CIDADES INTELIGENTES: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Maria Clara Barth Frade (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Aline Maria Malachini Miotto Amaral (Orientador), Alisson Renan Svaigen e Júlio Budiski (Coorientadores). E-mail: ammmamaral@uem.br.
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra /Ciência da Computação.

Palavras-chave: Mapeamento Sistemático da Literatura; Internet das Coisas; Dados Urbanos.

RESUMO

Este projeto de iniciação científica propõe um mapeamento sistemático da literatura sobre metodologias de visualização de dados em cidades inteligentes (smart cities). Com a expansão da Internet das Coisas (IoT), as cidades geram dados massivos; no entanto, grande parte da literatura foca no processamento, negligenciando as interfaces de visualização voltadas para gestores públicos e sociedade civil. O objetivo deste estudo é organizar esse conhecimento para preencher a lacuna entre o dado processado e a informação compreensível. Metodologicamente, adotou-se o protocolo de Kitchenham e Petersen, definindo uma string de busca aplicada nas bases ACM, IEEE, ScienceDirect, Web of Science e Scopus. Neste relatório parcial, apresentam-se os resultados da fase de condução e triagem: a busca inicial retornou 660 artigos. Após a remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de inclusão/exclusão (idioma, período desde 2015, revisado por pares), a triagem seguiu por leitura de títulos (restando 205 artigos) e leitura de resumos. Atualmente, 70 artigos foram selecionados para a leitura na íntegra. As tendências preliminares apontam para o uso de dashboards interativos em áreas de mobilidade e monitoramento ambiental, esbarrando no desafio do grande volume de dados. A próxima etapa consistirá na extração detalhada de dados para síntese e resposta definitiva às questões de pesquisa.

INTRODUÇÃO

O conceito de cidades inteligentes (smart cities) tem ganhado destaque global nas últimas décadas, impulsionado pelos avanços tecnológicos, pela crescente urbanização e pela necessidade de soluções mais eficientes para os desafios urbanos contemporâneos. Uma cidade inteligente utiliza tecnologias da informação e comunicação (TICs) para melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos, otimizar serviços e promover o desenvolvimento sustentável. Paradigmas como a Internet das Coisas (IoT) e as Redes de Sensores Sem Fio (WSNs) são motores dessa

evolução, permitindo um sensoriamento pervasivo e a geração de uma quantidade massiva de dados (SYED et al., 2021).

No entanto, considerando o fluxo de trabalho (workflow) das cidades inteligentes, a literatura se concentra de forma exaustiva na coleta e no processamento de dados, negligenciando as metodologias e diretrizes para a etapa final: a visualização da informação. Apresentar os dados de maneira sistematizada, clara e correta é vital para a tomada de decisão do poder público e para a transparência junto à sociedade civil. Nesse contexto, este mapeamento sistemático da literatura visa organizar o conhecimento existente, identificando lacunas metodológicas na apresentação de dados urbanos para fornecer um arcabouço estruturado que subsidie políticas públicas e pesquisas futuras.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida seguindo o método de Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), com base nas diretrizes de Kitchenham e Charters (2007) e Petersen et al. (2008), dividida em três fases principais: Planejamento, Condução e Análise e Síntese.

Na Fase 1 (Planejamento), definiu-se a estratégia de busca utilizando as bases de dados Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ACM Digital Library e ScienceDirect. A string de busca foi construída combinando termos correlatos a smart cities e tecnologias urbanas (ex: "smart city", "IoT", "urban planning"), refinados por operadores booleanos (AND, OR, NOT). Os critérios de inclusão abrangeram artigos de periódicos revisados por pares e trabalhos de conferência (full papers) publicados a partir de 2015, nos idiomas inglês e português. Foram excluídos resumos expandidos, editoriais, artigos duplicados e trabalhos cujo foco não abordasse diretamente as cidades inteligentes ou técnicas de visualização.

Na Fase 2 (Condução), estágio em que o presente trabalho se encontra, a string foi aplicada nas bases de dados, seguida pela exportação das referências e remoção de duplicatas. Atualmente, o trabalho de triagem baseia-se na leitura sistemática de títulos e resumos para verificar a aderência aos critérios antes de avançar para a leitura na íntegra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa parcial da pesquisa, foi executada a Fase 2 (Condução) do mapeamento sistemático. A busca nas bases de dados selecionadas retornou, em um primeiro momento, um total de 660 artigos, evidenciando a base Scopus como a maior indexadora do tema, com 437 retornos.

Após a aplicação dos critérios de exclusão iniciais e a remoção de artigos duplicados (segundo momento), o corpus foi reduzido para 515 trabalhos. Na sequência,

procedeu-se à etapa de triagem manual. A leitura criteriosa dos títulos (terceiro momento) resultou na retenção de 205 artigos. Por fim, após a leitura dos resumos (quarto momento) para validar a aderência temática estrita, focada não apenas em processamento, mas na visualização dos dados urbanos, 70 artigos sobreviveram aos filtros e compõem a amostra atual que passará pela etapa de extração de dados e leitura na íntegra. O funil de seleção detalhado por base encontra-se sumarizado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Funil de seleção de artigos por base de dados.

Base de Dados	Busca Inicial	Após Duplicatas	Títulos Lidos (Aprovados)	Resumos Lidos (Aprovados p/ Íntegra)
ACM	27	12	9	3
IEEE Xplore	7	7	2	2
ScienceDirect	9	25	6	2
Web of Science	180	50	42	26
Scopus	437	421	146	37
TOTAL	**660**	**515**	**205**	**70**

Embora a pesquisa esteja na fase de transição para a leitura completa, a análise dos 70 resumos selecionados já permite delinear impressões preliminares para responder às Questões de Pesquisa (QPs):

- Q1 (Domínios): Nota-se uma forte predominância de estudos focados nos domínios de mobilidade urbana (gestão de tráfego) e monitoramento ambiental (qualidade do ar e energia).
- Q2 (Tecnologias): As soluções de visualização mais citadas incluem o uso de Dashboards interativos baseados na web, mapas de calor em tempo real e, de forma incipiente, a integração com plataformas de Digital Twins (Gêmeos Digitais) baseados em Sistemas de Informação Geográfica (GIS).
- Q3 (Desafios): A literatura aponta a sobrecarga cognitiva (volume excessivo de dados gerados por IoT) e os desafios de privacidade e segurança como as principais barreiras na exibição pública de dados.
- Q4 (Tendências): Observa-se uma tendência voltada ao uso de Inteligência Artificial para gerar visualizações preditivas, ou seja, painéis que não mostram apenas o estado atual da cidade, mas preveem cenários futuros para os gestores.

A Tabela 2 mostra o modelo de extração que será aplicado aos artigos finais.

Tabela 2: Modelo de extração de dados preliminares.

Artigo (ID)	Domínio de Aplicação	Tecnologia de Visualização Principal	Desafio
A01	Mobilidade / Trânsito	Dashboards e WebGIS	Interoperabilidade de dados IoT
A02	Qualidade do ar	Mapas de Calor em Tempo Real	Latência e Volume de Dados (Big Data)

CONCLUSÕES

Dando seguimento ao cronograma do projeto, as próximas etapas englobam a finalização da triagem, onde os artigos pré-selecionados terão seus textos avaliados na íntegra para confirmar sua elegibilidade. Na sequência, proceder-se-á com a extração de dados por meio do protocolo padronizado. Posteriormente, será iniciada a Fase 3 (Análise e Síntese), que envolverá a tabulação estatística e a análise temática qualitativa dos achados, agrupando-os por tipos de tecnologias, domínios e desafios. Essa etapa culminará na síntese dos resultados para responder às Questões de Pesquisa (Q1-Q4) e na finalização do relatório geral do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária (FA), pelo apoio financeiro da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) que tornou possível o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANTHOPOULOS, L. G. **Smart Urban Governance and Smart Cities: Digitalization and Public Management**. Springer, 2017.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Keele University, 2007.

PETERSEN, K. et al. **Systematic mapping studies in software engineering**. In: 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE 2008). BCS, 2008. p. 1-10.

SYED, A. S. et al. **IoT in smart cities: A survey of technologies, practices and challenges**. Smart Cities, v. 4, n. 2, p. 429-475, 2021.