# Aplicações de SIGWEB em Cidades Inteligentes (2020–2025): Revisão Sistemática

**Ana Flávia Lima Nascimento** [1], **Gabriel Luis de Andrade Carvalho**[1], **Bruno Vicente Alves de Lima** [1]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão
MA-034 - Av. Antônio Guimarães, S/N - Olho D'Aguinha,
Coelho Neto - MA, 65620-000 – MA – Brasil

{flavia.ana, gabrielandrade}@acad.ifma.edu.br

brunovicente.lima@ifma.edu.br

***Abstract.*** *This article presents a systematic review of Web Geographic Information Systems (WebGIS) applications in smart cities, considering publications from 2020 to 2025. Operational solutions, prototypes, and conceptual proposals were analyzed, covering domains such as public service management, urban planning and governance, health, and emergency response. The results show that WebGIS is a strategic tool for integrating and analyzing spatial data, enabling real-time monitoring, decision-making support, and greater transparency in urban management. Recurring challenges were identified, including limited interoperability, dependence on proprietary platforms, restricted geographic scope, and lack of impact assessment. Proposed solutions include adopting open standards, using free and open-source technologies, integrating with IoT and Digital Twins, and implementing performance metrics. It is concluded that WebGIS has great potential to strengthen the smart city ecosystem when combined with strategies that promote scalability, collaboration, and continuous technological innovation.*

**Keywords:** WebGIS, smart cities, geotechnologies, interoperability, spatial data.

***Resumo.*** *Este artigo apresenta uma revisão sistemática sobre aplicações de Sistemas de Informação Geográfica na Web (WebGIS) em cidades inteligentes, considerando publicações entre 2020 e 2025. Foram analisadas soluções operacionais, protótipos e propostas conceituais, abrangendo diferentes domínios como gestão de serviços públicos, planejamento e governança urbana, saúde e resposta a emergências. Os resultados evidenciam que o WebGIS é uma ferramenta estratégica para integração e análise de dados espaciais, permitindo monitoramento em tempo real, apoio à tomada de decisão e maior transparência na gestão urbana. Identificaram-se desafios recorrentes, como interoperabilidade limitada, dependência de plataformas proprietárias, escopo geográfico restrito e ausência de avaliação de impacto. As soluções propostas incluem adoção de padrões abertos, uso de tecnologias livres, integração com IoT e* Digital Twins*, além da implementação de métricas de desempenho. Conclui-se que o WebGIS possui grande potencial para fortalecer o ecossistema de cidades inteligentes, desde que aliado a estratégias que promovam escalabilidade, colaboração e inovação tecnológica.*

**Palavras-chave:** WebGIS, SIGWEB, cidades inteligentes, geotecnologias, interoperabilidade.

## 1. Introdução

O crescimento populacional acelerado e a complexidade dos sistemas urbanos impulsionam a busca por soluções tecnológicas que auxiliem no planejamento, gestão e monitoramento das cidades. Nesse contexto, o conceito de *cidades inteligentes* tem se consolidado como um paradigma capaz de integrar recursos tecnológicos, dados em tempo real e participação cidadã para otimizar serviços públicos, melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento sustentável. Os autoras [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] exploram essa integração por meio do *City Information Modeling*, que combina GIS, BIM, IoT e *Digital Twins* para criar modelos urbanos dinâmicos capazes de apoiar decisões estratégicas .

Entre as tecnologias centrais para essa transformação, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica na Web (*WebGIS* ou SIGWEB), que permitem a coleta, processamento, análise e visualização de informações espaciais de forma acessível e interativa. [Andrade et al. 2023] evidenciam que, na América Latina, o WebGIS tem sido aplicado em diferentes escalas e contextos, mas ainda enfrenta barreiras de interoperabilidade e integração de dados. Ao integrar fontes heterogêneas de dados — como sensores IoT, imagens de satélite, drones, *Building Information Modeling* (BIM) e redes sociais — o SIGWEB se torna uma camada essencial de suporte à decisão em diferentes domínios, incluindo mobilidade, gestão ambiental, segurança pública e infraestrutura urbana. [Rolim 2020], por exemplo, desenvolveu um *middleware* denominado *Smart Geo Layers*, que centraliza dados espaciais de múltiplas origens e disponibiliza *dashboards* interativos para usuários técnicos e não técnicos.

Nos últimos anos, estudos vêm explorando desde aplicações conceituais até casos operacionais. [Silveira et al. 2023] apresentam um exemplo de aplicação prática ao desenvolver um WebGIS para geolocalização de jazigos, integrando imagens de drones, banco de dados relacional e interface amigável, resultando em um sistema implementado na cidade de Passos (MG) . Já [Mascarenhas et al. 2020] utilizaram a plataforma ArcGIS Enterprise para criar dashboards que monitoraram em tempo real indicadores da pandemia de COVID-19, demonstrando o potencial do SIGWEB para resposta rápida em cenários emergenciais .

Apesar do avanço tecnológico e da diversidade de aplicações, persistem desafios como a ausência de padrões amplamente adotados, a necessidade de maior interoperabilidade entre sistemas e a carência de estudos que avaliem de forma robusta o impacto dessas soluções. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática que sintetiza e integra os resultados, abordagens metodológicas e contribuições teóricas dos estudos sobre aplicações de SIGWEB em cidades inteligentes, contemplando o período de 2020 a 2025. O objetivo é consolidar, em um único corpo de análise, as evidências, tendências, lacunas e oportunidades, proporcionando uma visão abrangente do estado da arte e subsidiando pesquisas futuras e iniciativas práticas na área.

## 2. Fundamentação Teórica

O conceito de *cidades inteligentes* está associado à utilização intensiva de tecnologias da informação e comunicação (TIC) para melhorar a gestão urbana, otimizar serviços públicos e promover a sustentabilidade. Nesse ecossistema, o *WebGIS* ou SIGWEB ocupa papel estratégico ao permitir a análise e visualização geoespacial em tempo real via navegadores e dispositivos móveis, oferecendo suporte a decisões baseadas em dados.

Uma característica distintiva do WebGIS é sua capacidade de integrar fontes de dados heterogêneas. [Andrade et al. 2023] destacam que, na América Latina, os sistemas urbanos inteligentes frequentemente combinam dados de sensores IoT, informações cadastrais municipais, imagens de satélite e *open data* para criar painéis e mapas interativos que orientam ações de planejamento e monitoramento. Essa integração é viabilizada por padrões e protocolos, como os definidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), *organização internacional responsável por criar e padronizar especificações técnicas que garantem a interoperabilidade entre sistemas, serviços e dados geoespaciais*, permitindo a comunicação eficiente entre diferentes plataformas.

A evolução dos sistemas de informação geoespacial tem sido acompanhada pela incorporação de tecnologias emergentes, tendência observada também no contexto do SIGWEB. Nesse cenário, [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] exploram o conceito de *City Information Modeling* (CIM), que integra GIS, BIM, IoT e *Digital Twins*, permitindo a criação de modelos urbanos tridimensionais capazes de simular cenários e prever impactos de intervenções antes de sua implementação física. Essa abordagem amplia as possibilidades de análise e contribui para a gestão proativa de infraestrutura, mobilidade e meio ambiente.

No campo das aplicações práticas, [Rolim 2020] desenvolveu o *Smart Geo Layers*, um middleware que facilita a integração de dados espaciais e oferece visualização por meio de dashboards interativos. Essa solução exemplifica como arquiteturas modulares podem ser adaptadas a diferentes contextos urbanos, permitindo desde análises ambientais até a gestão de recursos públicos. De forma semelhante, [Silveira et al. 2023] implementaram um WebGIS para geolocalização de jazigos, combinando imagens obtidas por drones com um banco de dados relacional, o que resultou em um serviço funcional e acessível à população.

Além de aplicações voltadas à infraestrutura e serviços públicos, o SIGWEB tem se mostrado relevante em situações de crise. [Mascarenhas et al. 2020] utilizaram o ArcGIS Enterprise para criar dashboards de monitoramento da COVID-19, permitindo acompanhamento em tempo real da evolução de casos e orientando políticas de saúde. [Fariniuk 2020]também aponta que ferramentas digitais como drones, inteligência artificial e WebGIS foram fundamentais para a gestão de emergências durante a pandemia, especialmente nas maiores cidades brasileiras.

No entanto, apesar de seu potencial, o uso do WebGIS enfrenta desafios significativos. [Andrade et al. 2023] ressaltam que a interoperabilidade entre sistemas ainda é limitada, dificultando a integração plena de dados e aplicações. [Sacramento et al. 2019], em uma revisão sobre IoT e GIS, também destacam questões de escalabilidade, governança de dados e privacidade como barreiras à adoção em larga escala.

Assim, a literatura indica que o WebGIS constitui uma infraestrutura tecnológica

estratégica para o desenvolvimento de cidades inteligentes, apresentando potencial para agregar valor em múltiplos domínios, embora ainda dependa de avanços em padronização, integração e avaliação de impacto para alcançar maturidade operacional.

## 3. Métodos

Esta revisão sistemática foi conduzida com base nas diretrizes PRISMA 2020, conforme estabelecido por [Page et al. 2021], adaptadas ao contexto de estudos em geotecnologias e cidades inteligentes. A metodologia integra os procedimentos aplicados nesta revisão sobre aplicações de SIGWEB em cidades inteligentes, de forma a consolidar um protocolo unificado.

### 3.1. Formulação da pergunta de pesquisa

A pergunta central desta revisão foi estruturada segundo o modelo PICO, originalmente proposto por [Richardson et al. 1995], amplamente utilizado na formulação de questões de pesquisa em práticas baseadas em evidências. O modelo PICO (*Population/Problem*, *Intervention*, *Comparison*, *Outcome*) oferece uma estratégia sistemática para delimitar os elementos essenciais de uma pergunta investigativa, permitindo maior precisão conceitual e orientando a definição dos critérios de busca e seleção dos estudos.

- **P (População/Contexto)**: Cidades inteligentes, urbanas ou metropolitanas.
- **I (Intervenção)**: Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica na Web (WebGIS/SIGWEB) integradas a serviços e soluções urbanas.
- **C (Comparação)**: Não aplicável, considerando que a maioria dos estudos é descritiva ou exploratória.
- **O (Desfecho)**: Tipos de aplicação, domínios temáticos, tecnologias empregadas, impactos, limitações e tendências.

**Questões de Pesquisa**

A partir do modelo PICO definido para esta revisão sistemática, as seguintes questões de pesquisa foram formuladas:

1. **RQ1:** Quais são as aplicações de WebGIS/SIGWEB empregadas em cidades inteligentes?
2. **RQ2:** Quais tecnologias, métodos e integrações compõem as soluções WebGIS/SIGWEB adotadas em cidades inteligentes?
3. **RQ3:** Quais impactos, limitações e tendências são apontados pela literatura sobre o uso de WebGIS/SIGWEB em cidades inteligentes?

### 3.2. Fontes de informação e estratégia de busca

As buscas foram realizadas em bases de dados científicas e portais especializados: MDPI, IEEE Xplore, ScienceDirect/Elsevier, SpringerLink, Scopus, *arXiv* e *ResearchGate*. Essas fontes foram escolhidas por sua cobertura relevante nas áreas de geotecnologias, engenharia e ciência da computação, conforme também adotado por [Andrade et al. 2023] e [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] em seus estudos sobre WebGIS e cidades inteligentes.

Foram utilizadas combinações de palavras-chave em português e inglês, incluindo operadores booleanos para todos as bases:

```
"WebGIS AND Smart Cities"
"SIGWEB AND Cidades Inteligentes"
"Digital Twin AND WebGIS AND Urban"
"IoT AND WebGIS AND Smart City"
```

O período considerado foi de janeiro de 2020 a março de 2025, admitindo exceções para trabalhos anteriores quando estes eram fortemente referenciados nas revisões analisadas, como o estudo de [Gallis et al. 2018] sobre WebSIG com dados de mapeamento móvel terrestre.

### 3.3. Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão abrangeram:

- Estudos publicados em periódicos revisados por pares ou anais de eventos científicos.
- Aplicações com componente WebGIS explícito.
- Enfoque em contexto urbano ou de cidades inteligentes.
- Disponibilidade de descrição metodológica suficiente para análise.

Foram excluídos:

- Trabalhos teóricos sem proposta de implementação ou estudo de caso.
- Aplicações em contexto exclusivamente rural ou agrícola.
- Documentos sem acesso integral ao texto.

Essa definição seguiu padrões observados em [Rolim 2020], que filtrou estudos pela aplicabilidade prática de suas propostas, e [Sacramento et al. 2019], que descartaram trabalhos sem detalhamento técnico.

### 3.4. Processo de triagem e extração de dados

O processo metodológico seguiu quatro etapas:

1. **Remoção de duplicatas**: eliminação de registros repetidos entre as bases.
2. **Triagem inicial**: leitura de títulos e resumos para identificar relevância.
3. **Avaliação de elegibilidade**: leitura integral dos textos selecionados.
4. **Extração de dados**: registro em planilha padronizada contendo autor, ano, tipo de estudo, domínio de aplicação, fontes de dados, tecnologias utilizadas, interface de usuário, recursos WebGIS, impacto, limitações e justificativa para inclusão.

A consolidação final incluiu trabalhos de diferentes naturezas — estudos de caso e propostas conceituais — com o objetivo de mapear tanto soluções já operacionais quanto tendências emergentes, conforme a abordagem integrativa também observada em [Fariniuk 2020] e [Mascarenhas et al. 2020].

O processo completo de busca e triagem está representado no fluxograma PRISMA-like descrito na Seção de Resultados.

## 4. Resultados

A busca e triagem resultaram na inclusão de estudos publicados entre 2020 e 2025, com alguns trabalhos anteriores considerados relevantes por sua contribuição conceitual ou

metodológica. Os estudos abrangem uma variedade de aplicações de *WebGIS* em contextos urbanos, indo desde sistemas operacionais implementados em cidades brasileiras até propostas conceituais de integração de tecnologias emergentes.

A distribuição temporal indica aumento progressivo de publicações a partir de 2020, acompanhando a ampliação do interesse por cidades inteligentes e a evolução de recursos de geoprocessamento na web. Geograficamente, há predominância de casos na América Latina e na Europa, com exemplos pontuais na Ásia e América do Norte.

Quanto aos **domínios de aplicação**, destacam-se:

- **Gestão de serviços públicos**: como o WebGIS para geolocalização de jazigos desenvolvido por [Silveira et al. 2023], que integrou imagens de drones e banco de dados relacional para uso direto pela população e administração municipal.
- **Planejamento e governança urbana**: exemplificado pelo *Smart Geo Layers* de [Rolim 2020], middleware que agrega dados espaciais heterogêneos e disponibiliza painéis interativos para análises estratégicas.
- **Saúde pública**: como o painel interativo criado por [Mascarenhas et al. 2020] utilizando ArcGIS Enterprise para monitoramento da COVID-19 em tempo real.
- **Integração de tecnologias**: [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] propõem o uso do *City Information Modeling* para unir GIS, BIM, IoT e *Digital Twins*, possibilitando simulações urbanas complexas.
- **Resposta a emergências**: [Fariniuk 2020] descreve o uso combinado de drones, inteligência artificial e WebGIS para suporte a decisões durante a pandemia.

Em relação às **tecnologias empregadas**, nota-se uso frequente de plataformas comerciais como ArcGIS Enterprise e de soluções customizadas com bibliotecas de código aberto. A integração com dispositivos IoT, drones e bases de dados georreferenciados é recorrente, permitindo atualização quase em tempo real. Fontes de dados comuns incluem:

- Imagens aéreas (satélite ou drones).
- Sensores IoT para monitoramento ambiental ou de infraestrutura.
- Bases cadastrais municipais.
- Dados abertos de plataformas governamentais.
- Redes sociais e fontes colaborativas (*crowdsourcing*).

Quanto ao **nível de maturidade**, identificam-se três grupos:

1. **Propostas conceituais**: que definem arquiteturas e modelos, mas não possuem implementação prática.
2. **Protótipos e pilotos**: aplicações testadas em contextos limitados, com usuários restritos.
3. **Implementações operacionais**: sistemas ativos, disponíveis para uso da administração pública e/ou cidadãos.

A Tabela 1 apresenta um resumo comparativo dos principais estudos incluídos, com informações sobre tipo de solução, aplicação urbana, fontes de dados, tecnologias e recursos WebGIS utilizados.

## 5. Análise dos Estudos Incluídos

Os estudos selecionados nesta revisão apresentam abordagens variadas quanto ao nível de maturidade, domínio de aplicação e recursos tecnológicos empregados. A seguir,

**Tabela 1. Resumo comparativo dos estudos incluídos.**

| Estudo | Tipo | Aplicação Urbana | Fontes de Dados | Tecnologias / Recursos WebGIS |
|---|---|---|---|---|
| Silveira et al. (2023) | Implementação operacional | Geolocalização de jazigos | Imagens de drones; BD relacional | Geoprocessamento; interface web amigável |
| Rolim (2020) | Protótipo / Middleware | Planejamento e governança urbana | Dados georreferenciados heterogêneos | Smart Geo Layers; dashboards interativos |
| Mascarenhas et al. (2020) | Implementação operacional | Monitoramento COVID-19 | Dados epidemiológicos municipais | ArcGIS Enterprise; dashboards |
| Jaime & Blumenschein (2023) | Proposta conceitual | Modelagem urbana integrada | Diversas fontes (GIS, BIM, IoT) | City Information Modeling; digital twins |
| Fariniuk (2020) | Estudo descritivo | Gestão emergencial | Drones; dados municipais; IA | Plataformas digitais integradas; WebGIS |

descrevem-se as principais características de cada um, considerando seu impacto e limitações.

### Silveira et al. (2023)

O estudo desenvolveu um sistema WebGIS voltado para a geolocalização de jazigos em um cemitério municipal. A aplicação integra imagens capturadas por drones, processadas em um banco de dados relacional, e oferece uma interface web intuitiva para acesso por cidadãos e servidores públicos. Como resultado, proporcionou maior eficiência na gestão e localização de sepulturas, reduzindo o tempo de atendimento e aumentando a transparência. A principal limitação observada é a restrição do escopo geográfico, limitado a um único município, o que dificulta a generalização da solução.

### Rolim (2020)

Propôs o *Smart Geo Layers*, um middleware para integração e visualização de dados georreferenciados de múltiplas fontes. A solução apresenta dashboards interativos que permitem análise espacial personalizada para diferentes perfis de usuários, desde técnicos especializados até cidadãos comuns. Essa flexibilidade favorece sua adaptação a diferentes contextos urbanos, mas sua aplicação ainda se encontra em fase de protótipo, sem registros de uso extensivo em ambientes reais.

### Mascarenhas et al. (2020)

Implementaram um painel de monitoramento da COVID-19 utilizando a plataforma ArcGIS Enterprise, integrando dados epidemiológicos e demográficos para visualização em tempo real. A solução auxiliou autoridades de saúde na tomada de decisão e no acompanhamento da evolução da pandemia em diferentes regiões. Apesar da relevância prática, a dependência de uma plataforma proprietária pode limitar a replicabilidade em municípios com recursos financeiros restritos.

### Jaime & Blumenschein (2023)

Apresentaram uma proposta conceitual baseada no *City Information Modeling* (CIM), que combina GIS, BIM, IoT e *Digital Twins* para criação de modelos urbanos tridimensionais dinâmicos. Essa abordagem visa apoiar decisões estratégicas por meio de simulações de cenários futuros, contemplando aspectos como mobilidade, uso do solo e infraestrutura. Embora promissora, a proposta não apresenta implementação prática, permanecendo no campo conceitual e necessitando de validação empírica.

### Fariniuk (2020)

Realizou um estudo descritivo sobre o uso de tecnologias digitais, incluindo drones, inteligência artificial e WebGIS, na gestão de emergências durante a pandemia de COVID-19 nas maiores cidades brasileiras. O trabalho evidencia o potencial de integração tecnológica para respostas rápidas e coordenadas, mas aponta que barreiras relacionadas à interoperabilidade e à infraestrutura de dados limitam a adoção em larga escala.

### Síntese comparativa

De forma geral, observa-se que:

- Os estudos operacionais de [Silveira et al. 2023] e [Mascarenhas et al. 2020] demonstram impacto imediato, mas são específicos de contextos locais.
- As propostas conceituais [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] e protótipos [Rolim 2020] exploram o potencial de integração tecnológica, mas carecem de validação prática.
- As análises descritivas [Fariniuk 2020] contribuem para identificar tendências e desafios sistêmicos, ainda que não apresentem soluções prontas para aplicação.

## 6. Discussão

A análise dos estudos revela que o *WebGIS* consolidou-se como ferramenta estratégica para apoiar a gestão e o planejamento de cidades inteligentes, atuando como camada de integração entre dados espaciais e serviços urbanos. A diversidade de aplicações encontradas — desde sistemas operacionais para serviços específicos, como a geolocalização de jazigos [Silveira et al. 2023], até propostas conceituais de modelagem urbana integrada [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] — indica que a tecnologia é versátil e adaptável a diferentes contextos.

Um primeiro aspecto observado é a distinção entre soluções operacionais e conceituais. As implementações práticas, como as de [Silveira et al. 2023] e [Mascarenhas et al. 2020], demonstram capacidade de gerar impacto direto na eficiência dos serviços e na tomada de decisão. Entretanto, tendem a ter escopo geográfico restrito e dependência de recursos locais, o que dificulta a replicação em outras localidades. Já os modelos conceituais e protótipos, como o de [Rolim 2020] e o de [de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023], oferecem visões inovadoras e integradas, mas carecem de validação empírica para comprovar sua efetividade em ambientes reais.

Outro ponto central é a interoperabilidade. Estudos como o de [Fariniuk 2020] evidenciam que a integração de diferentes fontes e formatos de dados ainda é um desafio,

mesmo com padrões como os do *Open Geospatial Consortium* (OGC). A falta de infraestrutura adequada e de políticas de governança de dados limita a troca de informações entre sistemas, reduzindo o potencial de uso colaborativo.

As plataformas utilizadas também influenciam diretamente a adoção das soluções. Ferramentas comerciais, como o ArcGIS Enterprise, oferecem robustez e suporte técnico, mas podem gerar dependência tecnológica e custos elevados. Em contrapartida, soluções baseadas em código aberto apresentam maior flexibilidade e potencial de customização, porém demandam equipes com conhecimento técnico especializado para manutenção e evolução.

Do ponto de vista tecnológico, observa-se uma tendência crescente de integração do WebGIS com *Internet das Coisas* (IoT), *Building Information Modeling* (BIM) e *Digital Twins*. Essa combinação amplia a capacidade de monitoramento em tempo real e de simulação de cenários, beneficiando áreas como mobilidade, infraestrutura e gestão ambiental. Contudo, a implementação dessas integrações ainda é inicial, restrita a projetos-piloto e estudos conceituais.

Por fim, as limitações mais recorrentes nos estudos analisados incluem:

- Escopo geográfico limitado, que reduz a generalização dos resultados.
- Dependência de plataformas proprietárias ou infraestrutura específica.
- Ausência de avaliação sistemática de impacto social e econômico.
- Barreiras à interoperabilidade e à integração de dados heterogêneos.

Essas constatações indicam que, para que o WebGIS alcance todo o seu potencial nas cidades inteligentes, é necessário avançar na padronização de dados, ampliar o uso de soluções abertas, investir em infraestrutura tecnológica e fomentar estudos comparativos que avaliem impactos em larga escala.

## 7. Quadro-Resumo dos Desafios e Soluções

O Quadro 2 sintetiza os principais desafios identificados nos estudos analisados e as soluções propostas ou implementadas, evidenciando padrões e tendências no uso de *WebGIS* em cidades inteligentes.

## 8. Conclusões

O presente estudo apresentou uma revisão sistemática sobre o uso de *WebGIS* em cidades inteligentes no período de 2020 a 2025, identificando aplicações práticas, propostas conceituais, tecnologias empregadas e desafios persistentes. Os resultados indicam que o WebGIS se consolidou como ferramenta fundamental para integrar dados espaciais a serviços urbanos, apoiando áreas como gestão de serviços públicos, planejamento territorial, saúde e resposta a emergências.

Observou-se que as soluções operacionais, embora eficazes em contextos específicos, ainda enfrentam barreiras para escalabilidade e replicação em larga escala. Por outro lado, modelos conceituais e protótipos exploram integrações avançadas com IoT, BIM e *Digital Twins*, mas necessitam de validação prática para demonstrar viabilidade e impacto real.

Entre os principais desafios identificados destacam-se a interoperabilidade limitada, a dependência de plataformas proprietárias, o escopo geográfico restrito e a ausência

**Tabela 2. Desafios e soluções no uso de WebGIS para cidades inteligentes.**

| Desafio | Descrição | Solução Proposta | Exemplos |
|---|---|---|---|
| Interoperabilidade limitada | Dificuldade de integrar dados de diferentes plataformas e formatos | Adoção de padrões OGC e APIs abertas para comunicação entre sistemas | Fariniuk (2020); Jaime & Blumenschein (2023) |
| Dependência de plataformas proprietárias | Custos elevados e restrição de customização ao usar software comercial | Uso de soluções *open source* (GeoServer, OpenLayers) e incentivo a capacitação técnica | Mascarenhas et al. (2020); Rolim (2020) |
| Escopo geográfico restrito | Aplicações concentradas em áreas ou municípios específicos | Planejamento para escalabilidade e replicação, uso de dados abertos nacionais | Silveira et al. (2023); Fariniuk (2020) |
| Ausência de avaliação de impacto | Falta de métricas sobre resultados sociais e econômicos das soluções | Implementação de indicadores de desempenho e coleta de feedback de usuários | Jaime & Blumenschein (2023); Rolim (2020) |
| Integração incipiente com tecnologias emergentes | Pouca aplicação prática de IoT, BIM e *Digital Twins* no contexto urbano | Projetos-piloto que combinem WebGIS com sensores e modelos 3D para testes controlados | Jaime & Blumenschein (2023); Rolim (2020) |
| Manutenção e atualização de dados | Dados desatualizados reduzem confiabilidade do sistema | Automatização da coleta de dados via sensores e serviços de atualização periódica | Silveira et al. (2023); Mascarenhas et al. (2020) |

de avaliação sistemática de impacto. As soluções propostas nos estudos analisados apontam caminhos para superar essas barreiras, incluindo a adoção de padrões abertos, o incentivo ao uso de tecnologias livres, a ampliação de projetos-piloto e o investimento em indicadores de desempenho.

A partir desses achados, recomenda-se que futuras pesquisas e implementações priorizem:

- A interoperabilidade entre sistemas por meio de padrões e APIs abertas.
- A utilização de soluções baseadas em código aberto para reduzir custos e ampliar a flexibilidade.
- A integração prática com tecnologias emergentes, como IoT e *Digital Twins*, em contextos urbanos reais.
- A criação de métricas e metodologias de avaliação de impacto para subsidiar decisões de investimento e expansão.

Em síntese, o WebGIS apresenta grande potencial para fortalecer o ecossistema de cidades inteligentes, desde que aliado a estratégias que promovam escalabilidade, colaboração interinstitucional e inovação tecnológica contínua.

## Referências


[Andrade et al. 2023] Andrade, J. N., Olivatto, T. F., Miyasaka, E. L., and Menezes, D. B. M. (2023). Geotecnologías en el contexto de las ciudades inteligentes: Análisis bibliométrico y revisión sistemática del escenario latinoamericano. *Procesos Urbanos*. Análise bibliométrica (América Latina).

[de Sousa Jaime Jaime and Blumenschein 2023] de Sousa Jaime Jaime, I. and Blumenschein, R. N. (2023). City information modeling. In *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*. Proposta conceitual integrando GIS, BIM, IoT e AI.

[Fariniuk 2020] Fariniuk, T. M. D. (2020). Smart cities e pandemia: Tecnologias digitais na gestão pública de cidades brasileiras. *Revista de Administración Pública*. Análise de ferramentas digitais em 100 maiores cidades brasileiras.

[Gallis et al. 2018] Gallis, R. A. B., Barbosa, R. L., Cunha, S., Hiraga, A., and Faria, M. (2018). Websig alimentado com dados coletados com sistema de mapeamento móvel terrestre. *Revista Brasileira de Cartografia*. Mobile mapping + WebSIG.

[Mascarenhas et al. 2020] Mascarenhas, A. R. P., Sampaio, F., Sanches, F., Pelosi, C., and Pimentel, R. (2020). Dashboard arcgis enterprise para análise espacial da covid-19. Technical report. Caso de saúde pública.

[Page et al. 2021] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmannn, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., and Moher, D. (2021). The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71).

[Richardson et al. 1995] Richardson, W. S., Wilson, M. C., Nishikawa, J., and Hayward, R. S. (1995). The well-built clinical question: A key to evidence-based decisions. *ACP Journal Club*, 123(3):A12–A13.

[Rolim 2020] Rolim, D. (2020). Dashboards para desenvolvimento de aplicações e visualização de dados para plataformas de cidades inteligentes. Technical report. Relatório / comunicação.

[Sacramento et al. 2019] Sacramento, I. C. C., de Amorim, A. L., Fernandes, V., and Ferreira, E. (2019). Integração iot e gis: Revisão sistemática da literatura aplicada à gestão de serviços urbanos. In *Anais do II Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção*. Revisão sobre IoT-GIS para serviços urbanos.

[Silveira et al. 2023] Silveira, B. G. S., de Paula, C. F., Pinto, R. A., Piantino, L. F. M., Sanjulião, L.-R. K. A., Reis, M. J., and da Silva, A. S. (2023). Elaboração de um sig web para geolocalização de jazigos em cemitérios. *Revista de Gestão e Secretariado*. Caso operacional (Passos, Brasil).