industry profits and innovation. *Accenture Ltd*, Dublin, Ireland.
RASHIDI, S., ATAEIAN, S., & RANJITKAR, P. (2023). Estimating bus dwell time: A review of the literature. *Transport Reviews*, 43(1), 32-61.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. (2010). Artificial intelligence-a modern approach, third international edition. *Pearson Education London*, London.

SERAFINI, P. G.; DE MOURA, J. M.; DE ALMEIDA, M. R.; DE REZENDE, J. F. D. (2022). Sustainable Development Goals in Higher Education Institutions: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133473.

WANG, Y., LIU, Y., JIANG, T., & LIU, Y. (2019). A short-term traffic flow forecasting framework for urban road networks. *IEEE Access*, 7, 137727-137737. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.

WU, W., XIA, Y., & JIN, W. (2021). Bus passenger flow forecasting and influential factor prioritization using multi-source data: A large-scale gradient boosting decision trees approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(4), 2510-2523. IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC.

ZANNAT, K. E.; CHOUDHURY, C. F. (2019). Emerging big data sources for public transport planning: A systematic review on current state of art and future research directions. *Journal of the Indian Institute of Science*, 99(4), 601-619.