

Sustentabilidade e inovação: o papel das tecnologias para o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis

Sibery dos Anjos Barros e Silva
Uneb Campus

Alexandro Gularte Schafer Unipampa
Universidade Federal Do Pampa

Adelcio Machado dos Santos
UFSC

Samaira Cristina Souza Chagas
Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Alexandre Boleira Lopo
Uneb PPGADT

Janaina dos Santos Benvindo
Universidade Federal do Ceará -UFC

João Mário Vieira de Paula e Silva
UniRV-Universidade de Rio Verde

Flávia Adriana Santos Rebello
Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

Francisco Cleiton da Silva Paiva
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Lucas Alves Carvalho
Centro Universitário Santo Agostinho - UNIFSA

Samaira Cristina Souza Chagas
Universidade Estadual Do Piauí - UESPI

Resumo: *A presente pesquisa aborda a crescente importância das cidades inteligentes e sustentáveis como resposta aos desafios globais de sustentabilidade urbana. Com o objetivo de analisar o papel das tecnologias nesse contexto, foi realizada uma pesquisa utilizando revisão integrativa. Esta metodologia permitiu a síntese de estudos recentes, destacando que as tecnologias da informação e comunicação (TICs) desempenham um papel crucial na transformação urbana. As TICs facilitam a eficiência energética, a mobilidade sustentável, a gestão inteligente de resíduos e o uso racional dos recursos naturais, além de promoverem uma infraestrutura mais*

eficiente e governança urbana mais eficaz. Os estudos revisados indicam que as cidades inteligentes não apenas mitigam impactos ambientais negativos, mas também impulsionam o desenvolvimento econômico e social de maneira equitativa. No entanto, há lacunas na literatura, especialmente em relação à integração plena das dimensões econômicas, sociais e ambientais. Portanto, futuras pesquisas devem explorar como as TICs podem ser integradas estrategicamente em diferentes contextos urbanos para garantir cidades mais resilientes, habitáveis e ambientalmente responsáveis no futuro.

Palavras-chave: *Sustentabilidade; Inovação; Cidades inteligentes; Cidades sustentáveis; Tecnologias.*

Date of Submission: 24-08-2024

Date of Acceptance: 03-09-2024

I. Introdução

A preocupação com a sustentabilidade ambiental tem ganhado crescente relevância ao longo das últimas décadas, impulsionada por um panorama histórico marcado pela industrialização acelerada e pelo aumento da urbanização global. Desde a Revolução Industrial até os dias atuais, testemunhamos um consumo desenfreado de recursos naturais e uma intensificação dos impactos ambientais, que agora exigem ações urgentes para mitigar os efeitos adversos sobre o meio ambiente (Lima et al., 2024; Lima et al., 2024).

Nesse contexto, a necessidade de preservação ambiental e práticas sustentáveis tornou-se uma pauta central. A exploração indiscriminada dos recursos naturais e a poluição resultante têm levado a crises ambientais significativas, como mudanças climáticas, escassez de água e perda de biodiversidade. Esses desafios globais destacam a importância de adotar práticas que garantam a sustentabilidade, equilibrando o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais para as gerações futuras (Lopes, 2022).

Uma resposta contemporânea a esses desafios é o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis. Estas são planejadas e geridas de forma a integrar soluções tecnológicas inovadoras que promovam eficiência energética, mobilidade urbana sustentável, gestão inteligente de resíduos e uso racional dos recursos naturais. Além de minimizar impactos ambientais, as cidades inteligentes visam melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promovendo inclusão social e acessibilidade universal (Schonwald; Dal Magro; Tolêdo, 2021).

As tecnologias desempenham um papel crucial na transformação de cidades em ambientes inteligentes e sustentáveis. Desde sensores IoT (Internet das Coisas) que monitoram o consumo de energia até sistemas avançados de transporte público e coleta seletiva automatizada de resíduos, as inovações tecnológicas oferecem ferramentas poderosas para otimizar o uso de recursos e reduzir a pegada ecológica das cidades. A integração de dados em tempo real e análises preditivas permite uma gestão mais eficiente dos recursos urbanos, contribuindo para o desenvolvimento de comunidades urbanas mais resilientes e ambientalmente responsáveis (Silva et al., 2024).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar o papel das tecnologias para o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Justifica-se a realização desta pesquisa mediante a importância de entender como as inovações tecnológicas podem contribuir para a eficiência dos recursos urbanos, a melhoria da qualidade de vida e a redução do impacto ambiental. Em um contexto de crescimento populacional acelerado e mudanças climáticas, as cidades enfrentam desafios complexos que exigem soluções integradas e inovadoras.

II. Materiais e métodos

Para alcançar o objetivo desta pesquisa de analisar o papel das tecnologias no desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis, optou-se por uma abordagem de revisão integrativa. Essa metodologia permite a síntese crítica de estudos relevantes já publicados.

O processo de pesquisa começou com um levantamento de dados em duas plataformas: Google Acadêmico e SciELO. Foram estabelecidos critérios de inclusão rigorosos: os artigos deveriam ser completos, estar disponíveis em língua portuguesa, ser gratuitos, e focar especificamente no tema de cidades inteligentes e sustentáveis. Além disso, apenas estudos publicados entre 2020 e 2023 foram considerados, garantindo a atualidade das informações analisadas. A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa detalhada.

Após a seleção inicial dos artigos que atendiam aos critérios estabelecidos, cada estudo foi examinado minuciosamente para identificar como as tecnologias estão sendo aplicadas para promover eficiência energética, mobilidade urbana sustentável, gestão inteligente de resíduos e uso racional dos recursos naturais. Esse processo não apenas permitiu a compilação de um conjunto robusto de evidências, mas também facilitou a compreensão dos desafios e oportunidades enfrentados pelas cidades modernas na busca por desenvolvimento urbano sustentável.

Os resultados da pesquisa culminaram em uma amostra de três artigos científicos, selecionados com base em sua relevância e contribuições para o tema investigado. Esses estudos foram fundamentais para a construção de um panorama atualizado sobre como as inovações tecnológicas estão moldando o futuro das cidades, transformando práticas urbanas e contribuindo para um crescimento mais equilibrado e resiliente.

III. Resultados e discussões

Com base na realização desta revisão integrativa, foi possível obter três artigos que atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos, conforme evidencia o quadro 1.

Quadro 1. Artigos selecionados na revisão integrativa

Autores	Objetivo	Metodologia	Conclusão
Ferreira (2021)	Compreender os conceitos da literatura acerca das cidades inteligentes e sustentáveis	Revisão de literatura	O artigo revisa a literatura sobre cidades inteligentes e sustentáveis, destacando o papel crucial das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no desenvolvimento urbano. As cidades inteligentes e sustentáveis são caracterizadas por melhorias na qualidade de vida, infraestrutura eficiente, sistemas de informação integrados, boa governança e cuidado com o meio ambiente. A revisão literária ressalta que as TICs são fundamentais para impulsionar a inovação e aumentar a adaptabilidade e segurança das cidades. O estudo sublinha a importância de investigações futuras para entender melhor as vantagens, diferenças e integração das TICs no contexto das diferentes abordagens de cidades sustentáveis, como ecocidades, cidades compactas e cidades verdes.
Vida e Jesus-Lopes (2020)	Analisar a produção científica sobre o tema Cidades Inteligentes, dando ênfase na Sustentabilidade	Revisão sistemática	A pesquisa revisou estudos de 2013 a 2018 sobre cidades inteligentes, com foco em entender se predominava uma abordagem voltada para o crescimento econômico ou para o desenvolvimento sustentável. Dos 11 artigos analisados, apenas um tratou exclusivamente dos benefícios econômicos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) nas cidades inteligentes. Verificou-se que as cidades se tornam inteligentes à medida em que se utilizam das TICs para aperfeiçoar e otimizar serviços aos cidadãos. Outros estudos exploraram planejamento estratégico, avaliação de níveis de inteligência urbana e questões sociais como qualidade de vida e privacidade. No entanto, nenhum dos artigos revisados integrou plenamente as dimensões econômicas, sociais e ambientais conforme o conceito de Triple Bottom Line no contexto das cidades inteligentes. Isso evidencia uma lacuna significativa na literatura sobre como implementar cidades inteligentes de forma estratégica e sustentável.
Puntel e Ravache (2021)	Fazer uma análise sobre cidades inteligentes e sustentáveis, destacando o papel das tecnologias nesse processo	Pesquisa bibliográfica	O desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis envolve a integração de tecnologias avançadas para enfrentar desafios urbanos como o crescimento populacional e a degradação ambiental. A ODS 11 da ONU orienta políticas para remodelação urbana, destacando a arquitetura sustentável que combina projetos ambientais e tecnológicos. Exemplos demonstram que as TICs facilitam comunidades participativas e serviços públicos eficientes. Essas cidades visam melhorar a qualidade de vida urbana, proteger o meio ambiente e impulsionar a economia local de maneira sustentável.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O artigo de Ferreira (2021) realiza uma análise abrangente sobre o impacto das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Definindo essas cidades como aquelas que não apenas melhoram a qualidade de vida dos habitantes, mas também promovem infraestruturas eficientes, sistemas integrados de informação, boa governança e práticas ambientais responsáveis, o estudo destaca o papel crucial das TICs nesse contexto.

As TICs são consideradas fundamentais para impulsionar a inovação urbana, facilitando a integração de sistemas complexos e aumentando a adaptabilidade das cidades às mudanças socioeconômicas e ambientais. Além de melhorar a eficiência dos serviços urbanos, como transporte público, gestão de resíduos e fornecimento de água e energia, essas tecnologias também são essenciais para garantir a segurança cibernética e a proteção dos dados dos cidadãos.

O estudo ressalta a necessidade de pesquisas futuras para compreender melhor como as TICs podem ser integradas de maneira eficaz em diferentes abordagens de desenvolvimento urbano sustentável, como ecocidades, cidades compactas e cidades verdes. Cada modelo possui suas próprias prioridades e desafios, e entender as vantagens relativas de cada um pode orientar políticas públicas mais eficazes e estratégias de planejamento urbano.

Além de contribuir para decisões políticas informadas, o artigo sugere que o reconhecimento do papel transformador das TICs pode direcionar investimentos em infraestrutura digital e tecnológica como parte essencial de estratégias de sustentabilidade urbana. No entanto, também reconhece desafios como o acesso equitativo à

tecnologia, custos de implementação, preocupações com privacidade e segurança dos dados, e a necessidade de educação e conscientização da população.

O estudo conduzido por Vida e Jesus-Lopes (2020) fornece uma análise abrangente sobre o enfoque predominante dos estudos de cidades inteligentes entre os anos de 2013 e 2018. A pesquisa revisou 11 artigos com o objetivo de compreender se a abordagem dessas cidades estava mais voltada para o crescimento econômico ou para o desenvolvimento sustentável, considerando o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Um dos principais achados do estudo foi a constatação de que apenas um dos artigos revisados tratou exclusivamente dos benefícios econômicos das TICs nas cidades inteligentes. Isso sugere uma tendência limitada na literatura em explorar os impactos econômicos das tecnologias digitais no contexto urbano inteligente. Em contrapartida, a maioria dos estudos examinou como as TICs são utilizadas para aprimorar e otimizar serviços públicos, melhorando a qualidade de vida dos cidadãos.

Outro aspecto destacado pela pesquisa é a diversidade de temas abordados nos artigos revisados. Além do uso das TICs, os estudos exploraram o planejamento estratégico das cidades inteligentes, a avaliação dos níveis de inteligência urbana e questões sociais como qualidade de vida e privacidade. No entanto, um ponto crítico identificado foi a falta de integração plena das dimensões econômicas, sociais e ambientais, conforme preconizado pelo conceito de Triple Bottom Line.

A ausência dessa integração revela uma lacuna significativa na literatura sobre cidades inteligentes, indicando a necessidade de uma abordagem mais holística e estratégica para implementar essas iniciativas de forma sustentável. A aplicação do conceito de Triple Bottom Line poderia ajudar a equilibrar os interesses econômicos, sociais e ambientais, promovendo um desenvolvimento urbano inteligente que seja verdadeiramente benéfico e sustentável para todas as partes envolvidas.

Portanto, os resultados dessa pesquisa não apenas destacam as áreas de ênfase e as limitações atuais nos estudos de cidades inteligentes, mas também apontam para oportunidades futuras de pesquisa que visem a construir cidades mais inclusivas, eficientes e sustentáveis, utilizando eficazmente as TICs para o bem-estar geral de seus habitantes.

O artigo de Puntel e Ravache (2021) oferece uma análise abrangente e atualizada sobre o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis, destacando a importância da integração de tecnologias avançadas para enfrentar os desafios urbanos contemporâneos. Central para essa abordagem está a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), que desempenham um papel fundamental na melhoria da eficiência dos serviços públicos e na promoção de comunidades participativas.

Um dos pontos cruciais discutidos é o alinhamento com a Agenda 2030 da ONU, em particular com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, que orienta políticas para a remodelação urbana. Esse objetivo enfatiza a necessidade de adotar práticas de arquitetura sustentável que integrem projetos ambientais e tecnológicos. Essa combinação não só visa resolver questões como o crescimento populacional e a degradação ambiental, mas também promove um desenvolvimento urbano mais equitativo e resiliente.

As cidades inteligentes e sustentáveis destacadas no artigo são projetadas para melhorar significativamente a qualidade de vida urbana. Isso inclui a criação de ambientes mais saudáveis, a preservação dos recursos naturais locais e o estímulo à economia de maneira sustentável. Ao integrar tecnologias avançadas, essas cidades não apenas buscam soluções para os problemas urbanos contemporâneos, mas também oferecem um modelo de desenvolvimento urbano que equilibra crescimento econômico com responsabilidade ambiental e inclusão social.

IV. Conclusão

A pesquisa realizada teve como objetivo analisar o papel das tecnologias no desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis, refletindo uma resposta contemporânea aos desafios globais de sustentabilidade urbana. Os resultados revelaram que as tecnologias da informação e comunicação (TICs) desempenham um papel crucial na transformação urbana, facilitando a eficiência energética, a mobilidade sustentável, a gestão inteligente de resíduos e o uso racional dos recursos naturais.

A revisão integrativa destacou que as TICs não apenas melhoram a qualidade de vida dos habitantes urbanos, mas também promovem uma infraestrutura mais eficiente e integrada, contribuindo para sistemas de informação mais robustos e governança urbana mais eficaz. As cidades inteligentes e sustentáveis, conforme evidenciado pelos estudos revisados, estão posicionadas como modelos que não só mitigam impactos ambientais negativos, mas também impulsionam o desenvolvimento econômico e social de maneira equitativa.

Contudo, a pesquisa identificou algumas lacunas na literatura, especialmente em relação à integração plena das dimensões econômicas, sociais e ambientais nas estratégias de desenvolvimento urbano inteligente. Embora as TICs sejam amplamente adotadas para otimizar serviços públicos e melhorar a qualidade de vida urbana, há uma necessidade premente de investigações mais abrangentes que considerem essas três dimensões de

maneira equilibrada. Isso é essencial para garantir que as cidades inteligentes não apenas prosperem em termos tecnológicos, mas também sejam sustentáveis e inclusivas para todos os seus residentes.

Portanto, os resultados sugerem que futuras pesquisas devem explorar mais profundamente como as TICs podem ser integradas de forma estratégica em diferentes contextos urbanos, como ecocidades, cidades compactas e cidades verdes. A adoção de uma abordagem holística, alinhada com princípios de desenvolvimento sustentável, pode orientar políticas públicas mais eficazes e práticas de planejamento urbano que promovam cidades mais resilientes, habitáveis e ambientalmente responsáveis para o futuro.

Referências

- [1]. FERREIRA, A. S. Cidades inteligentes e sustentáveis: análise e definições acerca da literatura. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, 2021.
- [2]. LIMA, L. A. O. et al. Sustainable Management Practices: Green Marketing as A Source for Organizational Competitive Advantage. **RGSA (ANPAD)**, v. 18, p. 1, 2024. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-087>
- [3]. LIMA, L. A. O. et al. The Influence of Green Marketing on Consumer Purchase Intention: a Systematic Review. **RGSA (ANPAD)**, v. 18, p. e05249-11, 2024. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-084>
- [4]. LOPES, C. C. S. Logística reversa de resíduos da construção civil. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, 2022.
- [5]. PUNTEL, L. C. C.; RAVACHE, R. L. CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS. CONNECTION LINE - **REVISTA ELETRÔNICA DO UNIVAG**, [S. l.], n. 24, 2021.
- [6]. SCHONWALD, G. .; DAL MAGRO, M. .; TOLÊDO, J. H. D. de . LOGÍSTICA REVERSA APLICADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, [S. l.], v. 1, n. 5, p. 297–353, 2021.
- [7]. SILVA, C. M. A. et al. Sustentabilidade e supply chain management: o papel da logística reversa no descarte de medicamentos. **CUADERNOS DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO**, v. 16, p. 1-15, 2024. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n4-122>
- [8]. VIDA, E.; DE JESUS-LOPES, J. C. CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: UMA ANÁLISE SISTEMÁTICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RECENTE. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 17, p. 21, 10 jul. 2020.