

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA
CURSO DE MESTRADO**

DANIEL BUSSOLOTTO

**ESTRUTURAÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA CIDADES:
UMA ABORDAGEM PARA MÚLTIPLOS MODELOS DE DADOS**

**CAXIAS DO SUL
2024**

DANIEL BUSSOLOTTO

**ESTRUTURAÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA CIDADES:
UMA ABORDAGEM PARA MÚLTIPLOS MODELOS DE DADOS**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul, na linha de Inovação e Competitividade, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fachinelli Bertolini.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Luis Notari

**CAXIAS DO SUL
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

B981e Bussolotto, Daniel

Estruturação de um sistema de indicadores para cidades [recurso eletrônico] : uma abordagem para múltiplos modelos de dados / Daniel Bussolotto. – 2024.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Administração, 2024.

Orientação: Ana Cristina Fachinelli Bertolini.

Coorientação: Daniel Luis Notari.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Administração - Inovações tecnológicas. 2. Cidades inteligentes. 3. Planejamento urbano - Aspectos ambientais. 4. Desenvolvimento urbano sustentável. 5. Indicadores de desenvolvimento sustentável. I. Bertolini, Ana Cristina Fachinelli, orient. II. Notari, Daniel Luis, coorient. III. Título.

CDU 2. ed.: 005.591.6

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

DANIEL BUSSOLOTTO

**ESTRUTURAÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES PARA CIDADES:
UMA ABORDAGEM PARA MÚLTIPLOS MODELOS DE DADOS**

Dissertação de Mestrado submetido à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul, na linha de Inovação e Competitividade, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovado em: ____/____/____.

Banca Examinadora

Prof. Dra. Ana Cristina Fachinelli Bertolini
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Alex Eckert
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dra. Cintia Paese Giacomello
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Daniel Luis Notari
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dra. Priscila Nesello
Universidade Federal de Pelotas – UFPel

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas graças e virtudes que me conduziram até este momento, sem as quais não seria capaz de realizar esta entrega.

À minha esposa, Jacqueline Serini Crusius Bussolotto, que esteve ao meu lado durante toda a minha jornada no mestrado, demonstrando bondade e paciência em todas as ausências necessárias para a produção deste trabalho.

Aos meus pais, Azir Roque Bussolotto e Josefina Elisete Pessini Bussolotto, cujo exemplo e força me inspiraram, me acompanharam e acreditaram neste projeto, compreendendo minhas ausências e rezando por mim. Ao meu irmão, André Bussolotto, à minha cunhada, Janice Gottardo Bussolotto, e à minha sobrinha e afilhada, Helena Gottardo Bussolotto, que foram meu apoio nos dias difíceis e me aconselharam nas melhores decisões.

Aos meus amigos e compadres, tanto os conquistados na academia por meio do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caixas do Sul quanto os companheiros de vida, que me ouviram e me encorajaram a acreditar e perseguir meus sonhos.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul, que proporciona uma formação de alta qualidade por meio de seus professores e de sua estrutura.

À minha orientadora, professora Dra. Ana Cristina Fachinelli Bertolini, que aceitou orientar este trabalho, acreditando na proposta e me conduzindo pelo caminho correto, e ao meu coorientador, professor Dr. Daniel Luis Notari, que igualmente aceitou me acompanhar durante minha caminhada.

Ao CityLiving Lab e a seus profissionais, que colaboraram na condução e elaboração do projeto relatado neste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Viste como levantaram aquele edifício de grandeza imponente? - Um tijolo, e outro. Milhares. Mas, um a um. - E sacos de cimento, um a um. E blocos de pedra, que são bem pouco ante a mole do conjunto. - E pedaços de ferro. - E operários trabalhando, dia após dia, as mesmas horas... viste como levantaram aquele edifício de grandeza imponente?... À força de pequenas coisas!”

(São Josemaria Escrivá)

RESUMO

As cidades são organizações sociais e espaciais dotadas de alta complexidade, sendo caracterizadas por uma concentração significativa de população, infraestrutura, atividades econômicas, culturais e políticas. A interação entre esses elementos desempenha um papel crucial na qualidade das dinâmicas urbanas e na maneira como são percebidas pela sociedade, destacando a importância de compreendê-las no contexto de tomadas de decisão. Nesse cenário, diversas teorias voltadas ao estudo de cidades surgem com o intuito de analisar a eficiência das interações entre os componentes urbanos, buscando promover qualidade de vida para os habitantes, fornecendo bases analíticas e explicativas fundamentais para alinhar metas e objetivos das cidades às demandas contemporâneas. O aumento no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a medição de indicadores urbanos destaca sua importância para o monitoramento eficaz das atividades urbanas e o progresso em direção a essas metas, melhorando os padrões de subsistência das sociedades humanas. Este estudo tem como objetivo projetar um dashboard utilizando o método *design science research*, para mensurar e avaliar indicadores urbanos com base em teorias de cidades inteligentes, sustentáveis e desenvolvimento baseado em conhecimento. O dashboard será alimentado por dados secundários de plataformas oficiais do Governo Federal Brasileiro, visando promover uma gestão urbana mais eficaz. Os resultados indicam que o artefato desenvolvido no modelo de *dashboard* se mostrou viável e com potencial para contribuir para uma gestão urbana mais eficaz, capaz de acompanhar e monitorar indicadores baseados em dados abertos sobre diferentes dimensões das cidades.

Palavras-chave: Cidades inteligentes; Cidades Sustentáveis; Desenvolvimento Baseado em Conhecimento; Indicadores Urbanos; Inovação.

ABSTRACT

Cities are complex social and spatial organizations characterized by a significant concentration of population, infrastructure, and economic, cultural, and political activities. The interaction among these elements plays a crucial role in shaping the quality of urban dynamics and how they are perceived by society, highlighting the importance of understanding them within the context of decision-making. In this scenario, various theories focused on the study of cities emerge with the aim of analyzing the efficiency of interactions among urban components, aiming to promote quality of life for residents by providing essential analytical and explanatory foundations to align city goals and objectives with contemporary demands. The growing development of technologies for measuring urban indicators underscores their importance for effectively monitoring urban activities and advancing toward these goals, ultimately improving human living standards. This study aims to design a dashboard using the design science research method to measure and evaluate urban indicators based on theories of smart cities, sustainability, and knowledge-based development. The dashboard will be powered by secondary data from official platforms of the Brazilian Federal Government, with the goal of promoting more effective urban management. The results indicate that the dashboard artifact proved to be feasible and shows potential to contribute to more efficient urban management, capable of tracking and monitoring open data-based indicators across various city dimensions.

Keywords: Smart Cities; Sustainable Cities; Knowledge-Based Development; Urban Indicators; Innovation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Ocorrência total de palavras-chave ao longo dos anos | 28 |
| Figura 2 - 20 palavras-chave mais frequentes encontradas ao longo dos anos..... | 29 |
| Figura 3 - Tela inicial Projeto Prisma (Instituto Ayrton Senna) | 30 |
| Figura 4 - Tela Inicial Observatório da Estratégia da Justiça Federal | 31 |
| Figura 5 - Tela Inicial Painel ODS do BNDES | 32 |
| Figura 6 - Painel Inicial ODS (Estados) do BNDES..... | 32 |
| Figura 7 - Painel Ranking Connected Smart Cities | 34 |
| Figura 8 - Observatório de Cidades | 35 |
| Figura 9 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) | 58 |
| Figura 10 - Metodologia de <i>Design Science Research</i> aplicada | 71 |
| Figura 11 - Proposta de artefato..... | 76 |
| Figura 12 - Modelo de dados do Artefato | 83 |
| Figura 13 - Filtros Regionais do artefato | 86 |
| Figura 14 – Tela “Capa” do artefato | 87 |
| Figura 15 – Tela “Sobre” do artefato | 88 |
| Figura 16 – Tela “Painel Regional” do artefato..... | 89 |
| Figura 17 – Tela “Painel Comparativo” do artefato..... | 90 |
| Figura 18 – Tela “Indicadores Municipais” do artefato | 91 |
| Figura 19 – Tela “Ranks Gerais” do artefato | 92 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Principais periódicos sobre <i>smart city</i> e inovação | 20 |
| Tabela 2 - Principais autores em <i>smart city</i> e inovação | 21 |
| Tabela 3 - Principais palavras-chave sobre <i>smart city</i> e inovação | 21 |
| Tabela 4 - Principais periódicos sobre <i>smart city</i> e indicadores | 22 |
| Tabela 5 - Principais autores sobre <i>smart city</i> e indicadores | 23 |
| Tabela 6 - Principais universidades em <i>smart city</i> e indicadores | 23 |
| Tabela 7 - Principais <i>papers</i> sobre <i>smart city</i> e indicadores | 24 |
| Tabela 8 - Principais palavras-chave sobre <i>smart city</i> e indicadores | 24 |
| Tabela 9 - Principais periódicos sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores | 26 |
| Tabela 10 - Principais autores sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores | 26 |
| Tabela 11 - Principais <i>papers</i> sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores | 27 |
| Tabela 12 - Dimensões da teoria de Cidades Inteligentes (ISO 37122)..... | 80 |
| Tabela 13 - Dimensões da teoria de Sistemas de Capitais (CARRILLO, 2014) | 81 |
| Tabela 14 - Dimensões da teoria de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2023) | 81 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------|---|
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações |
| BACEN | Banco Central do Brasil |
| BD | <i>Big Data</i> |
| BI | <i>Business Intelligence</i> |
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social |
| CAGED | Cadastro Geral de Empregados e Desempregados |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CJF | Conselho da Justiça Federal |
| COMEXSTAT | Estatísticas de Comércio Exterior |
| COREDE | Conselhos Regionais de Desenvolvimento |
| DATASUS | Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito |
| DSR | <i>Design Science Research</i> |
| DW | <i>Data Warehouse</i> |
| ETL | <i>Extract, Transform and Load</i> |
| IA | Inteligência Artificial |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INEP | Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira |
| IOT | <i>Internet of Things</i> |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| KDB | <i>Knowledge Based Development</i> |
| KPI | <i>Key Performance Indicator</i> |
| MEC | Ministério da Educação e Cultura |
| ODM | Objetivos de Desenvolvimento do Milênio |
| ODS | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| SDG | <i>Sustainable Development Goals</i> |
| SICONFI | Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro |

| | |
|----------|--|
| SISMIGRA | Sistema de Registro Nacional Migratório |
| SNIS | Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento |
| SOI | <i>Sustainability-Oriented Innovation</i> |
| SUS | Sistema Único de Saúde |
| TIC | Tecnologia de Informação e Comunicação |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | PROBLEMATIZAÇÃO | 15 |
| 1.2 | OBJETIVO | 18 |
| 1.2.1 | Objetivo geral..... | 18 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos..... | 18 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA DO ESTUDO | 18 |
| 1.3.1 | <i>Smart cities</i> e inovação..... | 20 |
| 1.3.2 | <i>Smart cities</i> e indicadores | 22 |
| 1.3.3 | Objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores | 25 |
| 1.3.4 | Ferramentas de monitoramento de indicadores para cidades | 29 |
| 1.4 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 36 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 38 |
| 2.1 | O CONTEXTO DE CIDADES | 38 |
| 2.1.1 | Espaços urbanos..... | 40 |
| 2.1.2 | Os cidadãos | 41 |
| 2.1.3 | Necessidades das cidades | 44 |
| 2.1.4 | Inovação em gestão de cidades | 46 |
| 2.2 | CIDADES INTELIGENTES E CIDADES SUSTENTÁVEIS..... | 49 |
| 2.2.1 | Cidades inteligentes..... | 50 |
| 2.2.2 | Cidades sustentáveis | 56 |
| 2.3 | DESENVOLVIMENTO BASEADO EM CONHECIMENTO | 60 |
| 2.3.1 | Sistemas de Capitais..... | 62 |
| 2.4 | INDICADORES DE MONITORAMENTO DE CIDADES | 64 |
| 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 69 |
| 3.1 | DELINEAMENTO DA PESQUISA | 69 |
| 3.2 | PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS | 72 |
| 3.3 | PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS..... | 74 |
| 3.4 | PROTOCOLO DE PESQUISA..... | 75 |
| 4 | RESULTADOS..... | 79 |
| 4.1 | PROJETO..... | 79 |

| | | |
|-------|---|------------|
| 4.2 | ARQUITETURA..... | 82 |
| 4.3 | <i>DESIGN/DESENVOLVIMENTO</i> | 85 |
| 4.3.1 | Capa | 87 |
| 4.3.2 | Sobre | 87 |
| 4.3.3 | Painel regional | 88 |
| 4.3.4 | Painel comparativo | 89 |
| 4.3.5 | Indicadores | 91 |
| 4.3.6 | Ranks gerais | 92 |
| 4.4 | IMPLEMENTAÇÃO..... | 93 |
| | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 95 |
| | REFERÊNCIAS | 98 |
| | ANEXO I – INDICADORES UTILIZADOS NA PESQUISA | 104 |

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos processos civilizatórios, a forma como os ativos territoriais são explorados pelo ser humano evidencia a transição das atividades e demandas associadas à evolução tecnológica, amplificando a necessidade de gestão dos ativos conquistados nesses ambientes (Friedmann, 1986). Esses ativos territoriais e a relação entre o homem e o ambiente em que se encontra são profundamente influenciados pelos seus valores, bem como pelos valores de uma sociedade (Bataille *et al.*, 2020).

Nesse contexto, Yigitcanlar e Kamruzzaman (2015) afirmam que a atividade humana, apoiada por suas crenças e valores, tem o potencial de degradar e destruir *habitats* naturais, perturbando os diversos sistemas presentes no meio ambiente. O conjunto de crenças e características de uma sociedade e suas relações entre si são chamados de sistemas culturais (visões sobre o mundo, sistemas políticos e sociedade, familiaridade, cultura, etnia etc.), e são orientadas por interações entre indivíduos que imitam uns aos outros com base em características comuns e percepções da realidade (Jansson *et al.*, 2021).

A questão dos valores dos indivíduos molda amplamente sua maneira de perceber e avaliar a própria realidade, sendo esse um grande campo de pesquisa das ciências sociais e humanas, ao enfatizar os papéis e as normas sociais que moldam o comportamento individual a partir de um contexto cultural específico. Ademais, esses valores desempenham um papel fundamental no processo de gestão ambiental e na utilização dos ecossistemas para atender às necessidades materiais humanas (Bataille *et al.*, 2020; Lang; Kundt, 2020).

Nesse contexto, é fundamental adquirir uma compreensão mais profunda da maneira como as cidades gerenciam seus ativos naturais e sociais, uma abordagem que se torna essencial para atender as expectativas que consideram esses aspectos cruciais na tomada de decisões que moldarão o futuro urbano (Huovila *et al.*, 2019).

A Agenda 2030, adotada pelas Nações Unidas em setembro de 2015, é um plano de ação global para o desenvolvimento sustentável que aborda os amplos desafios globais das alterações climáticas, da desigualdade social e da degradação ambiental (ONU, 2023). Ela se baseia em um quadro de governação global composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) contendo 167 metas. Tais

objetivos incluem o combate à pobreza e à fome, a promoção da igualdade de gênero, a proteção dos direitos humanos, a sustentabilidade do planeta e seus recursos (Van der Waal, 2021).

Segundo os relatórios divulgados pela Organização das Nações Unidas, ao abordarem o Objetivo 11, as cidades são tratadas como assentamentos urbanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, entendendo que o processo de desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado sem uma transformação significativa na forma como as cidades são geridas (ONU, 2023).

Os conceitos de inteligência desempenham um papel fundamental na compreensão das cidades inteligentes e sustentáveis. Albino *et al.* (2015), definem inteligência como a capacidade de se adaptar às necessidades dos usuários e de perceber rapidamente os problemas decorrentes das atividades analisadas, por meio da consolidação de informações relevantes para a compreensão da questão.

Compreende-se cidade inteligente como aquela que adota soluções baseadas em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em seus diversos domínios socioeconômicos e institucionais, com o objetivo de aumentar a qualidade de vida, a sustentabilidade e a resiliência, mantendo assim a capacidade competitiva da sociedade (Sharifi, 2020).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Essencialmente, o conceito de cidade inteligente busca harmonizar a sustentabilidade urbana com a inteligência, aplicando técnicas de tomada de decisão inteligente para atender às demandas de sustentabilidade nas cidades (Huovila *et al.*, 2019).

Como consequência, o processo de análise inteligente das cidades busca compilar e consolidar diversas informações urbanas em um formato acessível e compreensível para a população, permitindo a criação de mecanismos de controle democrático e político pelos habitantes das cidades inteligentes. Para isso, são necessárias tecnologias baseadas em parâmetros técnicos que viabilizem essa integração e facilitem a gestão de dados urbanos (Guimarães *et al.*, 2020).

Nas palavras de Yigitcanlar (2019, p. 2), “cidades inteligentes são amplamente vistas como localidades que adotam ativamente novas tecnologias para alcançar resultados urbanos desejados”.

Essa adoção tecnológica não apenas viabiliza a implementação de inovações, mas também apoia o processo de compreensão das cidades, que é ampliado pelas metodologias das cidades inteligentes. Essas metodologias, integradas à tecnologia, ampliam o conjunto de ferramentas voltadas ao monitoramento urbano. Como afirmado por Ouafiq *et al.* (2022, p. 4125) “As inovações tecnológicas facilitam a implementação de infraestruturas de cidades inteligentes”,

Dada essa perspectiva tecnológica, torna-se relevante abordar a importância da inovação orientada à sustentabilidade (*Sustainability-Oriented Innovation [SOI]*), que se alinha aos princípios das cidades inteligentes. Assim como a sustentabilidade, o SOI abrange diversas áreas: a otimização operacional, que engloba conformidade regulamentar, ecoeficiência e práticas ecológicas; a transformação organizacional, que foca em alcançar o bem por meio de novas abordagens; e a construção de sistemas, que se dedica à inovação colaborativa para promover resultados sustentáveis (Van Der Waal, 2021).

Dessa forma, Batty *et al.* (2012), destacam a importância da participação dos cidadãos tanto nos espaços urbanos quanto no processo de análise e compreensão das demandas sociais, reforçando a ideia de que cidades inteligentes são “baseadas em comunidades inteligentes cujos cidadãos podem desempenhar um papel ativo no seu funcionamento e no seu projeto” (Batty *et al.*, 2012, p. 492).

A questão tecnológica, conforme mencionada anteriormente, possui fundamental importância nos processos de consolidação das metodologias de análises das cidades inteligentes, cuja aplicação eficaz envolve a utilização das chamadas TIC para consolidação informacional (Caragliu *et al.* 2011).

Huovila *et al.* (2019), afirmam que o desenvolvimento tecnológico impulsiona as soluções de cidades inteligentes, otimizando a qualidade e eficiência analítica por meio das TIC. Os autores afirmam também que a existência de indicadores voltados para o monitoramento de cidades é capaz de estabelecer uma linguagem comum e transparência na governança de cidades, sendo possível a avaliação do desempenho das cidades em diferentes áreas de apoio à tomada de decisão. De modo complementar, Jin *et al.* (2014), afirmam que a existência de plataformas unificadoras

de informação e gerenciamento oferece maior capacidade analítica das necessidades de compreensão das cidades.

A Internet das Coisas (IoT) é o conceito que denomina uma rede de conexão de objetos físicos via internet, cujo objetivo é comunicar e compartilhar dados e informações entre a interação desses objetos com o mundo e as pessoas. No contexto de cidades, a IoT é capaz de comunicar as diferentes operações e atividades que ocorrem em seu meio. Esse conceito pode ser aplicado em diversas áreas, tais como Cidades Inteligentes, Redes Inteligentes, Saúde Inteligente, Lar Inteligente, Indústrias Inteligentes 4.0, *SmartTV*, Relógio inteligente, Carro inteligente e Agricultura Inteligente (Duque, 2023).

Os esforços e métodos impregnados através das diversas tecnologias para medir os potenciais urbanos através de metodologias inteligentes e sustentáveis têm crescido exponencialmente e se mostrado significativamente benéficos em diversos estudos, ao ponto de até mesmo seus estudos oferecerem um crescimento dos aspectos sustentáveis. Essas investigações não apenas evidenciam os benefícios econômicos, sociais e éticos, mas também enfatizam a necessidade de estruturas sólidas e confiáveis para monitoramento de indicadores em diferentes contextos, que possam ser aplicáveis em diversas localidades (Shokouhyar *et al.*, 2020).

Em sua Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (BRASIL, 2024), o Governo Federal objetiva estabelecer sistemas de governança de dados e tecnologias para promover um ecossistema de ética e transparência digital que assegure a abertura e o compartilhamento de dados sempre que possível, sem prejuízo das proteções jurídicas e dos dados pessoais. Além disso, a carta aponta a eficácia ampliada quando as decisões tomadas são fundamentadas em dados confiáveis e evidências científicas, favorecendo a integridade e a responsabilidade nos processos de tomada de decisão.

A crescente necessidade de tecnologias avançadas para entender e quantificar as dinâmicas urbanas é um imperativo para alcançar uma sociedade mais sustentável e benéfica para os cidadãos. Este estudo visa projetar um artefato através do método *Design Science Research* voltado para a mensuração e avaliação de indicadores urbanos, fundamentado em teorias de cidades inteligentes, sustentáveis e desenvolvimento baseado em conhecimento, utilizando dados secundários provenientes de plataformas oficiais do Governo Federal Brasileiro, com o objetivo de integrar essas teorias para promover uma gestão urbana mais eficiente. O problema

de pesquisa concentra-se em como desenvolver um artefato tecnológico que integre teorias de cidades inteligentes, sustentáveis e desenvolvimento baseado em conhecimento para mensurar e avaliar de forma eficaz as dinâmicas urbanas, promovendo uma gestão mais sustentável e estratégica.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um artefato tecnológico que integre dados abertos para mensurar indicadores urbanos de forma eficiente e visualmente acessível. O propósito é desenvolver um *dashboard* que consolide e demonstre dimensões de teorias voltadas a estudos de indicadores de cidades por meio da análise de dados públicos, apoiando o processo de tomada de decisões estratégicas e ampliando a compreensão sobre a dinâmica das cidades.

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Identificar as principais teorias voltadas ao estudo de cidades inteligentes, cidades sustentáveis e desenvolvimento baseado em conhecimento, bem como suas principais dimensões;
- b. Mapear os principais indicadores de desempenho urbano relevantes para o entendimento de cidades, a partir dos dados disponíveis;
- c. Projetar e desenvolver um dashboard baseado no *Design Science Research* (DSR), utilizando o Microsoft Power BI para integrar, analisar e visualizar esses indicadores de forma eficiente e acessível;
- d. Situar o artefato desenvolvido com relação à sua relevância e aplicabilidade no contexto de cidades.

1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Tradicionalmente, os estudos se dedicam a estruturar e moldar a forma como uma cidade deve funcionar, oferecendo uma estrutura analítica que permite

compreender os ambientes urbanos por meio de abordagens integradas e guiadas pelo *design* (Veloso *et al.*, 2024).

Com o objetivo de fortalecer as motivações e justificações deste estudo, pretende-se apresentar a produção acadêmica relacionada aos conceitos de cidades inteligentes, indicadores, inovação e objetivos de desenvolvimento sustentável. Para alcançar esse propósito, empregaremos uma análise bibliométrica para mapear a evolução dessas áreas ao longo do tempo. Além disso, demonstraremos exemplos de instrumentos e indicadores em ferramentas voltadas para metodologias de análise de dados, com o intuito de entender a amplitude da criação de ferramentas de controle neste segmento.

Os dados desta justificativa foram coletados na base de dados da Scopus, acessada por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação (MEC), um dos maiores acervos científicos virtuais do mundo e amplamente reconhecido no meio acadêmico.

A pesquisa foi desenvolvida com a análise de três combinações distintas de palavras-chave e termos, relatando produções desde 2018 até 2023. Os termos foram inseridos entre aspas para que suas buscas incluíssem apenas estudos que contivessem o termo completo, não apenas algum dos elementos que o compõem. Também foi definido que o termo poderia aparecer em todos os campos dos artigos, a fim de explorar os aspectos centrais e potenciais deste projeto. Abaixo, segue o prompt de pesquisa aplicado na base Scopus:

- a. "*Smart City*" OR "*Smart Cities*" AND "*Innovation*";
- b. "*Smart City*" OR "*Smart Cities*" AND "*Indicators*";
- c. "*Sustainable Development Goals*" OR "*SDG*" AND "*Indicators*".

Posteriormente, o resultado e a revisão bibliométrica das pesquisas foram obtidos a partir do software "R", versão 2023.06.2+561, através da extensão Bibliometrix.

1.3.1 *Smart cities* e inovação

A base de dados apresentou 2.322 resultados para as definições utilizadas na busca, resultando em um total de 3.036 produções, desde o início das publicações dos temas até os dias atuais.

Observa-se que a produção sobre o tema teve início em 2002 com baixo volume de produção. Somente em 2011 o volume começou a ser significativo, apresentando uma média de crescimento de 30,34% a partir de 2012 ao longo dos anos. O pico de publicações ocorreu no ano de 2021, com 456 publicações registradas na base Scopus.

Identificaram-se posteriormente os principais periódicos que publicam sobre os assuntos pesquisados, destacando-se a revista *Sustainability Switzerland*, que contabilizou 23,96% das publicações quando comparada aos 10 principais periódicos, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais periódicos sobre *smart city* e inovação

| Journal | Papers |
|---|---------------|
| <i>Sustainability Switzerland</i> | 104 |
| <i>Advances In Intelligent Systems And Computing</i> | 76 |
| <i>ACM International Conference Proceeding Series</i> | 47 |
| <i>Technological Forecasting And Social Change</i> | 41 |
| <i>Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics</i> | 34 |
| <i>Eai Springer Innovations In Communication And Computing</i> | 28 |
| <i>Sustainable Cities And Society</i> | 28 |
| <i>Lecture Notes In Networks And Systems</i> | 27 |
| <i>Iop Conference Series Earth And Environmental Science</i> | 26 |
| <i>Smart Cities</i> | 23 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Dentre os principais autores que abordam tanto *smart cities* quanto inovação conjuntamente em suas produções, destaca-se, em primeiro lugar, Luca Mora, do Departamento de Arquitetura, Ambiente Construído e Engenharia de Construção do Politécnico de Milão, com 13 documentos sobre o assunto, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais autores em *smart city* e inovação

| Author | Papers |
|-----------------|---------------|
| Mora, L. | 13 |
| Yigitcanlar, T. | 12 |
| Deakin, M. | 10 |
| Lytras, M.D. | 10 |
| Angelidou, M. | 8 |
| Komninos, N. | 8 |
| Visvizi, A. | 8 |
| Karvonen, A. | 7 |
| Panori, A. | 7 |
| Petersen, S.A. | 7 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após essa etapa, foram analisadas as palavras mais frequentes dentro da busca realizada, com destaque para o termo “*Smart City*”, que apresentou um crescimento médio de 93,65% de aparições nas produções de 2018 até 2023. Esse termo ocupou o primeiro lugar entre as 10 palavras mais frequentes analisadas, representando 44,35% do total, associado à palavra-chave inovação. Essa informação pode ser conferida na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais palavras-chave sobre *smart city* e inovação

| Palavras-chave | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Smart City</i> | 182 | 411 | 604 | 813 | 1009 | 1119 |
| <i>Internet Of Things</i> | 36 | 78 | 119 | 170 | 222 | 242 |
| <i>Innovation</i> | 19 | 58 | 93 | 150 | 194 | 228 |
| <i>Sustainable Development</i> | 31 | 76 | 120 | 155 | 203 | 226 |
| <i>Urban Growth</i> | 21 | 56 | 84 | 109 | 139 | 151 |
| <i>Big Data</i> | 29 | 41 | 78 | 116 | 133 | 141 |
| <i>Urban Development</i> | 14 | 38 | 62 | 89 | 121 | 137 |
| <i>Urban Planning</i> | 12 | 34 | 46 | 70 | 86 | 98 |
| <i>Decision Making</i> | 12 | 32 | 48 | 60 | 86 | 94 |
| <i>Technological Innovation</i> | 17 | 30 | 42 | 61 | 77 | 87 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Esses dados evidenciam os estudos voltados para *smart cities* como um campo em expansão, no qual os conceitos de inovação, tecnologia e sustentabilidade urbana estão profundamente interligados, pois a crescente produção acadêmica revela sua relevância prática frente aos desafios contemporâneos das cidades.

A predominância do termo *smart city* em artigos com palavras-chave como inovação, *internet of things* e desenvolvimento sustentável indica um alinhamento conceitual em torno de estudos que orientam políticas públicas, planejamento urbano e transformações estruturais baseadas em dados.

1.3.2 *Smart cities* e indicadores

A base de dados Scopus apresentou 1.239 resultados para as definições utilizadas na busca, resultando em um total de 1.539 produções, desde o início das publicações dos temas até os dias atuais.

Observa-se que a produção sobre o tema teve início em 2012, apresentando uma média de crescimento de 46,11% ao longo dos anos. O ano com mais publicações foi 2021, com 268 publicações registradas na base Scopus.

Identificaram-se, posteriormente os principais periódicos que publicam sobre os assuntos pesquisados, destacando-se a revista *Sustainability Switzerland*, que contabilizou 18,24% das publicações quando comparada aos 10 principais periódicos, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Principais periódicos sobre *smart city* e indicadores

| Journal | Papers |
|---|---------------|
| <i>Sustainability Switzerland</i> | 56 |
| <i>ACM International Conference Proceeding Series</i> | 38 |
| <i>Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics</i> | 38 |
| <i>Iop Conference Series Earth And Environmental Science</i> | 29 |
| <i>Advances In Intelligent Systems And Computing</i> | 27 |
| <i>Communications In Computer And Information Science</i> | 25 |
| <i>Lecture Notes In Networks And Systems</i> | 25 |
| <i>Sustainable Cities And Society</i> | 25 |
| <i>Matec Web Of Conferences</i> | 23 |
| <i>E3s Web Of Conferences</i> | 21 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Dentre os principais autores que abordam tanto *smart cities* quanto indicadores conjuntamente em suas produções, destaca-se, em primeiro lugar,

Ayyoob Sharifi, da *Hiroshima University*, com 14 documentos sobre o assunto, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Principais autores sobre *smart city* e indicadores

| Author | Papers |
|-------------------|--------|
| Sharifi, A. | 14 |
| Garau, C. | 11 |
| Amani, H. | 7 |
| Garda, M. | 7 |
| Indrawati | 7 |
| Nesmachnow, S. | 7 |
| Bianchini, D. | 6 |
| De Antonellis, V. | 6 |
| Hajduk, S. | 6 |
| Huovila, A. | 6 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Segundo os dados coletados da base Scopus, a universidade que apresenta a afiliação mais relevante em termos de quantidade de artigos publicados foi a *Hiroshima University*, acumulando um total de 26 artigos publicados entre 2018 e 2023, segundo a Tabela 6.

Tabela 6 - Principais universidades em *smart city* e indicadores

| Universidades | País | Total acumulado | | | | | |
|--|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| <i>Hiroshima University</i> | Japão | 0 | 2 | 5 | 5 | 26 | 26 |
| <i>Islamic Azad University</i> | Irã | 0 | 0 | 1 | 3 | 8 | 13 |
| <i>Wuhan University</i> | China | 0 | 4 | 5 | 8 | 11 | 13 |
| <i>Qatar University</i> | Catar | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 11 |
| <i>University Of Cagliari</i> | Itália | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Chongqing University</i> | China | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 8 |
| <i>Itmo University</i> | Rússia | 2 | 5 | 6 | 6 | 8 | 8 |
| <i>Norwegian University Of Science And Technology (Ntnu)</i> | Noruega | 0 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| <i>State University Of Management</i> | Rússia | 0 | 1 | 2 | 7 | 8 | 8 |
| <i>University At Albany</i> | Estados Unidos | 2 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Buscando analisar a importância dos trabalhos produzidos, foram verificadas as citações dos trabalhos presentes na base de dados. Dessa forma, foi possível identificar a relevância das produções de Sadowski (2018) como o artigo mais citado, com 308 citações, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Principais *papers* sobre *smart city* e indicadores

| Paper | Citações |
|---|-----------------|
| Sadowski S, 2018, Ieee Access | 308 |
| Huovila A, 2019, Cities | 233 |
| Akande A, 2019, Sustainable Cities Soc | 188 |
| Garau C, 2018, Sustainability | 175 |
| Hens L, 2018, J Clean Prod | 166 |
| Sharifi A, 2019, J Clean Prod | 143 |
| Oueida S, 2018, Sensors | 130 |
| Chui Kt, 2018, Energies | 124 |
| Shen L, 2018, J Clean Prod | 123 |
| Sharifi A, 2020, Sustainable Cities Soc | 121 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após essa etapa, foram analisadas as palavras mais frequentes dentro da busca realizada, com destaque para o termo “*Smart City*”, que apresentou um crescimento médio de 83,09% de aparições nas produções de 2018 até 2023. Esse termo ocupou o primeiro lugar entre as 10 palavras mais frequentes analisadas, representando 45,52% do total de palavras mais frequentes entre as 10 principais, conforme pode ser verificado na Tabela 8.

Tabela 8 - Principais palavras-chave sobre *smart city* e indicadores

| Palavras-chave | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Smart City</i> | 95 | 228 | 369 | 505 | 625 | 687 |
| <i>Sustainable Development</i> | 24 | 50 | 81 | 115 | 144 | 158 |
| <i>Internet Of Things</i> | 13 | 26 | 50 | 80 | 106 | 128 |
| <i>Benchmarking</i> | 15 | 37 | 55 | 68 | 84 | 96 |
| <i>Urban Growth</i> | 15 | 28 | 50 | 69 | 85 | 95 |
| <i>Decision Making</i> | 11 | 30 | 45 | 64 | 81 | 92 |
| <i>Big Data</i> | 19 | 30 | 48 | 66 | 68 | 73 |
| <i>Urban Development</i> | 7 | 16 | 29 | 42 | 55 | 62 |
| <i>Urban Planning</i> | 9 | 15 | 26 | 45 | 57 | 61 |
| <i>Key Performance Indicators</i> | 10 | 26 | 36 | 44 | 50 | 57 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A análise da produção científica sobre cidades inteligentes e indicadores evidencia a consolidação de um campo focado na mensuração do desempenho urbano por meio de tecnologias e dados. A existência de termos como *smart city*, e *key performance indicators*, juntamente com termos voltados à processos decisórios e planejamento urbano revela neste escopo bibliométrico um interesse da academia em desenvolver soluções para as teorias de cidades inteligentes a partir de soluções tecnológicas.

Ao trazer a tabela voltada à exposição de universidades ao redor do mundo, nota-se que as universidades brasileiras não compõem esta composição bibliométrica, identificando uma possível carência em estudos nacionais voltados às soluções tecnológicas para cidades inteligentes.

Esses elementos indicam que a produção científica atual não apenas acompanha, mas também fundamenta a estruturação de modelos urbanos baseados em indicadores de eficiência, sustentabilidade e inteligência.

1.3.3 Objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores

A base de dados Scopus apresentou 4.109 resultados para as definições utilizadas na busca, resultando em um total de 4.498 produções, desde o início das publicações dos temas até os dias atuais.

Observa-se que a produção sobre o tema teve início em 1982 com baixo volume quando comparado a 2012, quando as produções começaram a ser significativas, apresentando uma média de crescimento de 72,66% ao longo dos anos. O pico de publicações ocorreu no ano de 2022, com 1.010 publicações registradas na base Scopus.

Identificaram-se, posteriormente os principais periódicos que publicaram sobre os assuntos pesquisados, destacando-se a revista *Sustainability Switzerland*, que contabilizou 45,01% das publicações quando comparada aos 10 principais periódicos, sendo possível confirmar a informação pela exposição da Tabela 9.

Tabela 9 - Principais periódicos sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores

| Journal | Papers |
|--|---------------|
| <i>Sustainability Switzerland</i> | 379 |
| <i>Journal Of Cleaner Production</i> | 96 |
| <i>Plos One</i> | 57 |
| <i>Science Of The Total Environment</i> | 50 |
| <i>Remote Sensing</i> | 49 |
| <i>Iop Conference Series Earth And Environmental Science</i> | 48 |
| <i>Ecological Indicators</i> | 47 |
| <i>Sustainable Development</i> | 44 |
| <i>Energies</i> | 36 |
| <i>International Journal Of Environmental Research And Public Health</i> | 36 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Dentre os principais autores que abordam tanto objetivos de desenvolvimento sustentável quanto indicadores conjuntamente em suas produções, destaca-se, em primeiro lugar, Simon I. Hai, do *Institute for Health Metrics and Evaluation*, com 12 publicações sobre o assunto, conforme demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Principais autores sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores

| Author | Papers |
|----------------|---------------|
| Hay, S.I. | 12 |
| Barros, A.J.D. | 11 |
| Giuliani, G. | 11 |
| Sala, S. | 11 |
| Bekun, F.V. | 10 |
| Abhilash, P.C. | 9 |
| Bain, R. | 9 |
| Gennari, P. | 9 |
| Yaya, S. | 9 |
| Dandona, L. | 8 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Buscando analisar a importância dos trabalhos produzidos, foram verificadas as citações dos trabalhos presentes na base de dados. Dessa forma, foi possível identificar a relevância das produções de Fritzmauricie (2019) como o artigo mais citado, com 1.480 citações, de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 - Principais *papers* sobre objetivos de desenvolvimento sustentável e indicadores

| Paper | Citações |
|--|-----------------|
| Fitzmaurice C, 2019, <i>Jama Oncol</i> | 1480 |
| Wiedmann T, 2018, <i>Nat Geosci</i> | 464 |
| Tickner D, 2020, <i>Bioscience</i> | 399 |
| Cowie AI, 2018, <i>Environ Sci Policy</i> | 301 |
| Fritz S, 2019, <i>Nature Sustain</i> | 299 |
| Prüss-Ustün A, 2019, <i>Int J Hyg Environ Health</i> | 296 |
| Lozano R, 2018, <i>Lancet</i> | 286 |
| Chaudhary A, 2018, <i>Nat Commun</i> | 281 |
| Pacoureaux N, 2021, <i>Nature</i> | 274 |
| Lozano R, 2020, <i>Lancet</i> | 243 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As pesquisas bibliométricas são uma fonte valiosa para compreender o crescente interesse e relevância dos estudos sobre os termos citados neste capítulo. A extensão das publicações acadêmicas revela um aumento exponencial no número de pesquisas focadas na concepção e análise de indicadores para *smart cities*, considerando contextos de inovação e ODS.

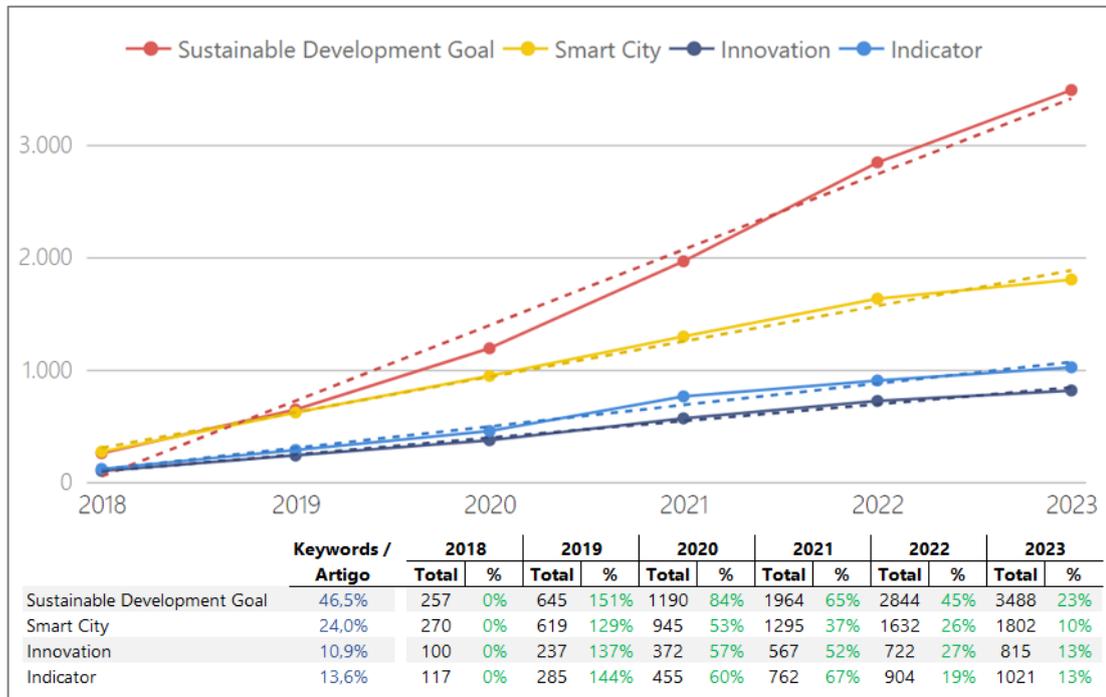
Essa tendência reflete a necessidade crescente de compreender os diversos aspectos que despertam o interesse dos pesquisadores, desde as ocorrências de palavras-chave comuns até universidades mais dedicadas aos assuntos. Ao observarmos os achados bibliométricos sobre indicadores para cidades inteligentes, torna-se evidente o espectro de temas abordados nesse campo de pesquisa.

A diversidade e a abrangência desses estudos bibliométricos destacam não apenas a importância do tema, mas também a complexidade inerente à definição e mensuração de, em especial, indicadores capazes de capturar a multidimensionalidade das cidades inteligentes. A análise da quantidade de publicações revela a grande variedade e riqueza das temáticas estudadas e sua constante evolução nas discussões em torno do tema.

Em particular, destaca-se, conforme demonstrado na figura abaixo, uma presença crescente dos termos pesquisados na base de dados Scopus em relação às produções acadêmicas. As palavras-chave '*Sustainable Development Goal*', '*Smart City*', '*Innovation*' e '*Indicator*', juntamente com suas correlatas e variações distintas, estão presentes na maioria dos 7.502 artigos (conjuntamente ou individualmente)

utilizados para justificar a relevância acadêmica e o crescente interesse ao longo do período de 2018 a 2020.

Figura 1 - Ocorrência total de palavras-chave ao longo dos anos



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na Figura 1, pode-se observar o total de ocorrência das palavras-chave destacadas ao longo dos últimos anos, bem como o percentual de crescimento em sua utilização.

Este estudo também destaca a presença das principais palavras-chave ao longo dos diversos termos, evidenciando o contínuo interesse da pesquisa acadêmica nos tópicos abordados. Na pesquisa bibliométrica, a consistência das palavras-chave desempenha um papel crucial na identificação de tendências e direções no campo acadêmico.

A Figura 2 apresenta a frequência anual na utilização das palavras-chave mencionadas nesta justificativa. Destaca-se, em vermelho, sua presença entre as 20 mais frequentemente utilizadas em toda a bibliografia deste estudo. Embora o termo *'indicator'* não esteja explicitamente presente, observa-se, em azul, palavras relacionadas tanto a tecnologias aplicadas a estudos urbanos e à disseminação tecnológica no cotidiano quanto à questão da tomada de decisões, um dos objetivos específicos deste trabalho.

Figura 2 - 20 palavras-chave mais frequentes encontradas ao longo dos anos

| PALAVRAS | QT | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sustainable Development | 2178 | 240 | 355 | 382 | 469 | 434 | 298 |
| Smart City | 1731 | 266 | 349 | 319 | 332 | 304 | 161 |
| Sustainable Development Goal | 1107 | 11 | 10 | 144 | 268 | 375 | 299 |
| Human | 734 | 83 | 103 | 141 | 145 | 174 | 88 |
| Article | 610 | 59 | 89 | 112 | 127 | 145 | 78 |
| Female | 539 | 64 | 85 | 106 | 114 | 111 | 59 |
| Planning | 532 | 59 | 79 | 100 | 144 | 133 | 17 |
| Humans | 522 | 57 | 74 | 102 | 104 | 123 | 62 |
| Sustainability | 507 | 36 | 60 | 89 | 122 | 106 | 94 |
| Decision Making | 399 | 36 | 73 | 76 | 78 | 81 | 55 |
| Child | 371 | 33 | 53 | 59 | 77 | 102 | 47 |
| Internet Of Things | 371 | 48 | 53 | 62 | 85 | 80 | 43 |
| Climate Change | 343 | 29 | 37 | 56 | 74 | 88 | 59 |
| United Nations | 321 | 35 | 44 | 50 | 76 | 71 | 45 |
| Innovation | 285 | 22 | 40 | 44 | 72 | 58 | 49 |
| Urban Growth | 280 | 36 | 52 | 55 | 54 | 60 | 23 |
| Male | 264 | 39 | 41 | 48 | 54 | 60 | 22 |
| China | 256 | 15 | 18 | 28 | 47 | 79 | 69 |
| Adult | 251 | 31 | 34 | 68 | 51 | 47 | 20 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Conforme destacado anteriormente, destaca-se a necessidade de produções acadêmicas voltadas aos temas de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Cidades Inteligentes e Inovação, juntamente com produção de indicadores para processos de tomada de decisão. A próxima seção relata alguns estudos existentes sobre artefatos de acompanhamento e monitoramento de métricas urbanas.

1.3.4 Ferramentas de monitoramento de indicadores para cidades

Com o intuito de estabelecer um padrão de comparação com as produções atuais voltadas ao monitoramento de indicadores para cidades, e para demonstrar a relevância da entrega, são relatados instrumentos de análise de indicadores localizados.

O Instituto Ayrton Senna é uma organização brasileira sem fins lucrativos que se dedica para a educação integral de estudantes, através de programas de formação e políticas educacionais inovadoras (Instituto Ayrton Senna, 2024).

O Instituto propôs um estudo intitulado Projeto Prisma, que aborda 9 dos 17 ODS da ONU, os quais são voltados principalmente para a compreensão do nível educacional da população.

Figura 3 - Tela inicial Projeto Prisma (Instituto Ayrton Senna)

The screenshot displays the initial interface of the Prisma Project, organized into three main sections on the left and a central selection area.

1º Grupo de Análise
 Em qual grupo queremos concentrar nossa análise? **Idosos** de 65 anos ou mais, **adultos** de 25 a 64 anos ou **descendentes** de 0 a 24 anos.

2º ODS
 Os **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** foram acordados em 2015 e precisam ser alcançados pelos países até 2030. Até o momento, o Projeto Catavento dialoga com os Objetivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 11. Resultados não relacionados aos ODS foram agrupados no grupo Estilo. Qual o Objetivo você quer analisar?

3º Indicadores
 Escolha um dos indicadores para completar esta etapa. Agora, você pode alterar os níveis educacionais e comparar como esse indicador se modifica na medida em que sua população possui mais ou menos escolaridade. Você pode selecionar um dos 10 níveis de escolaridade nos botões. As opções vão desde "Sem alfabetização" até a "Ensino Superior".

O significado do indicador é:
 Despesa média mensal com aluguel, condomínio, serviços e taxas, energia elétrica, telefone fi...
 Em relação a (o):

The central area features three selection buttons: **ADULTOS** (highlighted), **DESCENDENTES (FILHOS)**, and **IDOSOS**. Below these are two grids of ODS (1-11) and indicators (e.g., 'Acesso à rede geral de distribuição', 'Despesa com habitação'). A comparison box shows 'Despesa média mensal com habitação (R\$ de 2015)' for two educational levels: '05 - Completou somente o Ensino Fundamental' (737,6) and '03 - Alfabetizado (somente alfabetização)' (590,3).

Fonte: Instituto Ayrton Senna (2023)

Outro instrumento localizado foi o Observatório da Estratégia da Justiça Federal Brasileira, sendo um repositório oficial das informações da Justiça Federal, com o objetivo de oferecer um instrumento de comunicação da gestão estratégica e planejamento, divulgação de dados, estudos e pesquisas (TRF1, 2023).

Em 2022, o observatório realizou a publicação de uma ferramenta de acompanhamento das ações de prevenção ou desjudicialização de litígios voltados aos ODS da Agenda 2030, conforme imagem abaixo:

Figura 4 - Tela Inicial Observatório da Estratégia da Justiça Federal

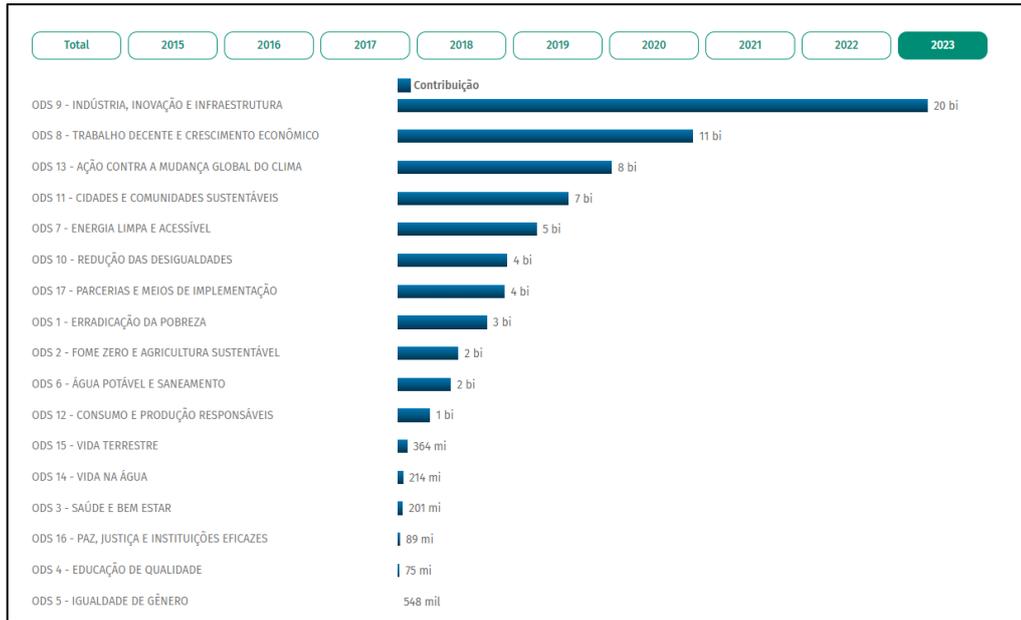


Fonte: CJF (2023)

Além dos instrumentos acima mencionados, em 2023 o BNDES realizou a publicação de um painel voltado à demonstração da evolução dos ODS em todo território nacional, que partem de 2015 até o ano atual. O BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), fundado em 1952, é vinculado ao Ministério da Indústria, Comércio e Serviços, sendo o principal instrumento do Governo Federal nesse ministério, e é dedicado ao fomento da produção e comercialização de máquinas e equipamentos.

O estudo possui demonstrativos em nível comparativo das ODS e em perspectiva dos diversos estados brasileiros, conforme imagens abaixo.

Figura 5 - Tela Inicial Painel ODS do BNDES



Fonte: BNDES (2023)

Figura 6 - Painel Inicial ODS (Estados) do BNDES



Fonte: BNDES (2023)

Em vias de iniciativa privada, a Urban Systems é uma empresa brasileira voltada para a área de consultorias e pesquisa em inteligência de mercado na área de cidades para empresas e poder público, com o objetivo de ampliar o olhar de negócios perante o nível de desenvolvimento econômico das cidades.

A empresa desenvolveu o chamado Ranking *Connected Smart Cities*, que já possui 9 edições, sendo este um esforço para entender e definir indicadores que apontem, de maneira comparativa, os estágios de desenvolvimento das cidades a partir de 11 eixos temáticos, a saber:

- i) Mobilidade;
- ii) Urbanismo;
- iii) Meio Ambiente;
- iv) Energia;
- v) Tecnologia e Inovação;
- vi) Economia;
- vii) Educação;
- viii) Saúde;
- ix) Segurança;
- x) Empreendedorismo;
- xi) Governança.

O Ranking possui uma plataforma online construída através do software Microsoft Power BI, para monitoramento e exposição dos resultados dos dados coletados, conforme imagem abaixo.

Figura 7 - Painel Ranking Connected Smart Cities

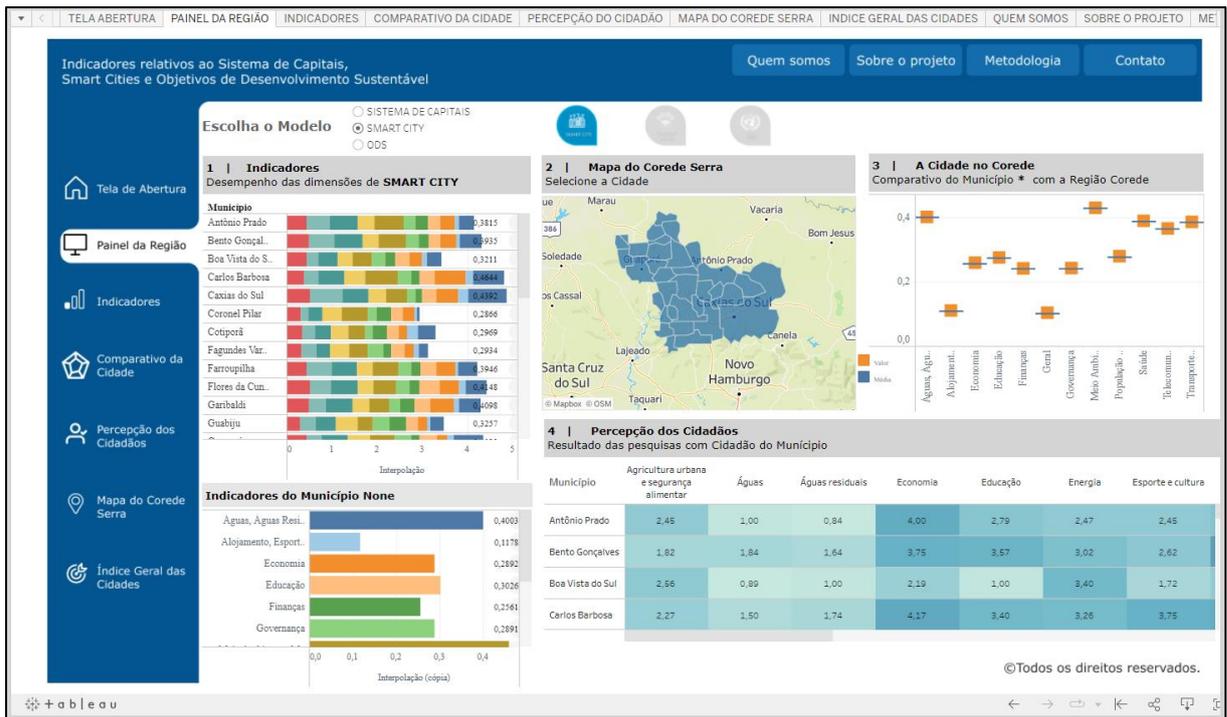


Fonte: Urban Systems (2023)

Por fim, o CityLivingLab é um grupo de pesquisa voltado ao estudo de cidades localizado na cidade de Caxias do Sul/RS, que tem como missão a divulgação de estudos que possibilitam alta capacidade de aprendizagem, compartilhamento e gestão do conhecimento.

O Observatório de Cidades é um projeto construído em parceria com o Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (Corede-Serra), que utiliza as teorias de Sistemas de Capitais, Cidades Inteligentes e ODS, de modo a oferecer um dashboard consultivo sobre os principais indicadores das cidades.

Figura 8 - Observatório de Cidades



Fonte: CityLivinglab (2023)

Tendo levado em conta a relevância acadêmica do assunto, através do crescente número de publicações, autores, revistas e clusters de diversos temas de relevância, torna-se evidente que as questões voltadas a cidades inteligentes, inovação, ODS e indicadores para controle destes temas estão entre as questões mais urgentes e de maior interesse dos campos de pesquisa acadêmicos, pois demonstram a amplitude e a profundidade das investigações realizadas.

Tais investigações são confirmadas pela exposição de ferramentas de monitoramento de indicadores para cidades, havendo o envolvimento de agências, órgãos e empresas de renome, que atestam a relevância do assunto e sua crescente procura.

Entretanto, observa-se, nestes casos, que a escassa exposição de outras teorias voltadas ao assunto nos relatórios disponibilizados revela uma necessidade a ser atendida nesse projeto. Ademais, as várias leituras e teorias trazidas ao longo dessa produção sustentam a importância de criar e gerir bons indicadores para a compreensão do desenvolvimento urbano.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O tema da pesquisa da dissertação de mestrado voltado ao desenvolvimento de um sistema de indicadores para Cidades Inteligentes reflete diretamente um mestrado em Administração com foco em Inovação. Ao propor o desenvolvimento de um artefato tecnológico que utiliza dados secundários disponibilizados pelo Governo Federal para monitorar e avaliar indicadores de cidades inteligentes, o projeto se alinha com uma das principais vertentes de pesquisa em inovação, que é a aplicação de tecnologias emergentes ao planejamento e à gestão urbana. Este enfoque não apenas abraça o uso de *Big Data* para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, mas também propõe uma solução prática e tangível que poderá ser utilizada por gestores urbanos e formuladores de políticas para tomar decisões baseadas em evidências, uma prática inerente às teorias de inovação e administração moderna.

Os objetivos delineados no texto apresentam uma estrutura clara e pragmática para a condução da pesquisa, começando pela identificação de indicadores-chave e avançando para o *design* e implementação de um artefato tecnológico. Esta abordagem está em harmonia com as linhas de pesquisa de Inovação e Competitividade, que muitas vezes requerem a interseção entre teoria e prática. O processo de *design*, desenvolvimento e validação do artefato não apenas fomenta a inovação tecnológica, mas também envolve um diálogo direto com os profissionais da área, o que é essencial para assegurar que a pesquisa tenha impacto real no mundo prático da administração de cidades. Assim, este projeto se inscreve perfeitamente na dinâmica de inovação e desenvolvimento de novos produtos ou sistemas que são a marca dos programas de mestrado contemporâneos em Administração.

A utilização de ferramentas baseadas em Inteligência Artificial, como o *SciSpace*, para revisão textual e busca bibliográfica, confere à pesquisa um caráter inovador e alinhado às tendências contemporâneas de produção acadêmica. Essa abordagem integra tecnologia de ponta ao processo de construção do conhecimento, permitindo maior eficiência e precisão na identificação de fontes relevantes e na elaboração de textos acadêmicos refinados. Tal recurso potencializa a interseção entre teoria e prática ao assegurar que os fundamentos teóricos sejam sustentados

por literatura atualizada e consistente, enquanto a qualidade textual reforça a clareza e o impacto dos argumentos apresentados.

A metodologia sugerida, *Design Science Research* (DSR), é especialmente apropriada para o campo da inovação, pois combina a criação de artefatos com sua validação em contextos reais. Esta abordagem iterativa e centrada no usuário está alinhada com os métodos atuais de pesquisa e desenvolvimento em Administração, que enfatizam a cocriação e a inovação aberta. Ao focar em resultados que são imediatamente aplicáveis ao planejamento e gestão urbana, o estudo promete contribuições significativas para a literatura acadêmica e práticas administrativas, reforçando o papel vital que a inovação desempenha em responder aos desafios do desenvolvimento sustentável e da urbanização. Desta forma, o projeto se alinha às aspirações e aos requisitos de um mestrado focado na vanguarda da pesquisa em Administração e Inovação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão abordados os temas que fundamentam esse estudo, elaborando bibliograficamente o contexto de cidades, bem como suas concepções em espaços urbanos, seus cidadãos, necessidades e inovação. Posteriormente, abordam-se os conceitos de cidades inteligentes e sustentáveis, conceituando tais termos e demonstrando as principais teorias de indicadores utilizados(as), bem como o papel do desenvolvimento baseado em conhecimento na identificação de conceitos de inteligência nas cidades. Por fim, abordaremos as principais definições sobre indicadores e seu uso em contextos de análise em cidades inteligentes.

2.1 O CONTEXTO DE CIDADES

As cidades, conforme a percepção de Guimarães *et al.* (2020), são ecossistemas complexos que interagem com uma diversidade de indivíduos com diferentes interesses. Estimular e fomentar a colaboração e troca de conhecimentos entre esses cidadãos pode ser um impulso significativo para alcançar um ambiente sustentável e uma qualidade de vida aprimorada para todos.

De maneira associativa, podemos compreender o papel das cidades como organismos vivos, que devem necessariamente estar dispostos a tais mudanças provocadas pelo conhecimento, aderindo a novas tecnologias aliadas ao seu processo de planejamento urbano, adotando, segundo Bollier (2016), a interações fluidas e sinérgicas entre pessoas, dados, infraestrutura e tecnologia.

Castells (2020), ao estudar o processo de estruturação e ocupação de espaços de cidades americanas como Nova Iorque, Filadélfia, Baltimore e Washington, denota uma série de percepções e ocorrências acerca de como os espaços urbanos são utilizados e povoados:

- A concentração das atividades de serviços avançados no setor de negócios, com as atividades industriais se estabelecendo na região urbana adjacente, e a dispersão das residências individuais em áreas livres ao redor;
- A degradação física do núcleo central da cidade, a migração da classe média para os subúrbios e a ocupação do centro por novos imigrantes,

especialmente grupos étnicos minoritários que sofrem discriminação no mercado imobiliário;

- O movimento de expansão da indústria cada vez mais autônomo em relação à cidade, criando focos funcionais próximos a pontos-chave das rotas;
- Falta de correspondência completa entre as divisões administrativas e as unidades de vida e trabalho.

Nesse entendimento, percebe-se que o crescimento da complexidade urbana pode ser orientado por diferentes direcionadores de expansão, como ressaltado por Harris e Ullman (1945). Essa expansão pode resultar das influências da região em que estão localizadas e evoluir não como produto, mas conforme demandas sociais e econômicas. Santos *et al.* (2018) defendem que, para um crescimento eficaz das sociedades, é crucial compreender as diversas facetas da realidade urbana, para satisfazer uma gama de necessidades emergentes de distintos fatores de vulnerabilidade social.

O resultado desse crescimento e expansão complexa leva ao desenvolvimento de uma ampla gama de atividades e trabalhos nos centros urbanos em nível de produção (inclusa a produção agrícola), consumo (no sentido amplo: reprodução da força de trabalho), troca e gestão, assumindo papéis variados, que abrangem desde funções de organização e direção até atividades políticas, militares e a criação de conhecimento teórico. A cidade surge como um palco que representa tanto a realidade prática de suas atividades e trabalhos quanto as representações simbólicas, unindo imagens da natureza e esforço humano para criar simbolismos significativos que representam a cosmovisão de um centro urbano (Castells, 2020; Lefebvre, 2015).

Em complemento, Foucault (2004) enfatiza que o fenômeno urbano transcende a simples noção de um aglomerado populacional cercado por estruturas, evoluindo para um objeto no qual ocorrem fenômenos de extrema complexidade, Perveen *et al.* (2017) comentam que o processo de modelagem do crescimento urbano surge não apenas para responder ao aumento populacional, mas para fortalecer e quantificar o futuro e evolução das políticas urbanas e ações relacionadas, sendo necessário avaliar o impacto dos planejamentos através da compreensão dos possíveis cenários resultantes.

Nesse contexto, a cidade deve ser percebida mais como uma obra de arte do que meramente um produto material. A produção da cidade e das relações sociais envolve a criação e reprodução de seres humanos por seres humanos, em vez de ser uma mera produção de objetos (Lefebvre, 2015). A cidade carrega consigo uma história, é uma construção que emerge de pessoas e grupos, realizando essa obra dentro das circunstâncias históricas, para Yigitcanlar *et al.* (2019, p.5) “cidades são organismos vivos dominados pelo ser humano que realizam as manifestações mais dramáticas das atividades humanas”.

2.1.1 Espaços urbanos

À medida que as áreas urbanas crescem em extensão e população, surgem múltiplos desafios em relação aos serviços oferecidos no dia a dia, abrangendo áreas como saúde, meio ambiente, transporte e afins. Isso gera uma necessidade premente de lidar com essas demandas de maneira eficiente e sustentável (Kirimtat *et al.*, 2020). Essa abordagem busca assegurar que as cidades do futuro se desenvolvam de forma a proporcionar vantagens significativas aos habitantes dentro de sua concentração urbana (Harris; Ullman, 1945).

Segundo informações estatísticas da OMS, a população das cidades poderá ser o dobro em 2050, havendo a preocupação de tornar os espaços urbanos e seus serviços, como transporte e mobilidade eficazes para atender a demanda populacional (Gheisari *et al.*, 2021)

O fenômeno de concentração civilizacional se alinha ao conceito de concentração de capitais proposto por Marx, onde a indústria se tornou responsável por criar seus próprios centros urbanos, gerando aglomerações de diferentes tamanhos e características (Lefebvre, 2015). Ademais, Yaswanth *et al.* (2023), ressaltam que os desafios administrativos urbanos ganham importância à medida que uma população aumenta ao longo do tempo,

O crescimento da densidade habitacional nas regiões urbanas, aliado ao rápido crescimento populacional, impõe às cidades a necessidade de se ajustarem para garantir não apenas as necessidades básicas, mas também elevar a qualidade de vida da população. O desafio reside não apenas na capacidade de fornecer moradia adequada, mas também na criação de infraestrutura e serviços que

promovam um ambiente saudável, acessível e próspero para todos os seus habitantes (Guimarães *et al.*, 2020)

Dessa forma, podemos compreender que o fator priorizado pelas sociedades influenciará diretamente na distribuição geográfica de uma metrópole, Castells (2020) complementa a argumentação ao expor a concentração monopolista do capital e evolução técnico-social como fomentos da ampla descentralização espacial de estabelecimentos no interior das metrópoles.

Propriedade e território são variáveis dentro desse complexo, onde o governo lida com a imbricação entre homens e coisas, considerando aspectos como riqueza, recursos, subsistência e território específico. Foucault (1991) aborda a relação entre governo e território, argumentando que o governo não trata apenas do espaço físico, mas também do complexo de relações entre seres humanos e elementos constituintes do ambiente.

2.1.2 Os cidadãos

As cidades modernas são caracterizadas pela aglutinação das propriedades privadas dos cidadãos ativos e públicas, os quais estão estritamente hierarquizados e submetidos às demandas de unidade e conjuntura da própria cidade (Lefebvre, 2015). Harris e Ullman (1945) destacam que o apoio concedido pelos cidadãos a uma cidade estará conseqüentemente ligado aos serviços que ela oferece.

A atual valorização crescente das cidades é resultado de esforços globais conduzidos por organizações civis (Klopp; Petretta, 2017). Essas entidades, representantes da sociedade e dos cidadãos, terão um papel determinante no êxito das abordagens e metas desejadas pela sociedade como um todo (Guimarães *et al.*, 2020).

Le Corbusier, ao abordar a relação entre habitantes e o ambiente urbano, sublinha a relevância da interação com a natureza e a cosmovisão do ambiente no qual estão inseridos (Lefebvre, 2015). Essa abordagem filosófica se entrelaça com aspectos práticos, como a urbanística e o funcionalismo, que ao delinear funções específicas para a cidade, reflete uma ideologia que influencia tanto a prática arquitetônica quanto a conexão íntima entre os cidadãos e as configurações urbanas.

Harris e Ullman (1945) elucidam a diversidade nas configurações do assentamento urbano, onde algumas cidades subsistem não apenas pelo comércio, mas também por funções sociais e religiosas desempenhadas pelos seus residentes, enfatizando a natureza multifuncional das cidades. A maneira como os valores humanos influenciam na gestão ambiental de uma sociedade são confirmados por Bataille *et al.*, (2021), ao afirmar que a consciência humana tem efeito direto nos processos decisórios e seus impactos na ecologia.

O pensamento dos residentes tem um papel fundamental na construção de um ambiente urbano inteligente. Se as pessoas não estiverem abertas para adotar as transformações digitais ao seu redor, é improvável que alcancemos uma verdadeira cidade inteligente (Ahad *et al.*, 2020). Em complemento, Santos *et al.* (2018) denota que um dos grandes desafios da resolução de problemas complexos na sociedade são os mecanismos de cooperação, uma vez que o estado por si só enfrenta limitações na resolução de certas questões, sendo essencial a colaboração com diversos atores sociais que lidam diretamente com tais problemas.

Para Kiritat *et al.*, (2020), cidadãos inteligentes devem não apenas ser mentalmente abertos, mas também se adaptar facilmente a mudanças nas condições ambientais e ser criativos, uma vez que constituem o cerne das cidades inteligentes. Como cidadãos, as pessoas têm um papel vital em cada transformação urbana, pois são os construtores fundamentais da cidade. É essencial que questionem que tipo de cidade desejam participar na construção.

Na compreensão de Stratigea *et al.* (2015), a participação de cidadãos interessados nos processos urbanos poderá auxiliar na identificação de:

- **Problemas de planejamento:** a natureza e a extensão dos problemas, conforme percebidos pelas pessoas afetadas por eles;
- **Características da comunidade:** permitem que as soluções de planejamento considerem as particularidades do sistema social envolvido;
- **Contexto espacial:** observa as características territoriais da região em questão;
- **Metas, objetivos e alvos do planejamento:** refletem as prioridades do contexto de planejamento (tanto espacial quanto social);

- **Resultados potenciais do planejamento (planos):** estabelecem um processo orientado por uma visão para estruturar diferentes resultados de planejamento ajustados às circunstâncias locais;
- **Contexto de avaliação do planejamento:** define o contexto de avaliação (critérios e sua priorização) com base nas opiniões e visões dos participantes;
- **Opções de políticas:** identificam estratégias, caminhos de políticas e medidas adaptáveis localmente para implementar os resultados de planejamento preferidos;
- **Viabilidade dos resultados de planejamento propostos:** busca o consenso ou aceitação da comunidade em relação ao plano final.

A diversidade de capital humano, especialmente o estrangeiro, exerce uma influência direta nos processos de inovação urbana ao longo do tempo, evidenciando a importância de atrair talentos altamente qualificados para impulsionar e colaborar na transformação das cidades (Zhang, 2024).

A partir da compreensão do papel transformador do cidadão capacitado para com as demandas sociais e profissionais presentes nos grandes centros, evidencia-se que esses centros de governança urbana tem um forte interesse tanto em sua atração quanto em sua participação nas instâncias decisórias urbanas. Entretanto, para implementar com sucesso o projeto de cidade inteligente, é necessário um conjunto de profissionais bem qualificados e treinados, recurso ainda escasso nos ecossistemas de cidades inteligentes (Ahad *et al.*, 2020).

Na perspectiva de Kirimtat *et al.* (2020), as cidades inteligentes realizam a integração adequada do capital humano à infraestrutura física, social e tecnológica disponíveis em um ecossistema urbano. Isso se dá por meio da utilização de diversas ferramentas tecnológicas e do envolvimento dos cidadãos nos processos de aproveitamento do ambiente urbano.

2.1.3 Necessidades das cidades

Em contextos passados, Knight (1995) aponta a necessidade dos centros urbanos de lidar com o rápido crescimento populacional, oriundo da atividade industrial emergente dos diversos setores e modelos de produção da sociedade.

No período contemporâneo, observa-se um crescimento expressivo da industrialização e dos serviços modernos, especialmente aqueles voltados para setores intensivos em tecnologia e capital humano. Nesse contexto, as cidades passam por um acelerado processo de metropolização, enfrentando desafios relacionados à necessidade de expandir sua infraestrutura e incorporar tecnologias inovadoras para se consolidarem e competirem em um cenário global cada vez mais interconectado (Gonçalves *et al.*, 2023).

Goel *et al.* (2023) ilustram esses desafios ao destacarem problemas comuns em cidades metropolitanas, como a degradação ambiental e a crescente frustração urbana relacionada ao tráfego. Essas questões exercem constante pressão sobre pesquisadores, autoridades municipais e planejadores urbanos, incentivando o aprimoramento contínuo dos sistemas de gerenciamento de tráfego de forma mais segura e econômica. Os autores também comentam sobre os canteiros de obras, apontados como locais de alto risco, onde milhares de trabalhadores enfrentam ferimentos ou até mesmo fatalidades anualmente.

O rápido crescimento das estruturas e edificações, centrado principalmente nos ambientes urbanos, intensifica os desafios enfrentados pelas populações nas cidades. Problemas como congestionamento de tráfego, poluição ambiental e a deterioração da qualidade de vida dos residentes tornam-se cada vez mais evidentes, evidenciando a urgência de soluções sustentáveis e inteligentes para mitigar esses impactos (Wang *et al.*, 2020). Neste contexto, pode-se compreender que a crescente preocupação com o consumo adequado e sustentável desses recursos torna-se um tema para grande foco de discussão.

A crescente preocupação com a integridade dos ecossistemas críticos é comentada por Klopp e Petretta (2017), quando afirmam que mesmo as cidades tendo a capacidade de atender às necessidades econômicas e sociais, permanecem vorazes consumidoras de recursos e fontes significativas de poluição. Diante dessa realidade, a busca por soluções sustentáveis, que promovam a produtividade

econômica e a inclusão social, se torna crucial para enfrentar essa interligação complexa de problemas.

Como uma resposta às demandas da sociedade, Guo *et al.* (2019) afirmam que o movimento de instituições acadêmicas, empresariais e (inter)nacionais dedicadas à exploração e implementação de cidades mais inteligentes resultou em um aumento na produção literária sobre esse tema. Isso engloba um corpo de estudos em constante expansão não apenas em publicações acadêmicas, mas também em obras literárias e registros de eventos conferenciais.

Reia e Cruz (2023) identificam e destacam os principais atores responsáveis pela implementação do ecossistema de cidades inteligentes, que atuam e interagem em diferentes esferas, abrangendo os âmbitos local, regional e internacional.

- **Setor privado:** Empresas transnacionais, empresas brasileiras atuantes em licitações e PPPs, concessionárias, e consultorias nacionais e internacionais que oferecem produtos e serviços ao governo;
- **Setor público:** Governos federal, estadual e municipal (incluindo secretarias e ministérios), agências públicas, bancos de desenvolvimento, serviços públicos (como energia e saneamento), prefeituras e polos de inovação;
- **Sociedade civil:** ONGs, movimentos sociais e organizações comunitárias focadas em direitos digitais, direito à cidade, habitação e acesso a serviços públicos;
- **Academia:** Universidades e centros de pesquisa.

A participação ativa desses atores é impulsionada pelas intensas transformações da sociedade contemporânea, marcadas pelo avanço do sistema econômico global e das tecnologias. Esse cenário tem gerado uma pressão crescente sobre a infraestrutura urbana, exacerbada pelo aumento da urbanização. Nesse contexto, torna-se imprescindível o desenvolvimento e a implementação de soluções tecnológicas inovadoras para garantir o funcionamento e a compreensão das cidades frente a desafios cada vez mais complexos (Nizetic *et al.*, 2020).

Coccia e Watts (2020) argumentam que o avanço e a incorporação de tecnologias são influenciados por "decisões técnicas" que refletem as intenções econômicas, sociais e políticas. Paralelamente, Duque (2023) destaca a crescente preocupação de diversas cidades com a qualidade de vida de seus habitantes,

aprimoramento da infraestrutura, sistemas de transporte, áreas verdes e promoção de fontes de energia limpa. Ele observa que esses objetivos podem ser alcançados por meio da implementação de tecnologias capazes de coletar dados sobre a qualidade do ar, uso de recursos hídricos, transporte público e emissões de dióxido de carbono (CO₂).

2.1.4 Inovação em gestão de cidades

Particularmente dentro do âmbito das entidades públicas, a complexidade dos desafios emerge como um traço distintivo. O principal propósito da administração pública é satisfazer as demandas dos cidadãos (Santos *et al.*, 2018). Uma das questões mais desafiadoras na área de gestão da tecnologia em ambientes complexos é a busca por novas abordagens que possam esclarecer o papel e as interações informacionais dentro de sistemas tecnológicos complexos (Coccia; Watts, 2020).

O desenvolvimento de soluções transformadoras e inovadoras desempenha um papel crucial no fortalecimento das estruturas urbanas, na adaptação às crescentes demandas por serviços e na satisfação das expectativas crescentes dos cidadãos quanto à melhoria da qualidade de vida (Sharifi, 2020).

O uso de tecnologias voltadas para a medição de indicadores de monitoramento de cidades está cada vez mais difundido e se tornou de extrema importância para o monitoramento sistemático adequado das atividades urbanas em direção aos seus objetivos. Além disso, essas tecnologias são estrategicamente vantajosas no contexto de cidades inteligentes, uma vez que permitem a comunicação mútua sobre o progresso da cidade em relação aos seus objetivos (Huovila *et al.*, 2019).

As cidades inteligentes são vistas como espaços densamente construídos para complexos ecossistemas interconectados, que utilizam o poder dos dados e da tecnologia da informação para otimizar a infraestrutura, aprimorar os serviços e gerenciar os recursos de forma eficiente, possuindo o objetivo é promover um futuro urbano mais sustentável, habitável e resiliente, onde as necessidades da população sejam atendidas com maior inteligência e adaptabilidade (Kaššaj; Peráček, 2024).

Na visão de Wang *et al.* (2020, p. 2), ao comentarem sobre a utilidade das tecnologias para cidades inteligentes, afirmam:

As cidades inteligentes pretendem fazer pleno uso da tecnologia da informação da próxima geração para concretizar cidades altamente informalizadas. Geralmente inclui a intelectualização de serviços públicos, como transportes, educação, cuidados de saúde, eletricidade e turismo inteligente, agricultura e finanças.

Na visão de Guo *et al.* (2019), além da visão voltada às ferramentas tecnológicas urbanas, as cidades inteligentes possuem uma abordagem centrada nas pessoas, através de elementos culturais que propiciam uma vida de qualidade na sociedade, bem como sua formação como ativos humanos para auxiliarem no desenvolvimento e gestão da sociedade.

Para Castells (2020), o crescimento de conhecimentos e técnicas de gestão e de informação constrói uma relação de mútua dependência e interdependência, uma vez que a tecnologia favorece o agrupamento espacial das atividades e sua concentração como ponto analítico para compreender o que ocorre no ambiente urbano.

À medida que as cidades se tornam cada vez mais baseadas em inteligência e conhecimento acumulados, o crescimento tecnológico através das chamadas ferramentas de TIC começa a se evidenciar, como uma resposta às crescentes necessidades de velocidade em comunicação para trabalho com grandes volumes de dados e gerenciamento de grades de comunicação (Carrillo, 2015).

Nos últimos tempos, houve um aumento expressivo no volume de informações em todo o mundo. Essa grande quantidade de dados é referida como *Big Data* (BD). As características primárias do BD são geralmente definidas por cinco elementos: o volume dos dados, a sua variedade, a velocidade (indicando a frequência ou rapidez com que os dados são gerados e processados), a qualidade e o valor dos dados (relacionado aos benefícios decorrentes da análise e aplicação do BD) (Shokouhyar *et al.*, 2020).

Embora a tecnologia ofereça um suporte necessário para a disseminação de informações e acesso a elas pela população, bem como o auxílio na resolução de problemas complexos, esta não deve substituir o papel da pessoa no processo de planejamento e governança das cidades (Yigitcanlar, 2016; Gil *et al.*, 2019).

Os avanços rápidos em Inteligência Artificial (IA), infraestrutura da Internet das Coisas (IoT) e TIC estão causando perturbações em diversos aspectos da sociedade, com a expectativa de que esses avanços auxiliem as cidades a enfrentarem desafios socioeconômicos e ambientais, contribuindo para a realização dos ODS. Diante disso, governos em todo o mundo estão cada vez mais enxergando a criação de cidades inteligentes habilitadas por TIC como uma abordagem promissora para lidar com os desafios que enfrentam (Sharifi, 2020).

Dentro do domínio da IoT, emergem, de acordo com Duque (2023), quatro grandes áreas de extrema relevância, cada uma abordando uma série de desafios no contexto de cidades inteligentes, sendo as áreas:

- Cooperação Global através de modelos de negócios, padrões comuns de moedas e intercâmbios e mútua confiança;
- Ética, no que diz respeito ao processo de vigilância e monitoramento e controle da vida urbana como um todo;
- Desafios tecnológicos, devido à massificação da quantidade e disponibilidade de dados;
- Processos inovadores descentralizados e focados no planejamento estratégico e intenções de crescimento e evolução.

O avanço e aplicação de tecnologias inteligentes e baseadas em IoT têm possibilitado múltiplas potencialidades em progressos tecnológicos para diversas áreas da vida. O objetivo principal das tecnologias IoT é simplificar procedimentos em distintos domínios, visando uma eficiência superior dos sistemas (tecnológicos ou processos específicos) e, em última instância, aprimorar a qualidade de vida. A sustentabilidade emergiu como uma questão chave para a população, onde o crescimento dinâmico das tecnologias IoT oferece variadas vantagens proveitosas, porém essa rápida evolução precisa ser vigiada e avaliada atentamente do ponto de vista ambiental para conter possíveis impactos nocivos e assegurar a perspicaz utilização dos recursos globais limitados (Nizetic *et al.*, 2020).

Uma cidade inteligente baseada em IoT é estruturada em três camadas sucessivas (Salman; Hasar, 2023):

- **Camada de Dispositivos IoT:** Esta é a camada inicial, composta por dispositivos e sensores IoT que detectam o ambiente e coletam dados relevantes para o funcionamento da cidade;
- **Camada de Neblina (Fog Layer):** Servindo como uma camada de transição, essa etapa realiza a avaliação e o processamento preliminar dos dados coletados. É responsável por reduzir a latência e otimizar o fluxo de informações antes de enviá-las para a camada seguinte;
- **Camada de Nuvem (Cloud Layer):** Nesta camada, os dados processados são armazenados em servidores de instância, permitindo o gerenciamento de grandes volumes de informações e garantindo o suporte para análises e tomada de decisões.

A IoT evoluiu significativamente com o passar dos anos, permitindo a comunicação direta entre objetos físicos e dispositivos, ampliando as capacidades da internet para proporcionar interações mais integradas e fluidas nos contextos urbanos (Priyadarshi *et al.*, 2024). Gheisari *et al.* (2021) propuseram que a IoT pode ser utilizada para enfrentar diversos desafios enfrentados pelas cidades, por meio de metodologias direcionadas às cidades inteligentes.

2.2 CIDADES INTELIGENTES E CIDADES SUSTENTÁVEIS

No contexto contemporâneo, segundo Shafiri (2020), o conceito de cidade inteligente e sustentável tem ganhado relevância ao propor aplicações de soluções tecnológicas baseadas nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em diversos âmbitos socioeconômicos, institucionais e ambientais, visando não apenas aprimorar a qualidade de vida do cidadão, mas promover a sustentabilidade e a resiliência das áreas urbanas em um cenário de crescente interconexão entre as cidades.

A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes apresenta um conceito que ilustra o papel do desenvolvimento urbano inteligente para a melhoria da vida nas cidades (Brasil, 2024, p. 14):

São cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental

e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação.

Para Yigitcanlar *et al.* (2019), cidades inteligentes têm como finalidade promover a criação de ambientes constituídos de excelência, saudáveis e capazes de regeneração, modelados com base nos princípios da economia circular sustentável e com um efeito global benéfico no ecossistema natural. Assim, as cidades inteligentes têm o potencial de serem impulsionadoras de transformações urbanas que buscam a harmonia entre atividades humanas e o ecossistema, promovendo um ambiente construído sustentável e benéfico tanto para as pessoas como para a natureza.

Na compreensão de Wachsmuth e Angelo (2018), as cidades inteligentes e sustentáveis são entendidas como a fusão singular entre estratégias ambientais de alta tecnologia e intervenções tradicionalmente sustentáveis, como parques, jardins, além de abordagens verticais na estrutura e composição do ambiente urbano.

2.2.1 Cidades inteligentes

As cidades inteligentes são aquelas que incorporam tecnologia e inovação para aprimorar a qualidade de vida dos habitantes, visando um crescimento urbano sustentável. Esse conceito envolve a integração das tecnologias de informação e comunicação (TIC) com a infraestrutura urbana tradicional, coordenando e gerenciando a cidade por meio da tecnologia digital (Yigitcanlar *et al.*, 2020).

Na percepção de Bibri e Krogstie (2017), as cidades inteligentes podem ser caracterizadas em duas abordagens principais, sendo elas:

- Artefatos tecnológicos voltados para tornar as cidades mais inteligentes, cientes de seus recursos e responsivas aos eventos que ocorrem em seus domínios;
- Uma abordagem centrada em pessoas, que engloba elementos como engajamento social, educação, cultura, inovações, inclusão social, governança e patrimônio cultural.

No contexto do desenvolvimento das cidades inteligentes, várias perspectivas têm sido consideradas, incluindo coordenação, comunicação, acoplamento e integração de diferentes componentes urbanos. Conforme discutido por Guo *et al.* (2019) a cidade inteligente é concebida como um programa que busca a interconexão eficaz das infraestruturas e serviços urbanos. Isso requer não apenas avanços tecnológicos, como novos métodos de mineração de dados e análise de padrões, mas também transformações nas formas de organização e governança que assegurem uma conectividade justa e eficiente entre os setores previamente não interligados do ambiente urbano.

O termo teve sua origem na década de 1990, como uma resposta ao crescimento populacional americano e à utilização de ferramentas de Tecnologia de Informação e Comunicação para melhoria da infraestrutura urbana (Yigitcanlar *et al.*, 2019; Guimarães *et al.*, 2020). Neste momento da história, o conceito evoluiu de modo a abranger qualquer forma de inovação de base tecnológica no planejamento, desenvolvimento, operação e gestão inteligente de cidades (Yigitcanlar *et al.*, 2018). Na visão de Kaur *et al.* (2024), as cidades inteligentes são formadas com a integração do desenvolvimento sustentável com o aprimoramento da infraestrutura, por meio da aplicação de tecnologias de informação.

De modo a simplificar aspectos que sejam pertinentes à discussão da caracterização das cidades inteligentes, Ouafiq *et al.* (2022) indicam 6 elementos fundamentais na configuração das cidades inteligentes, sendo:

- Sistema de governança avançada com a transparência na troca de informações entre os cidadãos e os serviços públicos e de emergência (como polícia e bombeiros);
- Uma economia dinâmica que viabilize um fluxo eficaz de produtos, serviços e conhecimento dentro do âmbito urbano e entre diferentes cidades;
- A mobilidade inteligente como um sistema conectado, seguro e otimizado para gerenciar transportes, logística, estacionamentos e transporte coletivo;
- Um ambiente inovador para a gestão de recursos, que inclui dispositivos para armazenamento de energia, redução do consumo energético, administração do abastecimento, iluminação eficiente, adoção de energias renováveis e gestão de resíduos;

- Cidadãos instruídos com acesso à educação e formação através de TICs de ponta. Além disso, o acompanhamento do potencial criativo dos habitantes estimula a participação ativa na vida urbana;
- Um modo de vida inteligente que promova a melhoria da qualidade de vida, desenvolvimento de serviços de saúde aprimorados e infraestruturas expandidas e diversificadas, ampliando ainda os aspectos culturais e serviços oferecidos.

Segundo o mesmo autor, a aplicação de tecnologias voltadas à soluções de problemas urbanos tem como objetivo não apenas garantir a qualidade de vida dos cidadãos, mas também oferecer melhoras em suas condições de vida nas cidades.

Pinheiro *et al.* (2023) abordam o tema como um modelo de governança urbana responsável, voltado para atender às necessidades e melhorar a qualidade de vida da população em ambientes urbanos mais receptivos, sem comprometer os recursos e oportunidades das gerações futuras.

De modo a complementar a visão estruturada de Ouafiq *et al.* (2022), Yigitcanlar *et al.* (2018) apresentam oito campos de atuação e preocupação dos estudos das cidades inteligentes, conforme descrito na sequência:

- **Tecnologia:** Busca, em sua essência, a utilização de tecnologias modernas voltadas à promoção do desenvolvimento econômico e qualidade de vida, bem como o acompanhamento dos progressos e impactos das decisões tomadas através de indicadores de desempenho.
- **Economia:** Forte influenciador da popularidade dos conceitos de cidades inteligentes, sugerindo que tais políticas estão associadas a um melhor desempenho econômico urbano, sem esquecer da preocupação a respeito da inclusão de grupos socioeconomicamente inferiores.
- **Sociedade:** O processo de adoção de políticas voltadas às cidades inteligentes implica desafios sociais como exclusão e gentrificação, de modo que a população poderá resistir a novas medidas, sem sustentabilidade social ou inclusão das novas propostas às realidades locais da comunidade.
- **Ambiente:** Os projetos de cidades inteligentes enfrentam críticas por negligenciarem aspectos ambientais, pois, por diversas vezes, ignoram o

aspecto do meio ambiente nas decisões a serem tomadas, sendo necessário a inclusão ativa da comunidade para um desenvolvimento urbano sustentável.

- **Governança:** A governança no desenvolvimento de cidades inteligentes é frequentemente criticada quando é liderada pelo Estado de cima para baixo, com pouca participação pública. Faz-se necessária, assim, a criação de valor público em cidades inteligentes, sendo preciso novas formas de governança, promovendo a colaboração urbana inteligente e a participação em vez de seguir abordagens tradicionais.
- **Drivers:** A consolidação de cidades inteligentes ocorre através de impulsionadores como tecnologia, comunidade e política, de modo a tornar a vida urbana mais conveniente e segura. Esses “drivers” são peças fundamentais, e sua sinergia demonstrará a maturidade do processo de inteligência decisória.
- **Resultados:** O autor enfatiza a importância de alcançar resultados sustentáveis e equilibrados em termos econômicos, sociais, ambientais e de governança, destacando alguns pontos para o sucesso das cidades inteligentes:
 - i) Desenvolvimento econômico com foco em tecnologias adaptadas às necessidades locais, de modo a estimular o processo inovador;
 - ii) Desenvolvimento sociocultural que inclua segmentos desfavorecidos, promovendo assim a igualdade social;
 - iii) Desenvolvimento espacial sustentável, envolvendo práticas como redução de emissões de gases nocivos e agricultura urbana, garantindo assim sustentabilidade ecológica;
 - iv) Desenvolvimento institucional dinâmico, para melhor planejamento e gestão.
- **Lacunas:** Embora haja diversas teorias constituídas acerca das cidades inteligentes, faz-se necessário, segundo o autor, a constante avaliação dos paradigmas de planejamento urbano na era digital, de modo que possam refletir sobre a real definição e metodologia a ser aplicada ao conceito.

Com o intuito de padronizar e conduzir normas para o desenvolvimento inteligente do contexto de cidades, as normas ISO para cidades sustentáveis foram desenvolvidas pelo comitê *Sustainable Cities and Communities* e têm como foco orientar o desenvolvimento urbano sustentável. A ISO 37120:2018 concentra-se em indicadores tradicionais que medem o desempenho dos serviços urbanos e a qualidade de vida, fornecendo uma base abrangente para a avaliação de cidades em diversas dimensões. Já a ISO 37122:2019 complementa essa abordagem ao introduzir indicadores específicos para cidades inteligentes, destacando o uso de tecnologias inovadoras para aprimorar a eficiência e o impacto das ações urbanas (Huovila *et al.*, 2019; ISO, 2018; ISO, 2019).

A ISO 37122:2019 estabelece indicadores para avaliar o progresso das cidades em direção à inteligência, complementando a ISO 37120. Os indicadores da ISO 37122 são organizados em dezenove temas principais (Abreu; Marchiori, 2023; ISO, 2019):

- **Economia:** Indicadores que avaliam o ambiente econômico, incluindo inovação, empreendedorismo e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para impulsionar o crescimento econômico;
- **Educação:** Indicadores que medem a integração de tecnologias inteligentes no sistema educacional, como o uso de plataformas de e-learning e a disponibilidade de recursos digitais;
- **Energia:** Indicadores que monitoram a eficiência energética, o uso de fontes renováveis e variadas e a implementação de redes inteligentes de energia;
- **Meio Ambiente e Mudanças Climáticas:** Indicadores que avaliam o monitoramento ambiental, a gestão de recursos naturais e as iniciativas para mitigar as mudanças climáticas;
- **Finanças:** Indicadores que analisam a saúde financeira da cidade, incluindo a transparência fiscal e o uso de tecnologias para melhorar a gestão financeira;
- **Governança:** Indicadores que medem a eficácia da administração pública, a participação cidadã e a transparência governamental;

- **Saúde:** Indicadores que avaliam a qualidade dos serviços de saúde, o acesso a cuidados médicos e o uso de tecnologias para melhorar a saúde pública;
- **Habitação:** Indicadores que monitoram a disponibilidade de moradias, a qualidade habitacional e a integração de tecnologias inteligentes nas residências;
- **População e Condições Sociais:** Indicadores que analisam a demografia, a inclusão social e a qualidade de vida dos cidadãos;
- **Recreação:** Indicadores que avaliam a disponibilidade e o acesso a instalações recreativas e espaços verdes;
- **Segurança:** Indicadores que medem a eficácia dos serviços de segurança pública e a implementação de tecnologias para melhorar a segurança.
- **Resíduos Sólidos:** Indicadores que monitoram a gestão de resíduos, incluindo a coleta, reciclagem e disposição final;
- **Esporte e Cultura:** Indicadores que avaliam a promoção de atividades esportivas e culturais, bem como o acesso a essas atividades;
- **Telecomunicações:** Indicadores que medem a infraestrutura de telecomunicações, incluindo o acesso à internet e a cobertura de redes móveis;
- **Transporte:** Indicadores que analisam a eficiência dos sistemas de transporte, a mobilidade urbana e o uso de tecnologias inteligentes no transporte;
- **Agricultura Urbana e Segurança Alimentar:** Indicadores que monitoram a produção de alimentos nas áreas urbanas e a segurança alimentar da população;
- **Planejamento Urbano:** Indicadores que avaliam o uso do solo, o desenvolvimento urbano e a implementação de planos diretores;
- **Águas Residuais:** Indicadores que monitoram a coleta, tratamento e reutilização de águas residuais;
- **Água:** Indicadores que avaliam o acesso à água potável, a qualidade da água e a eficiência do sistema de distribuição.

2.2.2 Cidades sustentáveis

A sustentabilidade urbana é entendida como a capacidade de uma cidade funcionar de maneira eficaz nos âmbitos ambiental, social e econômico de forma integrada, assumindo um papel essencial na condução do desenvolvimento urbano, enfrentando desafios complexos e promovendo soluções sustentáveis (Veloso *et al.*, 2024).

Para Ouafiq *et al.* (2022), o desenvolvimento urbano possui algumas abordagens desejáveis a serem atendidas, tais como:

- Estímulo ao desenvolvimento econômico da cidade, incluindo a geração de empregos.
- Criação de um ambiente favorável para o surgimento de novos empreendimentos.
- Melhoria do nível educacional na cidade.
- Aumento da qualidade de vida urbana através do aprimoramento e manutenção de áreas verdes, melhorias nos serviços de saúde e assistência social, bem como a promoção de segurança nas ruas.
- Modernização e expansão da infraestrutura técnica e de tecnologia da informação na cidade.
- Expansão das opções de lazer na cidade e aprimoramento de sua atratividade turística.

Na percepção que as cidades são detentoras de grande influência e poder de exploração dos recursos dispostos nos ambientes, Harris e Ullman (1945, p.7) citam:

As cidades também são paradoxos. Seu rápido crescimento e grande tamanho testemunham sua superioridade como técnica de exploração da Terra, mas, devido ao seu próprio sucesso e conseqüente grande tamanho, frequentemente proporcionam um ambiente local inadequado para o ser humano.

Na compreensão de Yigitcanlar *et al.* (2019), as atividades humanas são deteriorantes para os habitats naturais em seu espaço geográfico, ocasionando a diminuição da composição de espécies nativas, perturbando sistemas hidrológicos e alterando drasticamente os diversos ciclos presentes no ecossistema. Entretanto, a construção do conceito de "cidade sustentável" é permeada por tensões provenientes de diversas fontes. Isso inclui a reorganização institucional das estruturas territoriais,

os poderes governamentais e os mecanismos regulatórios voltados à mitigação do impacto ambiental.

Com o objetivo de promover a ideia do desenvolvimento junto a uma matriz de objetivos, a ONU e seus estados membros elaboraram, na virada do século, os chamados ODM (Objetivos de Desenvolvimento do Milênio), tendo como objetivo, segundo o relato de Klopp e Petretta (2017):

- i) Erradicar a pobreza extrema e a fome;
- ii) Alcançar o ensino primário universal;
- iii) Promover a igualdade de gênero e empoderar as mulheres;
- iv) Reduzir a mortalidade materna e infantil;
- v) Melhorar a saúde materna;
- vi) Combater o HIV/SIDA, a malária e outras doenças
- vii) Assegurar a sustentabilidade ambiental;
- viii) Fomentar uma parceria global para o desenvolvimento.

Embora a criação dos ODM tenha visado a aplicação urbana, a Agenda 2030 das Nações Unidas, ao incluir os chamados ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), objetivou tornar as cidades e os assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, incluindo uma série de 17 metas a serem alcançadas, sendo elas (ONU, 2023):

Figura 9 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ONU (2023)

- **Objetivo 1:** Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
- **Objetivo 2:** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- **Objetivo 3:** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- **Objetivo 4:** Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- **Objetivo 5:** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas;
- **Objetivo 6:** Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;
- **Objetivo 7:** Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos;
- **Objetivo 8:** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos;
- **Objetivo 9:** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;

- **Objetivo 10:** Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
- **Objetivo 11:** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
- **Objetivo 12:** Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- **Objetivo 13:** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos;
- **Objetivo 14:** Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
- **Objetivo 15:** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade;
- **Objetivo 16:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis;
- **Objetivo 17:** Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Para Parnell (2016), pode-se identificar cinco formas pelas quais os ODS diferenciam dos ODM, a citar:

- i) Os objetivos são universais e se aplicam em todos os locais, não limitando-se a países carentes;
- ii) Há uma abordagem nas dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável;
- iii) Reconhece-se a necessidade de impulsionar a inovação tecnológica, de modo a criar melhores fontes de dados em diferentes escalas;
- iv) Entende-se que o desenvolvimento global é explicitamente ligado às finanças globais, reconhecendo a interconexão entre as esferas econômica e sustentável;
- v) Os ODS são os novos pioneiros, pois admitem que as cidades devem desempenhar os papéis para um crescente desenvolvimento sustentável.

A estrutura de avaliação dos ODS, conforme Fraisl *et al.* (2020), é estabelecida com base em uma metodologia global de disponibilização de dados. Cada indicador ODS é categorizado em três níveis para monitorar a implementação do indicador, de acordo com sua acessibilidade, sendo eles:

- Nível I – Com metodologias previamente estabelecidas e boa cobertura de dados;
- Nível II - Com metodologias acordadas, mas com falta de dados;
- Nível III – Inexistência de metodologia previamente acordada.

Nesse sentido, o autor reforça a necessidade da participação de governos subnacionais, nacionais, regionais e globais para garantir a “coerência vertical de políticas e ações” (Fraisl *et al.*, 2020, p. 1). A melhoria do monitoramento eficaz dos ODS demandará uma otimização mais abrangente e estratégica das novas fontes de dados disponíveis, juntamente com a aplicação de técnicas avançadas de análise de dados (Daquitan *et al.*, 2019). Este aprimoramento é fundamental para uma avaliação mais precisa e abrangente do progresso em relação aos ODS, permitindo respostas mais ágeis e direcionadas para alcançar metas específicas de sustentabilidade (Fraisl *et al.*, 2020).

Assim, percebe-se uma preocupação contínua por parte de governos nacionais e internacionais em estabelecer políticas e práticas sustentáveis e inteligentes para a gestão eficiente de seus recursos. A governança inteligente, nesse contexto, utiliza tecnologias digitais e estratégias orientadas por dados para aprimorar a eficiência, a transparência e a capacidade de resposta dos serviços públicos, além de incentivar uma maior participação cidadã nos processos decisórios (Veloso *et al.*, 2024).

2.3 DESENVOLVIMENTO BASEADO EM CONHECIMENTO

O conhecimento tem se consolidado como um dos principais motores para o desenvolvimento e a prosperidade econômica, estreitamente vinculado aos cenários sociais e tecnológicos que facilitam sua produção e comunicação. No contexto contemporâneo, as cidades desempenham um papel central nesse processo, atuando como epicentros de produção, comercialização e troca de conhecimento, reforçando

sua relevância como espaços estratégicos para a inovação e o progresso socioeconômico (Edvardsson *et al.*, 2016). O entendimento sobre o processo relacional entre conhecimento e cidades é associado a evoluções inovadoras de capacidades tecnológicas, culturais, acadêmicas e científicas, com o objetivo de promover o crescimento econômico (Carrillo, 2015).

Para melhorar o desempenho econômico, sustentável e ambiental, Shokouhyar *et al.* (2020) afirmam que a análise preditiva contribui de forma positiva para o desenvolvimento. Assim, a construção do conhecimento empírico e científico ocorre por meio da disponibilidade dos recursos informacionais (Duque, 2023).

Para Knight (1995), o desenvolvimento baseado em conhecimento concentra-se na transformação de recursos de conhecimento em recursos locais, para fornecer bases para o desenvolvimento sustentável, buscando também o fortalecimento dos aspectos de base cultural da cidade como fundamento para o fortalecimento das bases de conhecimento.

Neste cenário, fez-se necessária a compreensão de como ocorre o processo de integração entre o conhecimento e seus processos de criação para a geração de desenvolvimento. Essa teoria foi chamada de *knowledge based development* (KDB) (Carrillo, 2014), atribuída inicialmente com foco na gestão econômica e inovação industrial, em meados da década de 1990, iniciou-se sua atribuição ao desenvolvimento de cidades, definindo a partir dele os processos de transformação dos recursos do conhecimento em desenvolvimento local (KNIGHT, 1995).

Para Knight (1995), uma sociedade mais aberta e baseada em conhecimento deve se preocupar com a integridade dos recursos de conhecimento e a habilidade dos lugares onde tais recursos existem e de como são utilizados, de modo que seja possível sua correta e plena exploração pelos entes envolvidos. Para Carrillo (2015, p.3), “o KDB tem como objetivo retratar e desenvolver a vida urbana, partindo de uma perspectiva de valor holística, onde todos os fatores de vida sustentáveis e equitativos são devidamente considerados”.

O advento da sociedade do conhecimento, juntamente com os movimentos voltados para a gestão do conhecimento, constitui um alicerce fundamental para diversas perspectivas na evolução do campo do Desenvolvimento Baseado em Conhecimento (DBC). Nesse contexto, o tema das medições de DBC tem progredido significativamente, focando na criação de métodos e métricas de avaliação

amplamente aceitos, integrados à agenda de pesquisa das cidades do conhecimento (Fachinelli *et al.*, 2017).

É importante destacar, ainda, que o componente conhecimento nas atividades que envolvem os processos de KBD não se configura em termos de conteúdo e fluxos de conhecimento. Além disso, é preciso adotar três condições necessárias e suficientes para que eventos sejam considerados produtos do conhecimento (Carrillo, 1998):

- A primeira condição se refere ao objeto do conhecimento, ou seja, aquilo que é conhecido;
- A segunda trata propriamente do agente que age e que conhece a informação;
- A terceira condição refere-se ao contexto do conhecimento, ou seja, suas referências axiológicas que fornecem importância econômica e cultural para aquele conhecimento.

2.3.1 Sistemas de Capitais

Sistemas de capitais são definidos como a estrutura de valor inerente a um sistema de conhecimento. Essa abordagem permite que uma organização ou entidade reconheça e identifique os recursos necessários para a geração de valor, organizando e categorizando seus elementos que geram valor, permitindo a identificação e alinhamento desses recursos com o objetivo de promover o desenvolvimento (Carrillo, 2002).

No contexto das cidades e sociedades baseadas em conhecimento, essa abordagem facilita a integração de indicadores que medem dimensões como desenvolvimento econômico, qualidade de vida, inovação técnica e científica. Assim, os sistemas de capitais não apenas promovem uma visão instrumental e estratégica, mas também habilitam a construção de estruturas de valor capazes de sustentar o crescimento em múltiplos níveis sociais e econômicos (Fachinelli *et al.*, 2015).

A seguir, serão apresentadas as estruturas e dimensões que dimensionam os sistemas de capitais (Carrillo, 2014):

- **Financeiro:** Baseado no reconhecimento e na identificação de recursos capazes de gerar valor, sendo tradicionalmente associado a contas

monetárias, representando apenas uma parte de todos os valores que compõem uma entidade, abrangendo tanto elementos tangíveis quanto intangíveis. O capital financeiro desempenha um papel articulador, funcionando como o elemento de valor que permite o intercâmbio entre outros capitais. Essa característica o torna essencial para interligar e mobilizar recursos dentro de uma organização ou sociedade, pois sustenta os processos econômicos e possibilita o desenvolvimento e a otimização de outros capitais, como o humano, o intelectual e o social;

- **Humano Individual:** Refere-se ao conjunto de conhecimentos, habilidades e competências úteis intrínsecas à pessoa, desenvolvidos ao longo de sua trajetória educacional e experiência prática. Esses conhecimentos são adquiridos por meio de indicadores como educação formal, produtividade associada à formação recebida e habilidades desenvolvidas ao longo da vida;
- **Humano Coletivo:** Emerge da agregação e integração do capital humano individual em um ambiente organizacional ou social. Ele se manifesta na forma de conhecimentos compartilhados e colaborativos que facilitam a melhoria da atividade econômica e o progresso organizacional ou comunitário. Esse capital é mais do que a soma dos indivíduos, pois depende de interações e dinâmicas coletivas, que ampliam sua capacidade de gerar valor;
- **Identidade:** Reflete a capacidade de um indivíduo ou organização de lidar com sua essência, fundamentada na consciência individual e coletiva. Esse conceito abrange dimensões essenciais como autoconceito, identidade cultural, étnica, nacional e de gênero, além de interações sociais, apoio entre pares, família e identidade coletiva;
- **Instrumental Intangível:** Consiste em recursos geradores de valor que não possuem características físicas, sendo definidos como ativos identificáveis sem aparência material. Esse tipo de capital inclui elementos como programas de software, patentes, licenças de produção, carteiras de clientes, capital humano, inovação, processos internos não patenteados, capital intelectual e amortizações;

- **Instrumental Tangível:** Refere-se aos elementos físicos que possuem características materiais. Tradicionalmente, este tipo de capital abrange bens materiais adquiridos utilizados em processos diversos, como máquinas, veículos, móveis, prédios e terrenos. Esses ativos, por sua natureza tangível, são identificáveis e mensuráveis, podendo ser tocados e diretamente relacionados ao seu valor produzido;
- **Inteligência:** É a integração de enfoques multidisciplinares nos três domínios sociais: individual, organizacional e social e referindo-se à capacidade de tomar decisões eficazes. Ele representa a conciliação de elementos de valor, destacando como a inteligência humana pode cooperar para aprimorar a inteligência organizacional e social. Este tipo de capital busca unificar os diversos conceitos de inteligência, acumulando seus efeitos em diferentes níveis. No nível individual, ele potencializa habilidades cognitivas e decisões pessoais; no organizacional, promove a eficiência e a inovação; e, no social, contribui para a coesão e o progresso das sociedades;
- **Relacional:** Utilizado para compreender e descrever as relações estabelecidas entre diferentes agentes. Ele abrange elementos como confiança, normas, compromissos mútuos, compartilhamento de valores, força dos laços sociais e troca de informações, sendo uma ferramenta fundamental na criação de conhecimento e obtenção de vantagens competitivas. É amplamente aplicado no estudo de alianças estratégicas, desde a criação de valor e proteção de ativos até a transferência de conhecimento tácito e explícito, além de analisar o papel da reputação corporativa no desempenho organizacional.

2.4 INDICADORES DE MONITORAMENTO DE CIDADES

Nos últimos anos, termos como 'cenários', 'planejamento de cenários', 'cenários alternativos', 'método de cenário', 'técnica de cenário', 'planejamento baseado em cenários', 'análise de cenários' e 'aprendizado com cenários' têm sido amplamente empregados em diversos campos, abrangendo tanto setores públicos quanto privados, desde escalas locais até níveis nacionais e globais. Esses termos

têm sido usados para criar perspectivas alternativas no planejamento e para a tomada de decisões mais acertadas (Perveen *et al.*, 2017).

Os indicadores podem ser compreendidos como medidas que combinam análises quantitativas e qualitativas descritivas, viabilizando a obtenção de informações sobre um determinado fenômeno, desempenhando a função principal de quantificar, simplificar e comunicar esses fenômenos (ISO, 2018).

Desse modo, podemos dividir os indicadores em diversas tipologias, segundo Huoliva *et al.* (2019):

- **Indicadores de Entrada:** Esses indicadores se referem aos recursos necessários para a realização das ações planejadas. Eles medem aspectos como quantidade, qualidade e pontualidade dos recursos empregados. Por exemplo, políticas, recursos humanos, materiais e recursos financeiros são exemplos de indicadores de entrada;
- **Indicadores de Processo:** Nessa categoria, os indicadores têm o propósito de verificar se as atividades planejadas foram devidamente executadas. Isso inclui a realização de reuniões, cursos de treinamento e a distribuição de medidores inteligentes. Tais indicadores evidenciam se as ações foram concretizadas conforme planejado;
- **Indicadores de Saída:** Os indicadores de saída fornecem detalhes específicos sobre os produtos ou resultados imediatos das atividades realizadas. Eles se referem àquilo que é produzido pelas ações. Por exemplo, podem incluir informações como o número de medidores inteligentes distribuídos, a área de telhado isolada ou a quantidade de ônibus elétricos em operação no sistema;
- **Indicadores de Resultado:** Os indicadores de resultado medem os resultados intermediários que surgem a partir das saídas das atividades. Eles estão mais diretamente ligados aos objetivos das intervenções, avaliando aspectos de quantidade e qualidade das ações implementadas. Muitas vezes, esses indicadores são utilizados para medir até que ponto a população-alvo foi alcançada, como, por exemplo, a porcentagem de proprietários de carros que utilizam um aplicativo de estacionamento;
- **Indicadores de Impacto:** Os indicadores de impacto medem o estado de realização de uma meta estabelecida para a cidade, relacionada ao

impacto de políticas ou ações implementadas. Eles são utilizados para avaliar os efeitos de longo prazo, como o consumo de energia da cidade. Além disso, esses indicadores são ferramentas para avaliar os impactos de sustentabilidade resultantes de soluções inteligentes e inovadoras.

Com o aumento significativo de projetos e iniciativas relacionados a cidades inteligentes, surge um interesse cada vez maior no desenvolvimento e implementação de indicadores, a fim de monitorar e avaliar seu progresso e o impacto de políticas e decisões públicas ao longo do tempo, bem como abordar eventuais deficiências a serem corrigidas (Sharifi, 2020).

Muitos centros urbanos tradicionais têm se mostrado ineficazes e insuficientes para atender às demandas crescentes de suas populações, falhando em abordar desafios relacionados à melhoria da qualidade de vida, sustentabilidade, segurança, eficiência no transporte e saúde. O nível de investimento em uma cidade é um reflexo direto de sua disposição em aprimorar serviços e enfrentar os desafios contemporâneos. Cidades que negligenciam sua infraestrutura interna tendem a ficar à margem do conceito de cidades inteligentes, enquanto aquelas que continuamente otimizam sua infraestrutura se destacam como exemplos de inteligência urbana (Rayash; Dincer, 2024).

Na visão de Abreu e Marchiori (2023), o grau de inteligência de uma cidade pode ser definido por meio da utilização de um sistema de indicadores que permitam demonstrar os pontos fortes e fracos, bem como apontar melhorias a serem realizadas. Na concepção de cidades, a utilização de indicadores será útil, de acordo com Huovila *et al.* (2019, p.142), “para definir metas mensuráveis e monitorizar o progresso em direção a seus objetivos”.

Os indicadores municipais têm um papel crucial ao auxiliar as cidades na definição de metas e no acompanhamento do desempenho ao longo do tempo (Huovila *et al.*, 2019). Deve-se apontar, entretanto, que a presença significativa de atividades informais pode levar à ausência de muitos dados que fomentam a base das estatísticas nacionais. Isso pode resultar na tendência dos indicadores em favorecer a formalidade e excluir a informalidade predominante, o que por sua vez pode distorcer os dados (Klopp; Petretta, 2017).

Do ponto de vista político, um dos desafios da implementação de cidades inteligentes é a alocação de poder de decisão entre diferentes atores envolvidos. Uma

possível solução é institucionalizar o processo de planejamento estratégico e gestão das dimensões da cidade inteligente em um departamento dedicado dentro da administração municipal (Zanella *et al.*, 2014).

O processo decisório nas cidades inteligentes se baseia na busca por serviços mais eficientes e eficazes, considerando fatores como melhorias na qualidade de vida dos cidadãos, redução de custos em infraestrutura, aprimoramento da qualidade dos edifícios, conservação de energia, aspectos ambientais, sociais, educacionais e de segurança. A crescente conexão dessas cidades com a IoT visa justamente atender a esses objetivos, representando uma transformação impulsionada pela necessidade de oferecer um ambiente urbano mais sustentável e funcional (Duque, 2023, p. 280).

Nesse contexto, tecnologias baseadas em IoT têm se mostrado ferramentas eficazes para o monitoramento e controle de diversos componentes da infraestrutura urbana. Ao fornecer dados em tempo real sobre as ações, essas tecnologias não apenas ajudam a identificar pontos críticos, mas também promovem mudanças comportamentais, incentivando as pessoas a minimizar ou evitar práticas prejudiciais ao meio ambiente (Salman; Hasar, 2023).

Certos pesquisadores destacaram a análise de dados provenientes de monitoramentos urbanos como uma estratégia poderosa para gerar vantagens competitivas, considerando-a o ponto crucial na tomada de decisões e a principal fonte de responsabilidade (Shokouyar *et al.*, 2020).

Nos centros urbanos impulsionados pelo conhecimento, é crucial que os habitantes se conectem e comuniquem entre si, facilitando a troca de experiências sociais online essenciais e comuns, além de compartilhar o espaço físico com os usuários. Nesse contexto, indivíduos perspicazes não apenas interagem entre si por meio de serviços, mas também fornecem dados fundamentais para esses mesmos serviços (Kirimat *et al.*, 2020).

A expansão massiva de dados demanda a disponibilização de aplicações para IoT e Cidades Inteligentes, visando armazenar informações em bases de dados e *Data Warehouse* (DW) de maneira segura e organizada. Isso possibilita a geração de conhecimento empírico e científico por meio de profissionais capazes de analisar dados via metodologias como *Business Intelligence*, permitindo a extração e compreensão de informações relevantes para embasar processos decisórios (Duque, 2023).

Esses profissionais oferecerão enormes vantagens para a adoção de processos de análise baseados em metodologias de cidades inteligentes, que oferecem uma melhora significativa não só dos processos decisórios, mas da participação da população em tal processo, gerando aumento de transparência e credibilidade na gestão (Gil *et al.*, 2019). Entretanto, a governança inteligente precisa ser capaz de realizar a correta integração de tais metodologias, ao considerar diversos atores envolvidos nos processos de tomada de decisão (Guimarães *et al.*, 2020).

No contexto do uso de dados urbanos em diversas escalas temporais e espaciais, a fusão de dados em tempo real com fontes mais tradicionais é necessária para ações estratégicas de planejamento e decisão a longo prazo, que são fundamentais para lidar com problemas rotineiros e soluções (Batty *et al.*, 2012).

Na era da economia global do conhecimento, altamente competitiva, as cidades e seus governos enfrentam uma necessidade crescente de monitorar de perto o progresso e as realizações de seus concorrentes (Edvardsson *et al.*, 2016).

O Governo Federal, através de seu Ministério do Desenvolvimento Regional destaca ser importante estabelecer sistemas de governança e publicidade de dados e tecnologias que assegurem transparência, segurança e privacidade no contexto da transformação digital. Políticas públicas e conectividade, embora fundamentais, não são suficientes para garantir equidade de oportunidades, pois é necessário considerar as diferentes realidades e necessidades de todas as pessoas. A criação de sistemas adequados de governança de dados e TICs (tecnologias de informação e comunicação) permite integrar infraestrutura, ferramentas e soluções digitais de forma eficiente no desenvolvimento urbano, promovendo a inclusão e o progresso de todas as cidades. Esses sistemas tornam-se essenciais para alinhar os avanços tecnológicos às demandas sociais, garantindo um crescimento sustentável e equitativo (Brasil, 2024).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A percepção de Michel (2015) e Matias-Pereira (2019) aponta que o processo de construção metodológica identifica o modo de condução e desenvolvimento da pesquisa como um todo, de forma a fornecer ao leitor da produção acadêmica informações sobre os passos, etapas, técnicas e métodos aplicados, de modo a colaborar com o atendimento dos objetivos propostos, sendo a colaboração entre a demonstração e a experimentação o processo de interação entre ciência e tecnologia.

Este estudo possui também uma estruturação bibliográfica exploratória, buscando compreender relatos e registros, desenvolvidos por estudiosos e cientistas engajados com o tema desenvolvido e com o problema de pesquisa, auxiliando na definição de objetivos, levantando as informações pertinentes sobre o assunto/objeto de estudo (Michel, 2015).

A teoria apresentada no estudo servirá como fundamento para a construção do método *Design Science Research* (DSR), um método de pesquisa operacional que tem como objetivo desenvolver artefatos capazes de analisar situações práticas, promovendo uma aproximação efetiva entre teoria e prática, conforme descrito por Santos *et al.* (2018).

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa tem como objetivo desenvolver um artefato utilizando o método *Design Science Research* (DSR), surgido nos anos 90 na área de sistemas de informação. O objetivo principal desse método é criar artefatos que atendam a um propósito específico dentro de um determinado contexto a ser explorado (Weigand *et al.*, 2021). A DSR é um método voltado à operacionalização da pesquisa científica, que visa construir artefatos que permitam a análise de situações que aproximam a teoria e a prática, de acordo com Santos *et al.* (2018).

A relevância do conhecimento produzido e a tensão entre teoria e prática demandam um novo enfoque nas pesquisas, direcionado ao desenvolvimento de artefatos que ofereçam soluções mais eficazes para problemas concretos (Lacerda *et al.*, 2013). Nesse cenário, a pesquisa delineada está ancorada no DSR, com foco na criação de um artefato voltado para solucionar problemas práticos, destacando sua

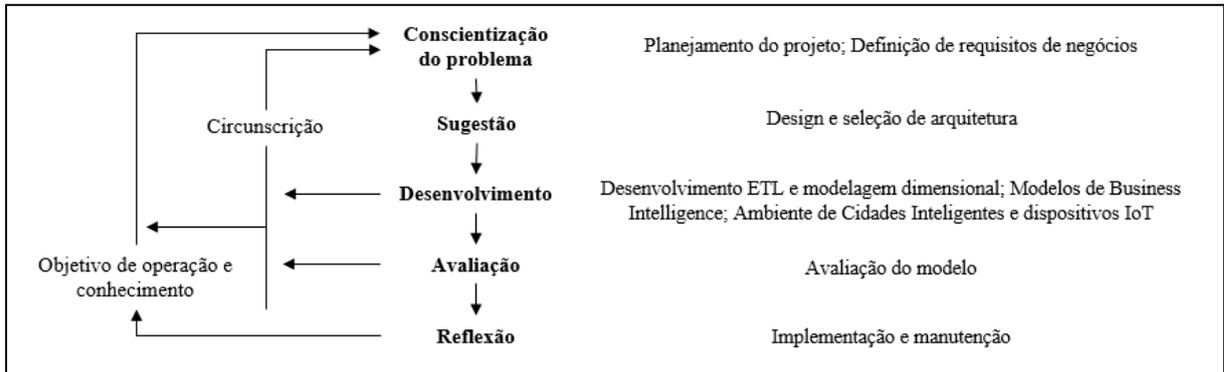
utilidade e aplicabilidade no contexto das cidades inteligentes. O DSR é uma abordagem interdisciplinar que busca reduzir a lacuna entre teoria e prática, oferecendo soluções inovadoras por meio de um processo iterativo e reflexivo que abrange o planejamento do projeto, a seleção de arquitetura, modelagem, avaliação e manutenção do modelo. A aplicação do DSR neste estudo orienta-se para a construção de um artefato capaz de integrar dados abertos e aferir indicadores urbanos, demonstrando a interseção entre teoria e aplicação prática, enquanto contribui para desafios reais na gestão urbana.

A entrada de dados para o artefato será por meio de dados secundários públicos disponibilizados pelo Governo Federal. Esse conjunto de dados serviu como uma base sólida para a alimentação do modelo, permitindo uma análise robusta e representativa das variáveis urbanas. A confiabilidade e a relevância de dados públicos são essenciais para assegurar a precisão dos resultados e a validade das conclusões obtidas por meio do artefato DSR.

A plataforma escolhida para a implementação e visualização dos dados é o Microsoft Power BI, uma ferramenta de análise de negócios da Microsoft que permite a transformação de dados brutos em informações significativas por meio de *dashboards* interativos e relatórios analíticos. O Microsoft Power BI será utilizado para realizar o processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento), além de facilitar a modelagem dimensional, a avaliação e a manutenção do modelo. Com sua capacidade de visualização avançada e funcionalidade analítica, o Microsoft Power BI é uma ferramenta adequada para realizar a DSR, suportando a pesquisa com *insights* operacionais e estratégicos para a gestão de cidades inteligentes.

Segundo Duque (2023), o sucesso da DSR engloba a compreensão de seus estágios, desde a identificação do problema até o resultado. O autor identifica cinco fases no ciclo de produção da DSR voltado para o estudo das cidades inteligentes, conforme mostrado na Figura 10. As fases são:

Figura 10 - Metodologia de *Design Science Research* aplicada



Fonte: Duque (2023)

- i. Planejamento do projeto: A primeira etapa envolve um planejamento meticuloso, com tarefas contínuas e controladas, visando atingir os objetivos estabelecidos e garantir a realização dos requisitos selecionados;
- ii. Design e seleção da arquitetura: Nessa fase, o foco está na definição e integração das diversas tecnologias envolvidas na construção do artefato, ligadas à arquitetura do sistema;
- iii. Desenvolvimento ETL e modelagem dimensional: Essa etapa desenvolve a modelagem nos bancos de dados para assegurar a correta relação entre tabelas e dados. Ela envolve um processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento) para limpar e transformar os dados estudados;
- iv. Avaliação do modelo: A avaliação do modelo é fundamental como ponto de partida na análise dos dados e na exposição dos resultados, garantindo a adequada compreensão;
- v. Implementação e manutenção: A etapa de manutenção desempenha um papel crucial no projeto a longo prazo, abordando todos os possíveis riscos e atendendo às necessidades de correção ou aprimoramento que possam surgir ao longo do tempo.

O conhecimento resultante dos fundamentos da DSR também contribui para o progresso da pesquisa baseada em conhecimento. As pesquisas direcionadas a esse tipo de conhecimento têm como objetivo solucionar problemas complexos e

pertinentes, levando em conta o contexto no qual seus resultados serão aplicados (Lacerda *et al.*, 2013; Drechsler; Hevner, 2018).

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

O processo de coleta de dados segue etapas bem definidas, começando pela identificação dos conjuntos de dados mais relevantes ao escopo da pesquisa. Essa etapa é essencial, pois conecta a discussão ao ambiente da vida real, reforçando as hipóteses e construções teóricas desenvolvidas ao longo do estudo, com base em ocorrências e práticas aplicáveis (Michel, 2015).

A coleta de dados é um estágio fundamental no desenvolvimento de qualquer pesquisa, especialmente quando se busca utilizar informações provenientes de fontes confiáveis e abrangentes. Segundo Flick (2012), diversas instituições realizam a coleta de dados com o objetivo de fomentar a pesquisa e promover a participação ativa da sociedade no processo de avaliação e publicidade de dados públicos. Nesse contexto, a riqueza e a credibilidade dos dados disponibilizados em repositórios oficiais do governo tornam-se indispensáveis, oferecendo uma base sólida para embasar estudos acadêmicos e análises criteriosas sobre diferentes aspectos socioeconômicos do Brasil.

Considerando essa relevância, o processo de coleta de dados para este projeto foi realizado por meio da catalogação e localização de informações que abrangem o contexto urbano em todo o território nacional. Para isso, foram escolhidos 12 repositórios e agências de pesquisa da administração federal brasileira com base na disponibilidade de dados nas bases oficiais, representando fontes confiáveis e abrangentes para a construção de um estudo robusto e bem fundamentado.

- **ANATEL** (Agência Nacional de Telecomunicações): Entidade autárquica vinculada ao Ministério das Comunicações, atua como agência reguladora com foco no desenvolvimento das telecomunicações no Brasil (ANATEL, 2024);
- **BACEN** (Banco Central do Brasil): Autarquia de natureza especial responsável pela formulação e manutenção das políticas monetárias e de crédito no Brasil, assegurando a solidez e eficiência do sistema financeiro nacional (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024);

- **CAGED** (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados): Criado como um registro permanente de admissões e desligamentos de empregados, é utilizado para a conferência de dados relacionados a vínculos trabalhistas (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2024);
- **COMEXSTAT**: Sistema voltado para a análise e extração de informações relacionadas ao comércio exterior brasileiro de bens, mantido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (COMEXSTAT, 2024);
- **DATASUS** (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde): Criado para desenvolver e promover sistemas que auxiliam o Ministério da Saúde na construção e no fortalecimento do SUS (DATASUS, 2024);
- **DENATRAN** (Departamento Nacional de Trânsito): Órgão do Governo Federal responsável pela regulamentação e fiscalização de questões relacionadas ao trânsito de veículos e condutores no Brasil (DENATRAN, 2024);
- **IBGE** (Instituto Brasileiro de Geometria e Estatística): Constituído como o principal provedor de dados e informações do país, que atendem às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil (IBGE, 2024), oferecendo uma visão ampla e atual do país. Conta com 27 superintendências, 27 sessões de disseminação de informações e 556 agências de coleta de dados espalhadas pelo país (IBGE, 2024);
- **INEP** (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira): Órgão federal vinculado ao Ministério da Educação, responsável por produzir estudos e pesquisas voltados à área educacional, servindo como subsídio para a formulação de políticas públicas em âmbito nacional (INEP, 2024);
- **IPEA** (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada): Fundação pública federal vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, dedica-se a atividades de pesquisa voltadas à compreensão econômica e ao suporte à formulação de políticas públicas e programas de desenvolvimento nacional (IPEA, 2024);
- **SICONFI** (Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro): Sistema mantido pela Secretaria do Tesouro Nacional,

destinado à coleta e recebimento de dados contábeis, financeiros e estatísticos das diversas unidades territoriais do país, como municípios, estados, Distrito Federal e União (SICONFI, 2024);

- **SISMIGRA** (Sistema de Registro Nacional Migratório): Registro administrativo da Polícia Federal utilizado para o cadastro e emissão do Registro Nacional Migratório, acumulando informações detalhadas sobre o perfil dos imigrantes no Brasil (Ministério Da Justiça e Segurança Pública, 2024);
- **SNIS** (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento): Unidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, responsável por reunir informações e dados sobre a qualidade da prestação dos serviços de saneamento básico em todo o território nacional (SNIS, 2024).

A escolha de bases de dados oficiais do Governo Federal como fonte para a coleta de dados nesta dissertação é fundamentada em sua extensiva cobertura de informações demográficas, econômicas, geográficas e socioambientais. Essa amplitude de dados permite uma análise multidimensional e detalhada, essencial para compreender os elementos que permeiam o tema em questão.

3.3 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS

A etapa de análise dos dados coletados ocorreu por meio da construção de indicadores baseados nas teorias de cidades inteligentes, sustentáveis e a partir do desenvolvimento baseado em conhecimento. Para esse estudo, optou-se pela construção de um artefato por meio da ferramenta Microsoft Power BI, uma ferramenta baseada na metodologia de *business intelligence*.

Inicialmente, foi necessário compreender a natureza e a estrutura dos dados disponíveis, incluindo suas dimensões, formatos e relações entre diferentes conjuntos de dados. A coleta desses dados é essencial para garantir a confiabilidade e a representatividade das informações utilizadas. Esse processo envolveu uma fase de pré-processamento, onde os dados passam por etapas de ETL (*Extract, Transform, Load*) sendo integrados e transformados em um formato compatível com a ferramenta

de visualização, assegurando a precisão e a consistência necessárias para uma análise eficaz.

Em seguida, a etapa de modelagem e construção do dashboard no Microsoft Power BI ocorreu a partir das premissas das teorias anteriormente citadas. Os dados coletados foram então trabalhados e transformados em indicadores, painéis e visuais, considerando a relevância das informações e a interatividade do projeto.

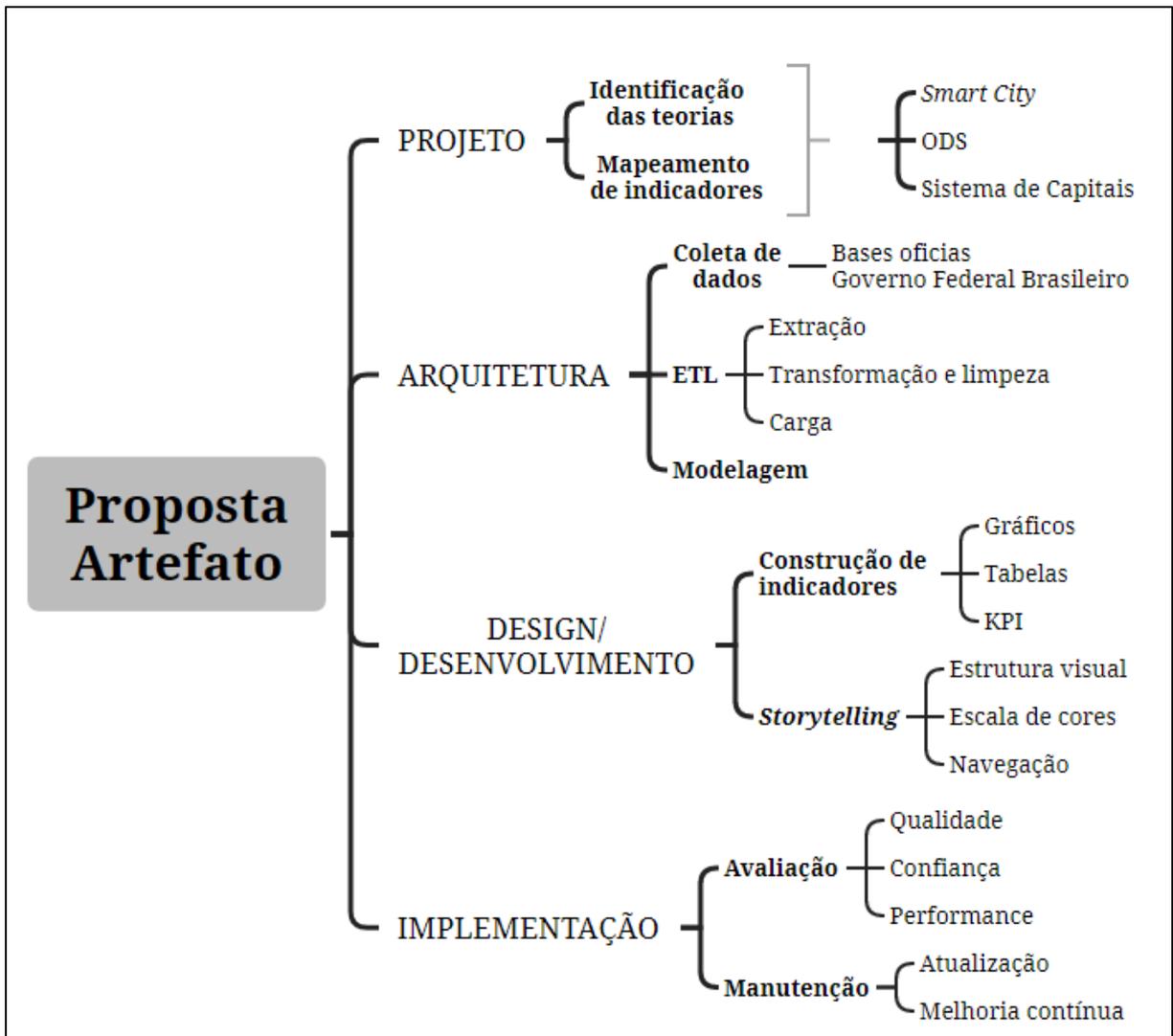
Por fim, o artefato ficou pronto para ser utilizado como uma ferramenta capaz de contextualizar os indicadores gerados em visões relacionadas às teorias e conceitos estudados nesta dissertação, em diversas escalas regionais, oferecendo subsídios decisórios e uma visualização ampla desses indicadores.

3.4 PROTOCOLO DE PESQUISA

O protocolo de pesquisa visou desenvolver e validar um artefato tecnológico para integrar dados abertos e avaliar indicadores urbanos. A pesquisa começou com a identificação de teorias relevantes às cidades inteligentes e o mapeamento de indicadores. Após a coleta de dados, procedimentos de ETL foram aplicados para assegurar a qualidade dos dados. Na fase de *design* e desenvolvimento, indicadores foram construídos e interfaces desenvolvidas para facilitar a interpretação dos dados. A implementação do artefato é avaliada por critérios de qualidade, confiabilidade e performance, sustentando a utilidade e importância do artefato na gestão urbana com foco em sustentabilidade e eficiência.

O artefato proposto é fundamentado no esquema apresentado por Duque (2023), ilustrado na Figura 10, no qual são sugeridas novas etapas e modificações em etapas já existentes. Essas adaptações foram realizadas com o objetivo de estruturar uma proposta alinhada às necessidades específicas deste projeto, conforme detalhado na Figura 11.

Figura 11 - Proposta de artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A etapa de projeto abrange desde a compreensão e identificação das teorias relevantes até o mapeamento dos indicadores, garantindo que o projeto seja sustentado por uma base teórica sólida e consistente. Esse processo inclui:

- **Identificação das Teorias:** Etapa de identificação das teorias relevantes ao contexto do projeto. Isso envolve a pesquisa e a seleção das teorias que embasarão a análise dos dados;
- **Mapeamento de Indicadores:** Em seguida, realizou-se o mapeamento dos indicadores oriundos das teorias encontradas, para, assim, realizar a correta alocação dos dados.

A etapa de arquitetura esteve focada na coleta e tratamento dos dados que foram utilizados para construir o artefato. Essa etapa engloba:

- **Coleta de Dados:** Essa etapa concentrou-se no processo de coleta de dados, recorrendo a fontes confiáveis do Governo Federal Brasileiro, e obtendo os dados necessários para a análise;
- **ETL:** Esta etapa compreendeu três fases:
 - **Extração:** Coleta dos dados brutos das fontes identificadas;
 - **Transformação e Limpeza:** Preparação dos dados para análise, incluindo limpeza, padronização e organização;
 - **Carga:** Armazenamento dos dados processados em um formato acessível para análise posterior;
- **Modelagem:** Desenvolvimento dos modelos e estruturas para interpretar e analisar os dados, preparando-os para a próxima fase.

Após o correto tratamento dos dados, a etapa de *design* e desenvolvimento focou no desenvolvimento da visão final do artefato, por meio das diversas construções presentes na ferramenta. Essa etapa engloba:

- **Construção de Indicadores:** Aqui, utilizou-se os dados processados para criar indicadores relevantes que estão apresentados no relatório, como gráficos, tabelas e KPI (*Key Performance Indicators*), responsáveis por oferecer dados quantitativos que auxiliam no processo de identificação e monitoramento de tendências e melhorias (Ariyandi; Purwanti, 2025);
- **Storytelling:** Estrutura da narrativa do relatório, por meio das estruturas visuais, escalas de cores e navegação interativa do artefato, esta técnica incorpora os dados e as construções em uma narrativa, auxiliando o público-alvo a compreender e a navegar pelo artefato (Raggless *et al.*, 2024).

Por fim, a etapa de implementação consistiu na aplicação prática do artefato, de modo que sua utilidade seja comprovada e atestada como uma ferramenta útil e com ciclo de vida sustentável.

- **Avaliação:** Esse processo consiste na avaliação quanto à qualidade, à confiança e ao desempenho dos indicadores e das análises realizadas;

- **Manutenção:** Esta etapa visa o processo de melhoria contínua e manutenção, por meio da incorporação de novas teorias, novos indicadores, melhoria contínua e possíveis correções.

4 RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa representam a concretização das etapas descritas no protocolo de pesquisa previamente elaborado, culminando no desenvolvimento de um artefato tecnológico capaz de consolidar e analisar dados abertos, embasado em teorias sobre cidades. Esse artefato oferece uma visão abrangente fundamentada em teorias voltadas à análise de indicadores urbanos, fortalecendo sua aplicabilidade e relevância.

O projeto focou na identificação de teorias relevantes para a avaliação de indicadores urbanos, mapeando-os em dimensões teóricas a partir de dados do Governo Federal. A arquitetura consistiu na coleta de dados realizada em bases secundárias, culminando na identificação de 4 indicadores organizados em séries históricas e normalizados para análises comparativas, seguido pelo processo de extração, limpeza, carga e modelagem.

No *design* e desenvolvimento, o artefato foi criado com interface intuitiva e visualmente clara, incorporando gráficos, tabelas e indicadores-chave. Filtros interativos e personalizados permitiram flexibilidade na exploração dos dados, assegurando que o artefato atendesse às necessidades analíticas e facilitasse a tomada de decisão no contexto urbano. Essa etapa garantiu não apenas funcionalidade técnica, mas também usabilidade e alinhamento com os objetivos do projeto.

Na implementação, o artefato foi disponibilizado por meio de links interativos no Power BI, permitindo personalizações como filtros regionais e agrupamentos de municípios. A manutenção contínua do projeto visa incorporar melhorias baseadas em feedbacks, atualizar bases de dados e expandir o modelo, assegurando a relevância e o impacto do artefato ao longo do tempo. Essa abordagem adaptável garante que a ferramenta se mantenha funcional e alinhada às necessidades dos usuários finais.

4.1 PROJETO

A etapa inicial do projeto concentrou-se na identificação e seleção das teorias mais relevantes para a avaliação de indicadores urbanos, como detalhado no referencial teórico desta dissertação. A partir dessa seleção, deu-se início ao

mapeamento e localização dos indicadores, alinhando-os às dimensões identificadas. Este processo foi possível a partir da compreensão das teorias e da análise de sua aplicabilidade prática, compreendido pelos objetos de estudo representados pelos indicadores e os dados disponibilizados pelo Governo Federal.

A Tabela 12 apresenta as dimensões identificadas com base nos indicadores propostos pela ISO 37122/2019, destacando a representatividade de cada indicador e agrupando dimensões similares para facilitar a organização e visualização no artefato. No entanto, devido à ausência de dados suficientes que contemplem as dimensões de agricultura urbana, recreação, energia e planejamento urbano, essas dimensões foram excluídas do processo de construção do artefato.

Tabela 12 - Dimensões da teoria de Cidades Inteligentes (ISO 37122)

| Dimensão | Indicadores localizados |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Agricultura urbana | 0 |
| Águas, águas residuais e esgoto | 4 |
| Alojamento, esporte e cultura | 4 |
| Economia | 7 |
| Educação | 8 |
| Energia | 0 |
| Finanças | 2 |
| Governança | 2 |
| Meio ambiente e mudanças climáticas | 1 |
| Planejamento urbano | 0 |
| População e condições sociais | 7 |
| Recreação | 0 |
| Saúde | 6 |
| Telecomunicações | 3 |
| Transporte e segurança | 5 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A Tabela 13, por sua vez, consolida as teorias de sistemas de capitais abordadas por Carrillo (2014), distribuindo os indicadores em suas dimensões.

Tabela 13 - Dimensões da teoria de Sistemas de Capitais (CARRILLO, 2014)

| Dimensão | Indicadores localizados |
|-------------------------|--------------------------------|
| Identidade | 4 |
| Inteligência | 4 |
| Relacional | 7 |
| Financeiro | 4 |
| Humano coletivo | 8 |
| Humano individual | 10 |
| Instrumental tangível | 7 |
| Instrumental intangível | 5 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Por fim, a Tabela 14 demonstra as dimensões abordadas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2023). No entanto, devido à não localização de bases oficiais que contemplassem as dimensões das ODS 2, ODS 7, ODS 8, ODS 13 e ODS 14, elas não foram consideradas na construção do artefato. Essa limitação indica a necessidade de fontes de dados mais robustas e abrangentes para futuras pesquisas.

Tabela 14 - Dimensões da teoria de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2023)

| Dimensão | Indicadores localizados |
|--|--------------------------------|
| ODS 1 - Erradicação da pobreza | 2 |
| ODS 2 - Fome zero e agricultura sustentável | 0 |
| ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 7 |
| ODS 4 - Educação de qualidade | 11 |
| ODS 5 - Igualdade de gênero | 4 |
| ODS 6 - Água potável e saneamento | 2 |
| ODS 7 - Energia limpa e acessível | 0 |
| ODS 8 - Trabalho decente e crescimento económico | 0 |
| ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 5 |
| ODS 10 - Redução das desigualdades | 3 |
| ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 5 |
| ODS 12 - Consumo e produção responsáveis | 2 |
| ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima | 0 |
| ODS 14 - Vida na água | 0 |
| ODS 15 - Vida terrestre | 1 |
| ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 6 |
| ODS 17 - Parcerias e meios de implementação | 1 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.2 ARQUITETURA

Nesta fase, deu-se início ao processo de coleta de dados nos relatórios e bases secundárias disponibilizados por instrumentos oficiais do Governo Federal. Esses dados foram analisados de forma criteriosa e organizados nas dimensões teóricas destacadas anteriormente, culminando na identificação de 49 indicadores. Além de fornecer resultados atualizados, os dados incluem séries históricas de anos anteriores, conforme apresentado no Anexo I, o que enriquece a análise temporal e permite um maior embasamento dos resultados.

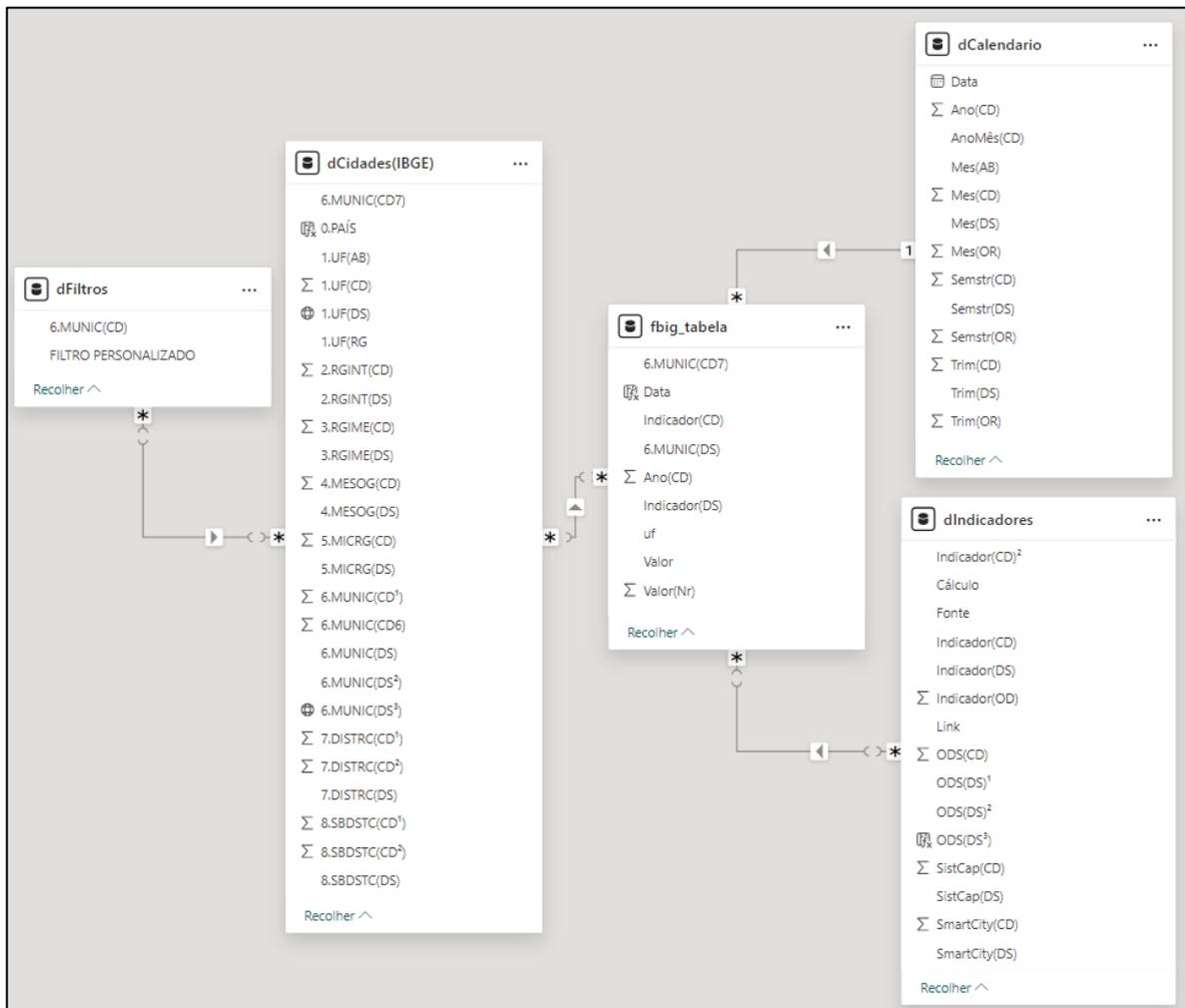
O processo de normalização min-max foi selecionado para realizar o ajuste dos dados de escalas distintas para uma mesma escala uniforme. Esse método é particularmente importante porque, em classificações, atributos com valores numericamente maiores podem dominar o resultado do processo, não necessariamente devido à sua relevância, mas pelo tamanho de seus números. O método situa os valores do atributo em um intervalo predefinido, com base em seus valores mínimos e máximos (Sinsomboonthong, 2022).

No contexto do artefato, a normalização permitiu padronizar os indicadores, assegurando que todas as dimensões contribuíssem de maneira equitativa para a composição dos resultados finais. Além disso, a normalização fortaleceu a interpretação e a visualização das métricas, tornando os resultados mais acessíveis e comparáveis entre as cidades analisadas e os indicadores considerados.

A partir da recepção e análise dos dados, deu-se início ao processo de ETL utilizando a ferramenta Microsoft Power BI, sendo o software escolhido devido à sua ampla utilização no mercado, reconhecido por sua versatilidade e popularidade no contexto corporativo e acadêmico. Dentre suas principais vantagens, destaca-se o formato self-service, que permite que usuários sem conhecimento avançado em programação possam realizar a modelagem, visualização e análise de dados de forma autônoma e intuitiva. A ferramenta oferece uma ampla gama de recursos, como integração com diversas fontes de dados, criação de dashboards interativos, uso de inteligência artificial para análise preditiva e suporte a linguagem DAX para cálculos avançados. Além disso, sua versão gratuita disponibiliza funcionalidades robustas que atendem a uma variedade de projetos analíticos, o que favorece sua adoção em larga escala por empresas, instituições públicas e pesquisadores.

Nesta etapa, todos os dados extraídos foram carregados no modelo de dados da plataforma. Posteriormente, novas dimensões foram incorporadas na etapa de modelagem de dados, com o objetivo de detalhar ainda mais as informações e expandir o nível de análise do relatório, garantindo uma abordagem mais abrangente e enriquecedora, conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 12 - Modelo de dados do Artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Abaixo, apresenta-se a granularidade encontrada nas diversas dimensões trazidas neste projeto:

- **dFiltros:** Filtros personalizados que permitem a criação de agrupamentos específicos de cidades com base no interesse do usuário do artefato. Exemplos incluem cidades atendidas pelos campi da Universidade de Caxias do Sul ou aquelas contempladas por áreas de abrangência do

COREDE Serra (Conselhos Regionais de Desenvolvimento da Serra Gaúcha);

- **dCidades(IBGE):** Conjunto de divisões territoriais extraídas de bases oficiais do governo, facilitando a análise em diferentes níveis de granularidade territorial, ampliando as possibilidades de interpretação e customização do artefato. Essas unidades territoriais incluem:
 - 0.PAÍS - País;
 - 1.UF – Unidade Federativa (estado);
 - 2.RGINT - Região Geográfica Intermediária;
 - 3.RGIME- Região Geográfica Imediata;
 - 4.MESOG - Mesorregião;
 - 5.MICRG- Microrregião;
 - 6.MUNIC - Município;
 - 7 DISTRC - Distrito;
 - 8.SBDSTC - Subdistrito;
- **dCalendário:** Tabela responsável pela segmentação das datas, que será ajustada de acordo com a frequência de publicações dos diversos indicadores utilizados no artefato, organizada segundo a seguinte hierarquia:
 - Data;
 - Ano;
 - Mês;
 - Trimestre;
 - Semestre.
- **dIndicadores:** Nesta base constam todos os indicadores localizados, identificando suas fontes, links de acesso e a atribuição das dimensões conforme as teorias identificadas nas tabelas seção de projeto, mais detalhes podem ser averiguados no Anexo I desta dissertação;
- **fbig_tabela:** Nesta etapa, os valores extraídos dos diferentes indicadores são compilados e devidamente preparados para o processo de *design* e desenvolvimento do artefato. É importante destacar que todas as dimensões mencionadas anteriormente pelas teorias desempenham um papel essencial no processo de análise e agrupamento das informações,

garantindo que os dados extraídos sejam organizados de forma coerente e alinhados aos objetivos do projeto.

É importante destacar que, para fins de organização estrutural da modelagem, as siglas abaixo foram adotadas para simplificar o tipo de dado contido nas colunas:

- CD – Código numérico (contendo variações diversas);
- DS - Descrição (contendo variações diversas);
- AB - Abreviação;
- OR – Valor de ordenação.

A partir do processo de arquitetura, que envolveu a consolidação dos indicadores coletados e a execução das etapas de ETL e modelagem dos dados para alcançar uma granularidade analítica detalhada, iniciou-se a etapa de *design* e desenvolvimento do artefato. Essa fase foi marcada pela transformação dos dados organizados em representações visuais que facilitassem a interpretação por parte dos usuários.

4.3 *DESIGN*/DESENVOLVIMENTO

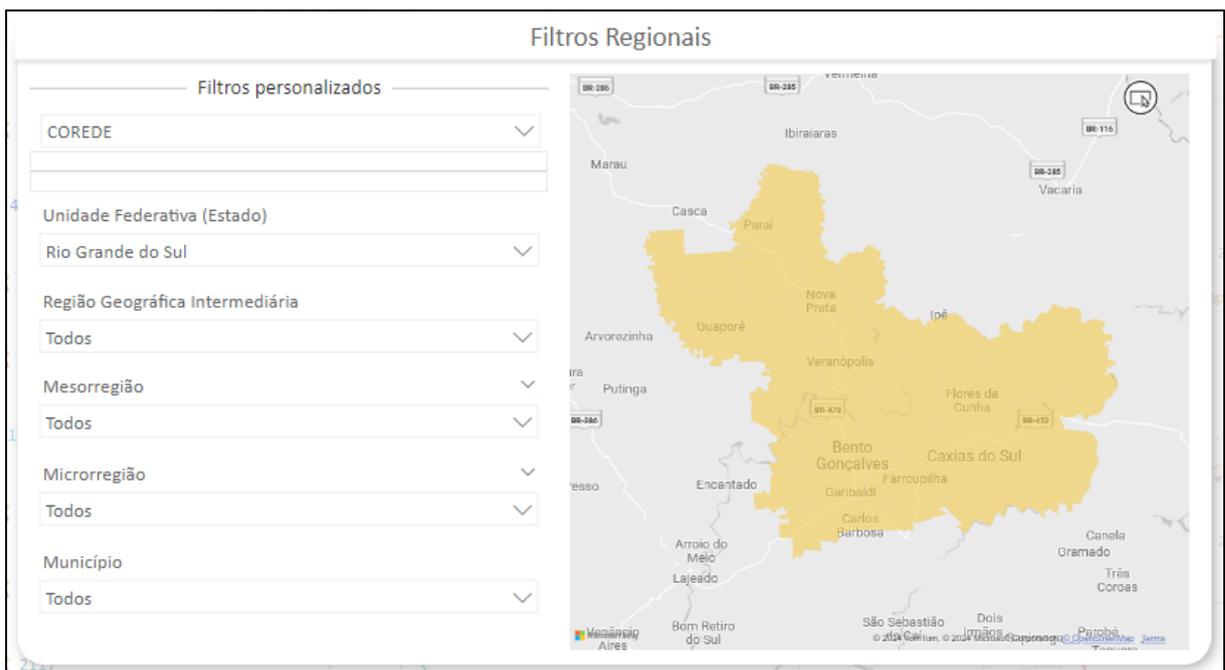
O *design* do artefato foi orientado para criar uma interface intuitiva e acessível, destacando-se pela clareza e pela capacidade de comunicar informações complexas de forma visual. A etapa de desenvolvimento incorporou elementos como gráficos, tabelas e indicadores-chave de desempenho, estruturados para refletir as dimensões teóricas previamente classificadas. Além disso, foram integrados filtros personalizados e opções interativas, permitindo que o usuário explorasse os dados com flexibilidade e em diferentes níveis de detalhamento.

Esse trabalho conjunto entre arquitetura, *design* e desenvolvimento garantiu não apenas a funcionalidade técnica do artefato, mas também sua capacidade de atender às necessidades analíticas e de tomada de decisão no contexto urbano, promovendo uma experiência alinhada aos objetivos do projeto.

Alguns pontos são importantes de mencionar para a melhor compreensão do artefato oferecido, sendo eles:

- **Identificação Visual:** Um aspecto central do artefato é a identificação visual das informações, que utiliza uma paleta de cores padronizada para as dimensões dos diferentes modelos, melhorando a experiência do usuário e sua percepção das informações destacadas;
- **Filtros Territoriais:** O painel permite que os dados sejam segmentados e filtrados com base em diversas divisões territoriais, como estados, microrregiões e municípios. Essa funcionalidade possibilita análises detalhadas e segmentadas, adaptadas às necessidades específicas do usuário, ampliando a flexibilidade e o alcance das informações apresentadas;

Figura 13 - Filtros Regionais do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

- **Cálculo de Normalidade:** O cálculo de normalidade foi elaborado considerando os resultados mais recentes dos últimos cinco anos disponíveis. Essa abordagem assegura que os dados analisados estejam atualizados e reflitam tendências contemporâneas.

É importante observar que o painel não possui a opção de filtro por data ou ano em sua barra de filtros. Entretanto, dados históricos podem ser consultados através das páginas Indicadores e Ranks Gerais.

4.3.1 Capa

A tela de acesso principal do artefato desenvolvido oferece uma interface de navegação intuitiva, servindo como ponto de partida para a exploração do *dashboard*. Essa interface foi projetada com foco na experiência do usuário, garantindo uma organização clara e acessível das opções de navegação disponíveis.

Os elementos visuais desta tela incluem botões interativos e um *design* limpo, permitindo que os usuários acessem rapidamente as diferentes seções do dashboard. Além disso, o layout foi concebido para ser responsivo e atrativo, reforçando a usabilidade e a praticidade do artefato.

Figura 14 – Tela “Capa” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.3.2 Sobre

Esta tela é dedicada a fornecer informações detalhadas sobre o projeto e seu contexto de desenvolvimento. Nesta seção, são apresentados os dados do desenvolvedor, garantindo transparência e credibilidade. Aqui há a possibilidade de

inserir novas páginas com detalhamentos diversos, de modo a auxiliar o público que acessa o artefato.

Figura 15 – Tela “Sobre” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.3.3 Painel regional

A tela “Painel Regional” marca o início da interação ativa do usuário com os dados processados no artefato desenvolvido. Este painel foi projetado para oferecer uma visão abrangente e interativa, permitindo que o usuário explore e analise as informações de maneira detalhada e personalizada, possibilitando a seleção da teoria ou modelo que guiará a análise.

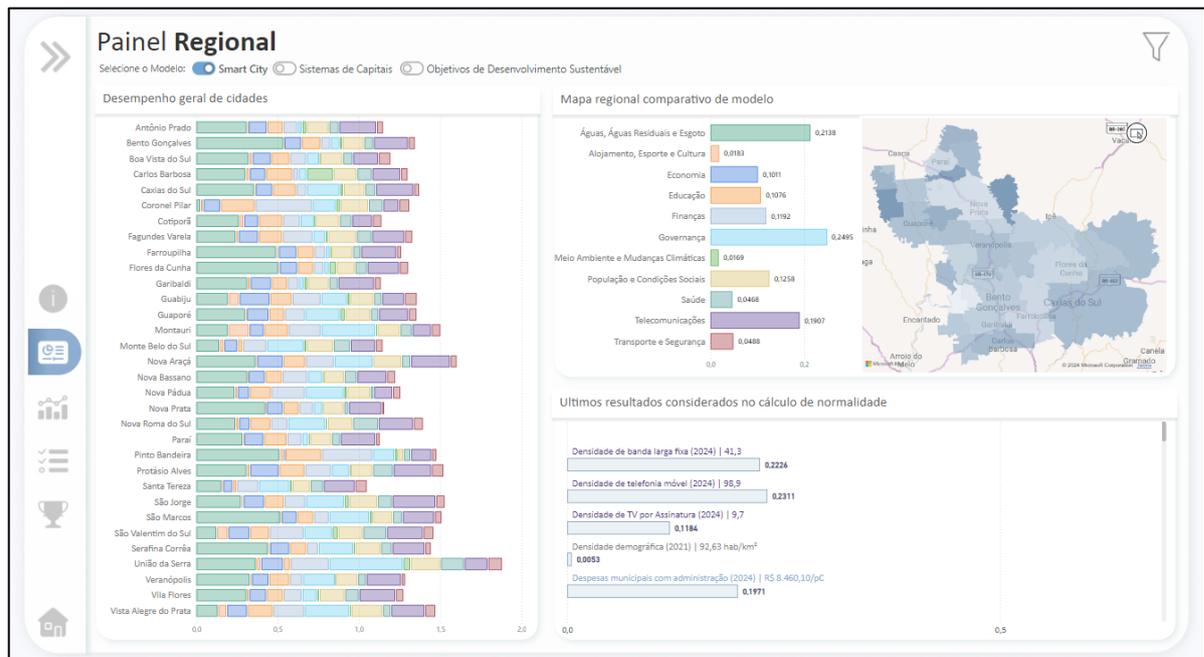
O painel é composto por 3 grupos de visuais, sendo eles:

- **Desempenho Geral das Cidades:** Este gráfico de barras empilhadas, disposto horizontalmente, apresenta o desempenho normalizado de cada cidade com base nas dimensões do modelo selecionado. Ele permite comparar visualmente como cada cidade se posiciona em relação às demais;
- **Mapa Regional Comparativo do Modelo:** Esta seção conta com um gráfico de barras horizontal, que permite uma comparação dos resultados

médios encontrados dentro do modelo, vinculado a um mapa interativo que destaca as médias calculadas para o conjunto de divisões territoriais selecionadas. A tonalidade das cores no mapa varia de acordo com os valores, destacando visualmente as cidades com os melhores e piores desempenhos;

- **Últimos Resultados Considerados no Cálculo de Normalidade:** Este visual apresenta os indicadores utilizados para compor o cálculo de normalização das dimensões analisadas. Ele detalha as informações que sustentam os valores normalizados, permitindo ao usuário verificar a consistência e a origem dos dados que fundamentam as análises.

Figura 16 – Tela “Painel Regional” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.3.4 Painel comparativo

A tela “Painel Comparativo” é uma tela projetada para facilitar a comparação visual dos resultados encontrados. Esta funcionalidade oferece uma visão dinâmica, permitindo ao usuário analisar os dados de forma flexível e personalizada. É possível, por exemplo, comparar o desempenho de uma única cidade dentro dos três modelos

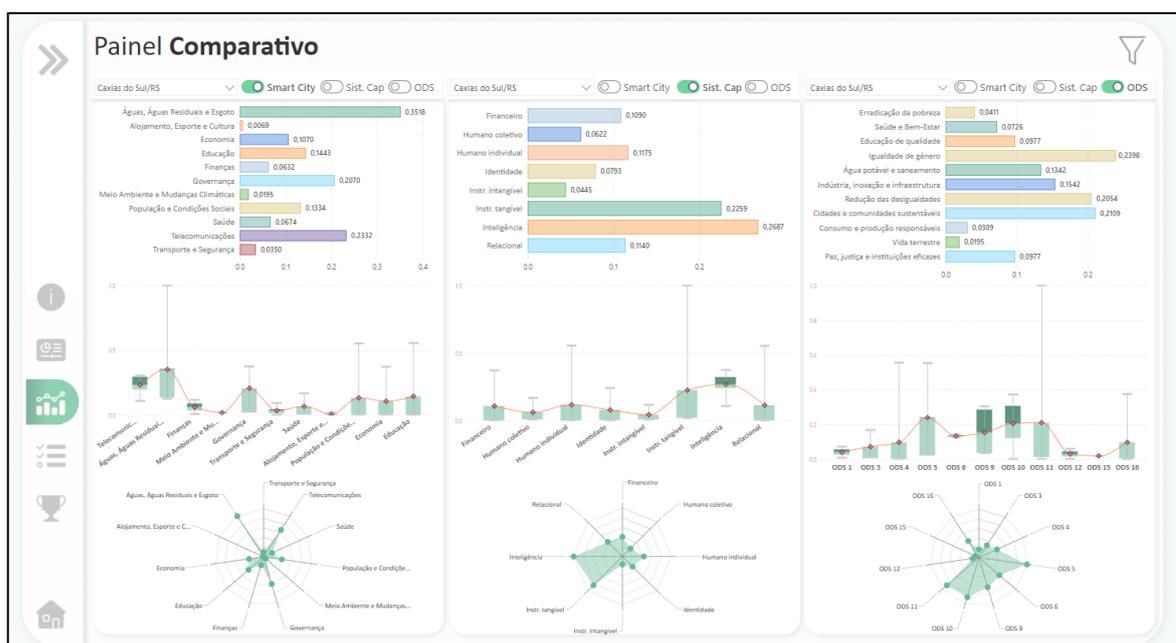
adotados ou, alternativamente, comparar até três cidades diferentes em qualquer um dos modelos selecionados.

O *layout* do painel foi cuidadosamente estruturado para apresentar as informações de maneira clara e acessível, utilizando gráficos interativos que oferecem diferentes perspectivas sobre os dados analisados.

O painel é composto por grupos de visuais organizados em 3 seções, sendo:

- **Gráfico de Barras Verticais:** Responsável por comparar visualmente os valores calculados nas diversas dimensões do modelo selecionado, permitindo uma análise proporcional dos resultados;
- **Gráfico Box-Plot:** Gráfico que resume a distribuição dos valores encontrados, destacando seus principais elementos: os intervalos interquartis (caixa), que contêm os 50% centrais dos dados, delimitados pelos quartis inferior e superior e a média, representada por um ponto ao centro da barra. Ele é ideal para identificar dispersões, assimetrias e valores atípicos, permitindo comparações claras entre diferentes conjuntos de dados;
- **Gráfico de Radar:** Este gráfico apresenta visualmente a amplitude e a abrangência dos resultados encontrados, conectando as dimensões em um formato radial.

Figura 17 – Tela “Painel Comparativo” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

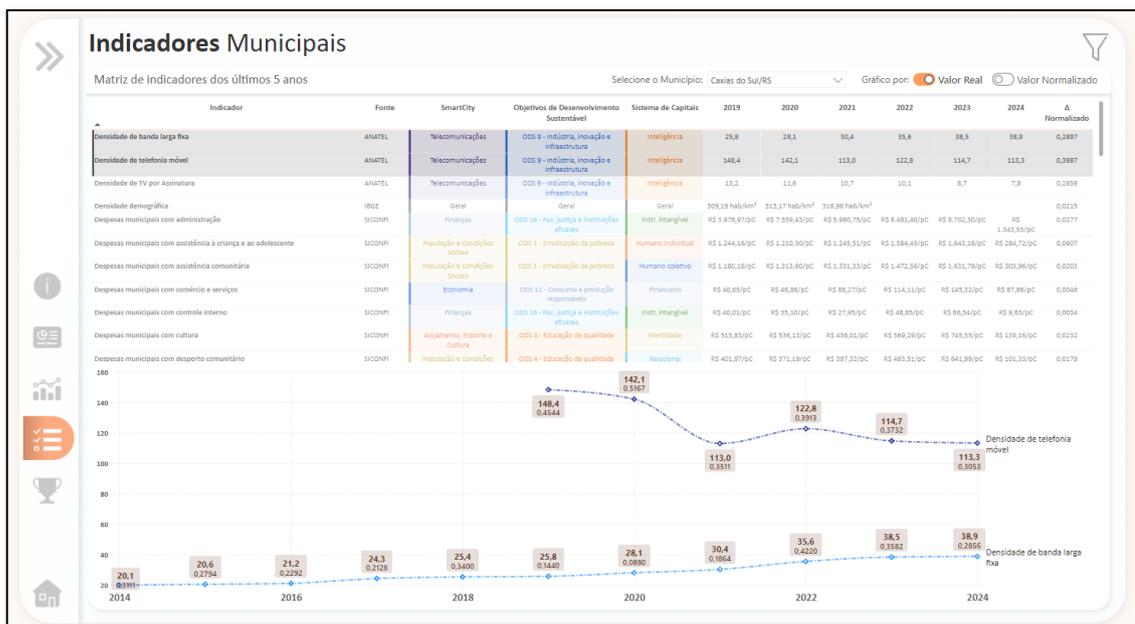
4.3.5 Indicadores

A tela “Indicadores” é dedicada a apresentar todos os indicadores utilizados para compor o projeto por meio da visualização dos resultados da cidade selecionada, proporcionando uma visão detalhada e organizada dos dados que sustentam as análises. Nesta seção, os usuários têm acesso às seguintes informações:

- **Fontes dos Indicadores:** Fonte de origem dos dados;
- **Dimensões teóricas:** Os indicadores estão agrupados de acordo com as dimensões das teorias selecionadas para a composição do modelo;
- **Resultados dos últimos 5 anos:** A tela exibe os resultados dos últimos cinco anos para cada indicador, sendo possível visualizar os últimos 10 anos por meio do gráfico de linhas disponível ao final da página;
- **Resultado normalizado do último ano:** Esta coluna destaca os resultados encontrados no cálculo de normalização de cada indicador, que são a base de composição de valores do projeto como um todo.

Esta seção permite também que o usuário realize comparações personalizadas entre os resultados, sendo possível selecionar um ou mais indicadores e escolher entre visualizar os valores reais ou os valores normalizados em um gráfico de linhas, que expandirá o eixo de análise para até 10 anos de resultados.

Figura 18 – Tela “Indicadores Municipais” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.3.6 Ranks gerais

A tela “Ranks Gerais” é dedicada a apresentar a classificação de uma cidade específica em relação aos resultados obtidos em todas as cidades da federação. Este painel oferece uma visão clara e intuitiva da posição da cidade selecionada do ponto de vista visual, destacando como ela se compara em termos de desempenho normalizado.

Os resultados são organizados com o uso de preenchimento visual, utilizando até 10 elementos gráficos que representam o valor máximo de normalização. Esse formato facilita a interpretação rápida do desempenho da cidade, indicando claramente a posição em que ela se encontra em relação às demais.

Além disso, a tela permite visualizar os resultados dos últimos cinco anos de cada dimensão relacionada à cidade selecionada. Esses dados são comparados com a média nacional dos mesmos resultados, fornecendo um panorama temporal que ajuda a identificar tendências de progresso ou retrocesso.

Figura 19 – Tela “Ranks Gerais” do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A tela “Ranks Gerais” finaliza o conjunto de análises do artefato, servindo como uma ferramenta estratégica para posicionamento e comparação. Ela não

apenas informa a classificação das cidades, mas também oferece insights valiosos para tomadas de decisões baseadas em dados. Essa funcionalidade reflete o compromisso do artefato em promover uma análise eficiente, visualmente acessível e orientada ao desenvolvimento urbano sustentável.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO

A etapa de implementação representa o momento em que o artefato é disponibilizado para os usuários, com o propósito de demonstrar sua utilidade e avaliar sua funcionalidade como uma ferramenta eficaz, flexível e sustentável a longo prazo. É fundamental assegurar que o artefato atenda plenamente às expectativas e necessidades dos usuários.

A ferramenta possibilita o ajuste de suas dimensões e funcionalidades às demandas específicas dos usuários finais. Essa etapa visa explorar as múltiplas capacidades do relatório, considerando as seguintes ações:

- **Acesso Interativo:** Disponibilização do artefato por meio de links públicos gerados pela ferramenta Microsoft Power BI, permitindo acesso simplificado e interativo.
- **Personalização de Filtros:** Possibilidade de personalizar filtros regionais e criar agrupamentos de municípios com base nos interesses e necessidades específicas dos usuários.
- **Expansão do Modelo:** Inserção de novas seções, agregações e visualizações adaptadas às diferentes demandas, aproveitando a flexibilidade do modelo já construído.

Considerando a importância da divulgação da ferramenta e seu alinhamento às necessidades dos usuários, a etapa de manutenção será fundamental para garantir a evolução contínua do projeto. Esse processo envolverá a incorporação de melhorias baseadas nos feedbacks obtidos dos usuários finais, assegurando que a ferramenta permaneça funcional, relevante e ajustada às demandas identificadas.

Além disso, a manutenção incluirá a atualização regular e a implementação de novas bases de dados, permitindo a agregação de informações adicionais e o

refinamento do projeto e dos resultados obtidos. Dessa forma, o artefato será continuamente aprimorado, ampliando sua utilidade e impacto ao longo do tempo.

Destaca-se que o *dashboard* apresenta uma série de vantagens que o diferenciam de outras alternativas mencionadas nas justificativas deste estudo. Essas vantagens incluem características inovadoras e funcionalidades que reforçam sua aplicabilidade e eficiência. São elas:

- **Consolidação de teorias e dados em uma visualização simplificada e intuitiva:** A ferramenta permite integrar múltiplas teorias voltadas ao estudo de cidades em uma única visualização facilitando a compreensão de informações complexas;
- **Integração de diversas fontes de dados:** A ferramenta possibilita o acréscimo de novas fontes de forma dinâmica e adaptável, garantindo flexibilidade e crescimento ao longo do tempo;
- **Design simplificado e acessível para diferentes públicos:** Com uma interface intuitiva e de fácil utilização, a ferramenta foi projetada para atender a múltiplos agentes e partes interessadas, independentemente de seus níveis técnicos ou áreas de atuação;
- **Escalabilidade em acesso utilizando recursos do Microsoft Power BI:** A ferramenta utiliza os recursos nativos do Power BI, oferecendo alta escalabilidade no acesso, com suporte para grandes volumes de dados e múltiplos usuários simultâneos;
- **Personalização segundo as necessidades dos usuários:** Totalmente adaptável, a ferramenta permite a configuração de acessos personalizados por região, grupos de dados ou modelos teóricos. Essa flexibilidade atende a diferentes demandas específicas, garantindo segurança e eficiência no gerenciamento das informações.

Essas vantagens destacam a ferramenta como uma solução capaz de agregar valor significativo aos processos de análise e visualização de dados públicos, além de oferecer suporte abrangente para tomadas de decisão baseadas em informações consolidadas e confiáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aborda um problema central significativo: como desenvolver um artefato capaz de integrar dados abertos para compreender e qualificar dinâmicas urbanas, possibilitando um monitoramento eficiente e acessível para gestores, pesquisadores e cidadãos. Essa questão traz consigo o desafio de gerenciar a complexidade de análise dos sistemas urbanos e promover governança baseada em evidências, através de teorias voltadas ao estudo de cidades inteligentes, sustentáveis e do desenvolvimento baseado em conhecimento. Atualmente, a ausência de ferramentas tecnológicas unificadas que consolidem dados urbanos limita tanto o planejamento estratégico quanto a tomada de decisões e a disseminação das teorias trabalhadas nessa dissertação. O trabalho propõe preencher essa lacuna com uma solução tecnológica inovadora, com foco em promover acessibilidade, eficiência e impacto real no contexto das cidades.

Para responder a essa problemática, o objetivo geral do estudo foi desenvolver e validar um artefato tecnológico que integre dados abertos, utilizando o *Design Science Research* (DSR) como metodologia central e a plataforma Microsoft Power BI como ferramenta de implementação. Os objetivos específicos incluíram identificar indicadores urbanos críticos, projetar um artefato que analise e visualize esses dados de forma acessível e avaliar sua aplicação em processos decisórios municipais. Ao abordar tais metas, o trabalho busca fornecer uma solução prática para a gestão urbana, alinhando inovação tecnológica às necessidades de administração pública, pesquisadores e agentes interessados.

A evolução teórica do estudo está ancorada em três pilares principais: cidades inteligentes, cidades sustentáveis e desenvolvimento baseado em conhecimento. As teorias discutem, sob a perspectiva dos atores responsáveis pelos diversos componentes dos ecossistemas urbanos, como a sociedade humana, ampla e complexa, vem evoluído ao longo do tempo, adotando tecnologias inovadoras que possibilitam relatar, monitorar e compreender as dinâmicas que ocorrem nas cidades. A pesquisa também reflete sobre a importância de alinhar soluções tecnológicas com os princípios de sustentabilidade, enfatizando a necessidade de integração de dados e indicadores urbanos como ferramentas essenciais para a tomada de decisões informadas. Ao conectar teorias sociais, econômicas e tecnológicas, o trabalho

oferece uma visão abrangente sobre os desafios e as oportunidades das cidades modernas.

A dissertação também traz implicações teóricas ao expandir os limites da literatura sobre gestão urbana e inovação tecnológica. Ao propor um modelo replicável de integração de dados para cidades inteligentes, o trabalho contribui para o campo do DSR e amplia a discussão sobre a aplicação de tecnologias emergentes em contextos urbanos. A abordagem interdisciplinar utilizada inspira futuras investigações e oferece um exemplo concreto de como as teorias podem ser transformadas em práticas que impactam positivamente a sociedade.

O método escolhido, *Design Science Research* (DSR), é especialmente apropriado para estudos voltados à inovação, combinando o desenvolvimento iterativo de soluções práticas com sua validação em cenários reais, permitindo um processo constante de aprimoramento e adaptação. A coleta de dados foi fundamentada em fontes secundárias de plataformas governamentais, enquanto a análise bibliométrica das publicações acadêmicas oferece uma base teórica sólida para a compreensão dos contextos urbanos e das pesquisas voltadas ao seu entendimento. O Microsoft Power BI, ferramenta escolhida para implementação, possibilita a criação de *dashboards* acessíveis e interativos, essenciais para promover a transparência e a compreensão de dados complexos por gestores e cidadãos.

Apesar dos avanços, a pesquisa enfrenta limitações que merecem destaque. A dependência de dados secundários, muitas vezes incompletos ou inconsistentes, é uma barreira para garantir a precisão total do artefato desenvolvido. Além disso, a aplicação do sistema em diferentes contextos municipais pode apresentar dificuldades, dada a heterogeneidade de infraestrutura e governança entre cidades, bem como a falta de padronização no levantamento de dados à luz das teorias trazidas. Por fim, a necessidade de capacitação de gestores para o uso eficaz da ferramenta é um desafio que pode retardar sua adoção em larga escala.

Por outro lado, as vantagens da ferramenta desenvolvida são inúmeras. A integração de dados abertos em *dashboards* interativos facilita a análise de indicadores críticos, promovendo decisões mais rápidas e baseadas em evidências. A utilização do Microsoft Power BI permite flexibilidade, escalabilidade e acessibilidade, beneficiando tanto gestores quanto a população em geral. Além disso, a ferramenta promove transparência nos processos administrativos e fortalece o

engajamento cidadão, alinhando-se aos ideais de cidades inteligentes e gestão sustentável.

A jornada de construção desta dissertação demonstrou a necessidade de rigor técnico e aprimoramento para a compreensão da ampla literatura e das diversas abordagens relacionadas aos temas estudados. O aprofundamento e as constantes descobertas ao longo do percurso permitiram o refinamento tanto do artefato quanto da pesquisa, abrindo possibilidades para estudos e avanços futuros, como a implementação de novas teorias, a incorporação de novos indicadores e o aprimoramento teórico do artefato desenvolvido, com o objetivo de torná-lo uma ferramenta eficaz para disseminação de informações e promoção das teorias sobre cidades inteligentes, sustentáveis e do desenvolvimento baseado em conhecimento.

Dessa forma, o estudo não apenas aborda desafios urgentes das cidades modernas, mas também fornece soluções inovadoras que combinam rigor teórico e aplicabilidade prática. Ao realizar a integração de novas tecnologias às teorias trazidas, a pesquisa oferece contribuições significativas tanto para a academia quanto para a gestão pública, pavimentando o caminho para um futuro urbano mais inteligente, sustentável e inclusivo.

REFERÊNCIAS

- Abreu, J. P. P., & Marchori, F. F. (2023). *Ferramentas de avaliação de desempenho de cidades inteligentes: uma análise da norma ISO 37122:2019*. PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção.
- Agência Nacional de Telecomunicações. (2024). *Institucional*. <https://www.gov.br/anatel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional>
- Ahad, M. A., Paiva, S., Tripathi, G., & Feroz, N. (2020). Enabling technologies and sustainable smart cities. *Sustainable Cities and Society*.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*.
- Ariyandi, I. R., & Purwanti. (2025). Strategi efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. *Journal of Business Economics and Management*, 1(3), 328–334.
- Banco Central do Brasil. (2024). *Institucional*. <https://www.bcb.gov.br/acesoinformacao/institucional>
- Bataille, C. Y., Malinen, S. K., Yletyinen, J., Scott, N., & Lyver, P. O. B. (2021). Relational values provide common ground and expose multi-level constraints to cross-cultural wetland management. *People and Nature*.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal*.
- Banco Nacional do Desenvolvimento. (2023). *Painel ODS – nossa contribuição para a Agenda 2030*. <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/estatisticas-desempenho>
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*.
- Bollier, D. (2016). *The city as platform: How digital networks are changing urban life and governance*. The Aspen Institute.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. (2024). *Carta Brasileira para Cidades Inteligentes*. <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/desenvolvimento-urbano-e-metropolitano/projeto-andus/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes/CartaBrasileiraparaCidadesInteligentes2.pdf>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2).
- Carrillo, F. J. (2002). Capital systems implications for global knowledge agenda. *Journal of Knowledge Management*.
- Carrillo, F. J. (2015). Knowledge-based development as a new economic culture. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*.
- Carrillo, F. J. (1998). Managing knowledge-based value systems. *Journal of Knowledge Management*.
- Carrillo, F. J. (2014). *Sistemas de Capitales y Mercados de Conocimiento*. World Capital Institute y Tecnológico de Monterrey.
- Carrillo, F. J. (2014). What 'knowledge-based' stands for? A position paper. *International Journal of Knowledge-Based Development*.
- Castells, M. (2020). *A questão urbana* (7ª ed.). São Paulo: Paz & Terra.
- CityLiving Lab. (2023). Observatório de Cidades. <https://www.citylivinglab.com/>

- Coccia, M., & Watts, J. (2020). A theory of the parasitism of technology: Technological parasitism and the implications for innovation management. *Journal of Engineering and Technology Management*.
- ComexStat. (2024). *Página Inicial*. <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- Conselho da Justiça Federal. (2023). *Meta 9 de 2021 – Agenda 2030*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMlYyY2M0MmEyLTNmY2MtYzg2YjYjUxNzA3liwidCI6IjQ1NjM1N2JmLTAxMmYtNDhINy1iYTNhLTUwODUzMTRjNjA3YiJ9>
- Daguitan, F., Lehohla, P., Mwangi, C., et al. (2019). *The current state of our data and knowledge*. UN Environment, Nairobi, Kenya.
- DATASUS. (2024). *Sobre o DATASUS*. <https://datasus.saude.gov.br/sobre-o-datasus/>
- Departamento Nacional de Trânsito. (2024). *Como funciona o DENATRAN*. <https://www.denatran.org/como-funciona-o-denatran/>
- Drechsler, A., & Hevner, A. R. (2018). Utilizing, producing, and contributing design knowledge in DSR projects. *Lecture Notes in Computer Science*.
- Duque, J. (2023). The IoT to Smart Cities – A design science research approach. *Procedia Computer Science*.
- Edvarsson, I. R., Yigitcanlar, T., & Pancholi, S. (2016). Knowledge city research and practice under the microscope: A review of empirical findings. *Knowledge Management Research & Practice*.
- Fachinelli, A. C., Giacomello, C. P., & Larentis, F. (2015). The influence of capital system categories on Human Development Index in Brazil. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 6(4).
- Fachinelli, A. C., Giacomello, C. P., Larentis, F., & D'Arrigo, F. (2017). Measuring the capital systems categories: the perspective of an integrated value system of social life as perceived by young citizens. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 8(4).
- Flick, U. (2012). *Introdução à metodologia de pesquisa* (6ª ed.). Editora Penso.
- Foucault, M. (2004). *Sécurité, territoire, population: Cours au Collège de France*. France: Seuil/Gallimard.
- Foucault, M. (1991). Governmentality. In C. Gordon, G. Burchell, & P. Miller (Eds.), *The Foucault Effect: Studies in Governmentality*. University of Chicago Press.
- Fraisl, D., Campbell, J., See, L., et al. (2020). Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. *Sustainability Science*.
- Friedmann, J. (1986). The world city hypothesis. *Development and Change*, 17. London: SAGE.
- Gheisari, M., Esmaeili Najafabadi, H., Alzubi, J. A., Gao, J., Wang, G., Abbasi, A. A., & Castiglione, A. (2021). OBPP: An ontology-based framework for privacy-preserving in IoT-based smart city. *Future Generation Computer Systems*.
- Gil, O., Cortés-Cediel, M. E., & Cantador, I. (2019). Citizen participation and the rise of digital media platforms in smart governance and smart cities. *International Journal of E-Planning Research*.
- Goel, A., Kothiwala, R., Velpula, S. C., Kumar, R., & Sharma, D. (2023). *Benchmarking the collaborative and integrated smart city model with Industry 5.0*. CRC Press.
- Gonçalves, R. B., Verruck, F., & Endres, V. V. (2023). Análise dos determinantes do nível de inteligência em smart cities. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 1, 467–485.
- Guimarães, J. C. F. D., Severo, E. A., Felix Júnior, L. A., Da Costa, W. P. L. B., & Salmoria, F. T. (2020). Governance and quality of life in smart cities: Towards sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*.

- Guo, Y.-M., Huang, Z.-L., Guo, J., Li, H., Guo, X.-R., & Nkeli, M. J. (2019). Bibliometric analysis on smart cities research. *Sustainability*.
- Harrys, C., & Ullman, E. (1945). The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, American Academy of Political and Social Science.
- Huovila, A., Bosch, P., & Airaksinen, M. (2019). Comparative analysis of standardized indicators for smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? *Cities*.
- Instituto Ayrton Senna. (2024). *Instituto Ayrton Senna*.
<https://institutoayrtonsenna.org.br/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2024). *O IBGE*.
<https://www.ibge.gov.br/aceso-informacao/institucional/o-ibge.html>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (2024). *Sobre o INEP*. <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/sobre>
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). (2024). *Quem Somos*.
<https://www.ipea.gov.br/portal/coluna-3/institucional-sep/quem-somos>
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 37122:2019 - Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities*. Geneva: ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 37120:2018 - Sustainable cities and communities — Indicators for city services and quality of life*. Geneva: ISO.
- Jansson, F., Aguilar, E., Arcebi, A., & Enquist, M. (2021). Modeling cultural systems and selective filters. *Philosophical Transactions of the Royal Society*.
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An information framework of creating a smart city through Internet of Things. *IEEE*.
- Kaššaj, M., & Peráček, T. (2024). Synergies and potential of Industry 4.0 and automated vehicles in smart city infrastructure. *Applied Sciences*, 14(9), 3575.
- Kaur, T., Malik, F. A., & Walia, I. K. (2024). Smart cities. In *Advances in Human Resources Management and Organizational Development Book Series*. IGI Global.
- Kirimtat, A., Krejcar, O., Kertesz, A., & Tasgetiren, M. (2020). Future trends and current state of smart city concepts: A survey. *IEEE Access*.
- Klopp, J. M., & Petretta, D. L. (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*.
- Knight, R. V. (1995). Knowledge-based development: Policy and planning implications for cities. *Urban Studies*, 32(2).
- Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Junior, J. A. V. A. (2013). Design science research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, 20(4), 741–761.
- Lang, M., & Kundt, R. (2020). Evolutionary, cognitive and contextual approaches to the study of religious system: A proposition of synthesis. *Method and Theory in the Study of Religions*. Brill.
- Lazaroiu, G. C., & Roscia, M. C. (2012). Definition methodology for the smart cities model. *Energy*.
- Lefebvre, H. (2015). *O direito à cidade*. São Paulo: Editora Centauro.
- Matias-Pereira, J. (2019). *Manual de metodologia da pesquisa científica* (4ª ed.). São Paulo: Atlas.

- Michel, M. H. (2015). *Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos* (3ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Ministério da Justiça e Segurança Pública. (2024). *DataMigra*. <https://portaldeimigracao.mj.gov.br/pt/base-de-dados/datamigra>
- Ministério do Trabalho e Emprego. (2024). *Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED)*. <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/servicos/empregador/caged>
- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new city sustainability index. *Environmental Impact Assessment Review*.
- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*.
- Nizetic, S., Solic, P., López-de-Ipiña, D., & González-de-Artaza, M. (2020). Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of Cleaner Production*.
- Organização das Nações Unidas. (2023). *Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/goals>
- Ouafiq, E. M., Raif, M., Chehr, A., & Rachid, S. (2022). Data architecture and big data analytics in smart cities. *Procedia Computer Science*.
- Parnell, S. (2016). Defining a global urban development agenda. *World Development*, 78. University of London.
- Perveen, S., Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., & Hayes, J. (2017). Evaluating transport externalities of urban growth: A critical review of scenario-based planning methods. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
- Pinheiro, L. K. S., Botton, G. Z., Vasconcelos, A. M., & Lopes, J. C. J. (2023). As ferramentas tecnológicas voltadas para o bem-estar coletivo num ambiente urbano inteligente: Um ensaio teórico sobre Campo Grande, MS. *Interações*, 24(1), 193–210.
- Priyadarshi, S., Subudhi, S., Kumar, S., Bhardwaj, D., & Mohapatra, H. (2024). Analysis on enhancing urban mobility with IoT-integrated parking solutions. *Advances in Civil and Industrial Engineering*.
- Raggless, S., Bull, R., Elly, B., & Ross, J. (2024). Data visualization in annual reports: Best practices and trends.
- Rayash, A. A., & Dincer, I. (2024). Development of an integrated model for environmentally and economically sustainable and smart cities. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.
- Reia, J., & Cruz, L. (2023). Cidades inteligentes no Brasil: Conexões entre poder corporativo, direitos e engajamento cívico. *Cadernos Metrópole*, 25(57).
- Robinson, J. (2022). Global and world cities: A view from off the map. *International Journal of Urban and Regional Research*, 26(3).
- Salmar, M. Y., & Hasar, H. (2023). Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques. *Sustainable Cities and Society*, 94.
- Santos, G. F. Z., Koerich, G. V., & Alperstedt, G. D. (2018). A contribuição da design science research para a resolução de problemas complexos na administração pública. *Revista de Administração Pública*.
- Sharifi, A. (2020). A typology of smart city assessment tools and indicator sets. *Sustainable Cities and Society*.

- Shokouhyar, S., Seddigh, M. R., & Panahifar, F. (2020). Impact of big data analytics capacities on supply chain sustainability. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 17.
- Siconfi. (2024). *O que é o SICONFI*.
<https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/conteudo/conteudo.jsf?id=21>
- Sinsomboonthong, S. (2022). Performance comparison of new adjusted min-max with decimal scaling and statistical column normalization methods for artificial neural network classification. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, 2022(1), 3584406.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). (2024). *Ações e Programas*. <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/snis>
- Strategia, A., Papadopoulou, C.-A., & Panagiotopoulou, M. (2015). Tools and technologies for planning the development of smart cities. *Journal of Urban Technology*.
- Tribunal Regional Federal da 1ª Região. (2023). *Observatório da Estratégia é instituído como repositório oficial das informações da Justiça Federal*.
<https://portal.trf1.jus.br/portaltrf1/comunicacao-social/imprensa/noticias/institucional-observatorio-da-estrategia-e-instituido-como-repositorio-oficial-das-informacoes-da-justica-federal.htm>
- United Nations. (2023). *Sustainable Development Goals*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>
- Urban Systems. (2023). *Ranking Connected Smart Cities*.
<https://www.urbansystems.com.br/rankingconnectedsmartcities>
- Van der Waal, J., Thijssens, T., & Maas, K. (2021). The innovative contribution of multinational enterprises to the Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production*.
- Vanolo, A. (2014). Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy. *Urban Studies*.
- Veloso, A., Fonseca, F. P., & Ramos, R. A. R. (2024). Insights from smart city initiatives for urban sustainability and contemporary urbanism. *Smart Cities*.
- Wachsmuth, D., & Angelo, H. (2018). Green and gray: New ideologies of nature in urban sustainability policy. *Annals of the American Association of Geographers*, 108.
- Wang, W., Kumar, N., Chen, J., Gong, Z., Kong, X., Wei, W., & Gao, H. (2020). Realizing the potential of the Internet of Things for smart tourism with 5G and AI. *IEEE Network*.
- Weigand, H., Johannesson, P., & Andersson, B. (2021). An artifact ontology for design science research. *Data & Knowledge Engineering*.
- Yashwanth, R., Badu, M. R., Vineetha, B., Shakeer, S. M., & Potti, V. (2023). Smart cities: An in-depth study of AI algorithms and advanced connectivity. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(8), 192–203.
- Yigitcanlar, T. (2014). Innovating urban policymaking and planning mechanisms to deliver knowledge-based agendas: A methodological approach. *International Journal of Knowledge-Based Development*.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Ioppolo, G., Sabatini-Marques, J., Da Costa, E. M., & Yun, J. J. (2018). Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*.

- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Ioppolo, G., Sabatini, J., Da Costa, E. M., & Yun, J. J. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*.
- Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2015). Planning, development and management of sustainable cities: A commentary from the guest editors. *Sustainability*.
- Yigitcanlar, T., Michelam, L., Cortese, T. T. P., & Vils, L. K. (2020). Knowledge-based urban development as a strategy to promote smart and sustainable cities. *Journal of Environmental Management & Sustainability*.
- Yigitcanlar, T. (2016). *Technology and the city: Systems, applications and implications*. New York: Routledge.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1).
- Zhang, C. (2024). Foreign human capital, cultural diversity and urban innovation in China. *Cross-disciplinary Studies*, 5(1), 1–12.

ANEXO I – INDICADORES UTILIZADOS NA PESQUISA

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|--|---------|-------------------------|-----------------------------|---|--------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| Densidade de banda larga fixa | ANATEL | Inteligência | Telecomunicações | ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 2007 | 2024 | 0,1 | 135,8 |
| Densidade de telefonia móvel | ANATEL | Inteligência | Telecomunicações | ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 2019 | 2024 | 1,7 | 367,1 |
| Densidade de TV por Assinatura | ANATEL | Inteligência | Telecomunicações | ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 2012 | 2024 | 0,0 | 71,7 |
| Despesas municipais com administração | SICONFI | Instrumental intangível | Finanças | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 60.598,35 |
| Despesas municipais com assistência à criança e ao adolescente | SICONFI | Humano individual | População Condições Sociais | ODS 1 - Erradicação da pobreza | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 24.426,84 |
| Despesas municipais com assistência comunitária | SICONFI | Humano coletivo | População Condições Sociais | ODS 1 - Erradicação da pobreza | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 47.751,05 |
| Despesas municipais com comércio e serviços | SICONFI | Financeiro | Economia | ODS 12 - Consumo e produção responsáveis | 2015 | 2024 | R\$ 2,70 | R\$ 54.050,11 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|--|--------------|---------------------------|-------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Despesas municipais com controle interno | SICONFI | Instrumental intangível | Finanças | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 3.934,59 |
| Despesas municipais com cultura | SICONFI | Identidade | Alojamento, Esporte e Cultura | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 1,59 | R\$ 36.092,71 |
| Despesas municipais com desporto comunitário | SICONFI | Relacional | População e Condições Sociais | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 1,22 | R\$ 25.204,99 |
| Despesas municipais com educação de jovens e adultos | SICONFI | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 0,26 | R\$ 5.238,41 |
| Despesas municipais com educação especial | SICONFI | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 2.963,59 |
| Despesas municipais com ensino fundamental | SICONFI | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 88,05 | R\$ 378.484,06 |
| Despesas municipais com ensino médio | SICONFI | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 0,21 | R\$ 4.872,10 |
| Despesas municipais com ensino superior | SICONFI | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 10.847,65 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|---|--------------|---------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Despesas municipais com gestão ambiental | SICONFI | Instrumental tangível | Meio Ambiente e Mudanças Climáticas | ODS 15 - Vida terrestre | 2015 | 2024 | R\$ 1,03 | R\$ 22.759,56 |
| Despesas municipais com habitação | SICONFI | Humano coletivo | Alojamento, Esporte e Cultura | ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 2015 | 2024 | R\$ 0,57 | R\$ 11.530,93 |
| Despesas municipais com lazer | SICONFI | Relacional | Alojamento, Esporte e Cultura | ODS 4 - Educação de qualidade | 2015 | 2024 | R\$ 1,87 | R\$ 25.544,39 |
| Despesas municipais com planejamento e orçamento | SICONFI | Inteligência | Governança | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 19.866,20 |
| Despesas municipais com saneamento rural e urbano | SICONFI | Humano coletivo | Águas, Águas Residuais e Esgoto | ODS 5 - Igualdade de gênero | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 22.348,97 |
| Despesas municipais com saúde | SICONFI | Humano coletivo | Saúde | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 2015 | 2024 | R\$ 280,98 | R\$ 538.013,38 |
| Despesas municipais com segurança pública | SICONFI | Instrumental tangível | Transporte e Segurança | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2015 | 2024 | R\$ 0,22 | R\$ 5.121,55 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|---|--------------|---------------------------|-----------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Despesas municipais com transporte | SICONFI | Instrumental tangível | Transporte e Segurança | ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 79.378,72 |
| Despesas municipais legislativas | SICONFI | Instrumental intangível | Governança | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2015 | 2024 | R\$ 0,00 | R\$ 8.932,06 |
| Exportação | COMEXSTAT | Identidade | Economia | ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 1997 | 2022 | US\$ 0,00 | US\$ 15.230B |
| Frota de ônibus para cada cem habitantes | DENATRAN | Instrumental intangível | Transporte e Segurança | ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 2013 | 2021 | 0 | 48,2 |
| IDEB Rede pública municipal anos iniciais | INEP | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2005 | 2021 | 2 | 9,5 |
| Importação | COMEXSTAT | Identidade | Economia | ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura | 1997 | 2022 | US\$ 0,00 | US\$ 13.190B |
| Imunizações BCG | DATASUS | Humano coletivo | Saúde | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 2013 | 2021 | 0 | 497,5 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|--|--------------|---------------------------|---------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Índice de atendimento total de água | SNIS | Instrumental tangível | Águas, Águas Residuais e Esgoto | ODS 6 - Água potável e saneamento | 2013 | 2021 | 8% | 100% |
| Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água | SNIS | Instrumental tangível | Águas, Águas Residuais e Esgoto | ODS 6 - Água potável e saneamento | 2013 | 2021 | 0% | 100% |
| Índice de coleta de população atendida no município por coleta de resíduos | SNIS | Instrumental tangível | Águas, Águas Residuais e Esgoto | ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 2009 | 2022 | 10% | 100% |
| Matriculas educação básica / população | INEP | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2013 | 2021 | 7,93% | 61% |
| Mortes por causas externas (acidentes e violências) a cada dez mil habitantes | DATASUS | Relacional | Transporte e Segurança | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 2013 | 2021 | 3 | 741 |
| Mulheres em assentos parlamentares como vereadoras | IPEA | Relacional | População Condições Sociais | ODS 5 - Igualdade de gênero | 2013 | 2017 | 0,00% | 63,64% |
| Número de divórcios concedidos | IBGE | Relacional | População Condições Sociais | ODS 5 - Igualdade de gênero | 2014 | 2022 | 1 | 21.529 |
| Número de entidades sem fins lucrativos para cada mil habitantes | IBGE | Instrumental intangível | População Condições Sociais | ODS 17 - Parcerias e meios de implementação | 2005 | 2016 | 0 | 58.548 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|--|---------|-----------------------|-----------------------------|---|--------------|------------|--------------------------|--------------------------|
| Número de leitos hospitalares para cada mil habitantes | DATASUS | Instrumental tangível | Saúde | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 2013 | 2021 | 1 | 36.399 |
| Óbitos por causas evitáveis de 5 a 74 anos | DATASUS | Humano coletivo | Saúde | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 1996 | 2022 | 2 | 49.935 |
| Óbitos por causas evitáveis em menores de 5 anos | DATASUS | Humano coletivo | Saúde | ODS 3 - Saúde e Bem-Estar | 1996 | 2022 | 1 | 2.141 |
| Percentual da força de trabalho feminina sobre o total do número de empregos formais | CAGED | Relacional | População Condições Sociais | ODS 5 - Igualdade de gênero | 2014 | 2022 | 8,78% | 76,67% |
| Percentual da população com renda acima de 3 salários mínimos | CAGED | Financeiro | Economia | ODS 10 - Redução das desigualdades | 2014 | 2022 | 28,84% | 98,03% |
| Percentual de mortes em acidentes de trânsito com relação ao total de mortes | DATASUS | Humano individual | Transporte e Segurança | ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis | 2013 | 2021 | 0% | 10% |
| Poupança média por habitante | BACEN | Financeiro | Economia | ODS 10 - Redução das desigualdades | 2013 | 2021 | R\$ 0,01 | R\$ 63,9M |
| Produto Interno Bruto per capita a preços correntes | IBGE | Financeiro | Economia | ODS 12 - Consumo e produção responsáveis | 2002 | 2021 | R\$ 5.407,66 | R\$ 920.833,97 |

| Indicador | Fonte | Sistema de Capital | Cidades Inteligentes | Objetivo de Desenv. Sustentável | Primeiro Ano | Último Ano | Menor Valor (Último Ano) | Maior Valor (Último Ano) |
|--|--------------|---------------------------|-------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Proporção de trabalhadores formais para cada cem habitantes | CAGED | Identidade | Economia | ODS 10 - Redução das desigualdades | 2014 | 2022 | 0,19% | 100% |
| Quantidade de imigrantes que entraram no ano a cada dez mil habitantes | SISMIGRA | Relacional | Alojamento, Esporte e Cultura | ODS 16 - Paz, justiça e instituições eficazes | 2013 | 2021 | 1 | 27.887 |
| Taxa de frequência líquida ao ensino superior | INEP | Humano individual | Educação | ODS 4 - Educação de qualidade | 2013 | 2021 | 0 | 0,3619 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)