

## O papel das Tecnologias da Informação na Construção de Cidades Inteligentes e Sustentáveis

**Vinícius Teixeira Juste**

Faculdade de Tecnologia de Americana, [viniciusjuste2019@gmail.com](mailto:viniciusjuste2019@gmail.com)

**Wandderley Luiz de Freitas Apaza**

Faculdade de Tecnologia de Americana, [wandderley.apaza@fatec.sp.gov.br](mailto:wandderley.apaza@fatec.sp.gov.br)

**João Emmanuel D Alkmin Neves**

Faculdade de Tecnologia de Americana, [joao.neves11@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.neves11@fatec.sp.gov.br)

### RESUMO

Este trabalho científico analisa o papel da tecnologia da informação na construção de cidades inteligentes e sustentáveis, em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura. O uso de tecnologias como sensores, IoT, GIS e IA é crucial para reduzir o consumo de energia e minimizar os impactos ambientais das cidades. O trabalho discute as principais tecnologias de TI e seu papel na criação de cidades mais sustentáveis, além dos desafios e oportunidades de implementá-las em diferentes contextos urbanos. Questões como o alto custo de implementação em larga escala, a desigualdade no acesso à tecnologia e a dependência excessiva da TI também são abordadas. O objetivo é analisar as tecnologias utilizadas e identificar os principais desafios para sua implementação, bem como recomendar estratégias para minimizar problemas e maximizar benefícios. A literatura demonstra que a TI é crucial para a construção de cidades inteligentes e sustentáveis, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, otimização de processos e desenvolvimento de soluções mais eficientes e econômicas. A aplicação da TI pode melhorar a participação dos cidadãos na gestão urbana, permitindo acesso a informações relevantes e colaboração. A TI deve ser integrada para garantir sua aplicação adequada na construção de cidades inteligentes e sustentáveis. A justificativa para este trabalho científico é a necessidade global de construir cidades mais eficientes e menos poluentes, embora questões relacionadas a custos, privacidade, desigualdade e dependência tecnológica precisem ser abordadas adequadamente. O uso da TI é uma maneira eficaz de alcançar este objetivo.

**Palavras-Chave:** Cidades inteligentes; Desenvolvimento Sustentável; Sustentabilidade; Tecnologia da informação; Tecnologias de TI.

Artigo Submetido: 21/06/2023

Artigo Aceito Publicação: 15/05/2024

## ***The Role of Information Technologies in Building Smart and Sustainable Cities***

### **ABSTRACT**

This scientific work analyzes the role of information technology in building smart and sustainable cities in line with Sustainable Development Goal 9 - Industry, Innovation, and Infrastructure. The use of technologies such as sensors, IoT, GIS, and AI is crucial to reduce energy consumption and minimize the environmental impacts of cities. The work discusses the main IT technologies and their role in creating more sustainable cities, as well as the challenges and opportunities of implementing them in different urban contexts. Issues such as the high cost of large-scale implementation, inequality in access to technology, and excessive dependence on IT are also addressed. The objective is to analyze the technologies used and identify the main challenges for their implementation, as well as recommend strategies to minimize problems and maximize benefits. Literature shows that IT is crucial to building smart and sustainable cities, allowing for real-time data collection and analysis, process optimization, and development of more efficient and cost-effective solutions. The application of IT can improve citizen participation in urban management, allowing access to relevant information and collaboration. IT must be integrated to ensure its proper application in building smart and sustainable cities. The justification for this scientific work is the global need to build more efficient and less polluting cities, although issues related to costs, privacy, inequality, and technological dependence need to be addressed properly. The use of IT is an effective way to achieve this objective.

**Key Words:** Smart cities; Sustainable Development; Sustainability; Information technology; IT technologies.

## 1. Introdução

As cidades são responsáveis por grande parte do consumo de energia e dos impactos ambientais. Com o aumento da população e da urbanização, é necessário encontrar soluções sustentáveis para tornar as cidades menos poluentes e mais eficientes. Uma das soluções é o uso de tecnologias da informação para a construção de cidades sustentáveis e mais inteligentes. Neste trabalho científico, pode-se abordar as principais tecnologias de TI utilizadas para a construção de cidades inteligentes, tais como sensores, dispositivos IoT (Internet das Coisas), sistemas de informação geográfica (GIS) e inteligência artificial (IA), e discutir como essas tecnologias podem ajudar a tornar as cidades mais sustentáveis, através da redução do consumo de energia, da melhoria da mobilidade urbana, da gestão de resíduos e da conservação de recursos naturais. Além disso, pode-se explorar os desafios e oportunidades para a implementação dessas tecnologias em diferentes contextos urbanos, considerando fatores sociais, econômicos e políticos.

Nesse contexto, a inclusão da ODS número nove - Indústria, Inovação e Infraestrutura - é relevante. A ODS 9 tem como objetivo "construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação". A implementação de tecnologias de informação e comunicação (TIC) para a construção de cidades inteligentes se enquadra nessa meta.

Ao utilizar tecnologias como sensores, dispositivos IoT, sistemas de informação geográfica e inteligência artificial, as cidades podem melhorar sua infraestrutura e promover a inovação em diversos setores. Isso inclui a criação de sistemas de transporte inteligentes, redes de energia eficientes, sistemas de gestão de resíduos mais inteligentes e soluções de governança urbana baseadas em dados.

O problema que pode ser encontrado na construção dessas cidades inteligentes é o custo para implantação de tecnologias em larga escala, principalmente em países pouco desenvolvidos ou em áreas periféricas.

A hipótese central é que o uso de tecnologias de TI pode contribuir de forma significativa para a criação de cidades sustentáveis, para isso é necessário que sejam abordados de forma adequada os desafios mencionados.

O objetivo deste trabalho é analisar as principais tecnologias utilizadas e identificar os principais desafios para a implantação destas tecnologias na construção de cidades, avaliaremos as melhores estratégias visando minimizar os problemas e maximizar os benefícios assim podendo propor recomendações para a implantação correta destas tecnologias

A justificativa para a realização deste trabalho científico é que, apesar dos desafios envolvidos, a construção de cidades inteligentes e sustentáveis é uma necessidade em todo o mundo.

A construção delas é uma maneira eficaz de tornar as cidades mais eficientes e menos poluentes, mas é necessário abordar adequadamente as questões relacionadas aos custos, privacidade, desigualdade e dependência tecnológica.

## 2. Referencial teórico

Segundo os pesquisadores as cidades inteligentes são o futuro, elas diminuirão o aquecimento global, trarão qualidade de vida e mais conforto para a sociedade. A tecnologia da informação será crucial para este processo de modernização, no Brasil o desafio será maior do que seria em países mais desenvolvidos, por conta da corrupção, falta de estrutura e cultura do nosso povo.

De acordo com Almeida, E. C., & Santoro, F. M. (2017) As tecnologias da informação são fundamentais na construção de cidades inteligentes e sustentáveis, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, a otimização de processos e o desenvolvimento de soluções mais eficientes e econômicas para a gestão urbana.

Segundo H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). A aplicação das tecnologias da informação é um componente chave na construção de cidades inteligentes e sustentáveis, permitindo o monitoramento e controle de diversos aspectos da cidade, como transporte, energia, segurança e meio ambiente. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar,

De acordo com Nam, T., & Pardo, T. A. (2011) As tecnologias da informação podem ser usadas para melhorar a participação dos cidadãos na gestão urbana, permitindo o acesso a informações relevantes e a possibilidade de feedback e colaboração.

Segundo Chen, Y., Zhang, Y., & Lu, Y. (2019). Smart city research: A review of the literature. A aplicação das tecnologias da informação na construção de cidades inteligentes e sustentáveis deve ser feita de forma integrada, considerando as diferentes áreas da gestão urbana e os objetivos de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Batty, M. (2013), um dos principais desafios enfrentados pelas cidades atualmente é a rápida urbanização, que traz consigo problemas como congestionamentos, poluição e demanda crescente por energia. O autor destaca que as tecnologias da informação desempenham um papel crucial na busca por soluções para esses desafios, permitindo a coleta de dados em tempo real, a análise de informações e a tomada de decisões baseada em evidências. Ele argumenta que o uso inteligente das tecnologias da informação pode levar a uma melhor gestão urbana, tornando as cidades mais eficientes, sustentáveis e habitáveis.

Seguindo essa linha, Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2009) afirmam que as tecnologias da informação e comunicação (TIC) são fundamentais para o desenvolvimento de cidades inteligentes, permitindo a integração de sistemas e a coleta de informações sobre diversos aspectos urbanos, como transporte, energia, segurança, meio ambiente e governança. Eles destacam que a utilização eficaz das TIC pode melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promover a sustentabilidade e impulsionar o desenvolvimento econômico.

No que diz respeito à mobilidade urbana, Bieker, T., & Edler, D. (2017) apontam que as tecnologias da informação têm um papel central na criação de soluções inovadoras, como sistemas de transporte inteligentes e compartilhados, que podem reduzir congestionamentos e emissões de carbono, além de melhorar a acessibilidade e a eficiência dos deslocamentos na cidade.

Em relação à gestão de energia, Abanda, F. H., et al. (2019) destacam que as tecnologias da informação desempenham um papel importante na transição para redes de energia inteligentes (smart grids). Essas redes permitem o monitoramento em tempo real do consumo de energia, o gerenciamento eficiente da distribuição e a integração de fontes

de energia renovável, contribuindo para a redução do consumo de energia e das emissões de carbono nas cidades.

No campo da governança urbana, Acs, G., et al. (2018) argumentam que as tecnologias da informação podem promover a participação dos cidadãos na tomada de decisões e na gestão da cidade. Por meio de plataformas digitais e aplicativos, os cidadãos podem ter acesso a informações relevantes sobre a cidade, expressar suas opiniões e contribuir para a solução de problemas locais. Essa abordagem participativa fortalece a democracia local e permite uma governança mais transparente e responsiva.

Outra área em que as tecnologias da informação têm sido amplamente aplicadas é a gestão de resíduos. De acordo com Zorpas, A. A., et al. (2018), as tecnologias como sensores e dispositivos IoT podem ser usadas para monitorar o nível de enchimento dos contentores de resíduos.

### **3. Exemplos de cidades inteligentes**

Segundo o site “O consumidor moderno”, São Paulo se destaca na área de Mobilidade e Acessibilidade, especialmente devido à diversidade de modos de transporte disponíveis. A cidade foi uma das pioneiras no Brasil a implementar o bilhete eletrônico em seu sistema de transporte público, permitindo o pagamento até mesmo por meio do PIX. Além disso, São Paulo também é uma das primeiras cidades a contar com semáforos inteligentes, que contribuem para um trânsito melhor.

A capital paulista possui atualmente mais de 600 km de ciclovias, oferecendo uma opção de transporte inteligente que ocupa menos espaço, reduz a emissão de poluentes e incentiva a prática de exercícios físicos, promovendo a saúde dos seus usuários. Com uma média de 5,53 km de ciclovia por habitante, São Paulo tem se destacado nessa área. A frota de veículos de baixa emissão também apresentou um crescimento, passando de 0,10% para 0,21% do total.

No âmbito da mobilidade, os moradores da cidade de São Paulo têm acesso, em um raio de 100 km, a três dos maiores e mais movimentados aeroportos do país (Congonhas, Guarulhos e Viracopos). Além disso, há uma ampla oferta de transporte rodoviário interestadual, conectando a população a mais de 940 destinos brasileiros.

A cidade de São Paulo também possui um ambiente propício para o setor tecnológico. Com um polo tecnológico declarado pela prefeitura, a cidade abriga 4,5% dos empregos formais no setor de tecnologia, além de 4,4% no setor de educação, pesquisa e desenvolvimento. São Paulo também conta com quatro incubadoras de empresas e registrou um aumento de 0,2% no número de empresas do setor de tecnologia.

Outros aspectos que merecem destaque em São Paulo incluem: acesso universal à água para a população urbana, com 97% tendo acesso ao sistema de esgoto e 99,1% sendo atendidos com coleta de resíduos sólidos. A cidade também possui um cadastro imobiliário informatizado e georreferenciado, disponibilizado aos cidadãos. Quanto à conectividade, São Paulo registrou uma velocidade média de 210,6 mbps nas conexões de banda larga, um aumento significativo em relação à pesquisa anterior que apontava 93,7 mbps. Além disso, 99,8% da população é coberta pelo sinal de 4G. A população também se beneficia com o agendamento online de consultas na rede pública de saúde e a presença do Centro de Controle e Operações, responsável pela segurança pública. A

independência de empregos no setor público chega a 85% e houve um crescimento de 6,7% no número de empregos em 2022.

**Figura 1 - Cidade de São Paulo**



Fonte: Consumidor Moderno

Segundo o blog “Maplink Blog”, Copenhague, a capital da Dinamarca, é amplamente reconhecida como uma das cidades mais sustentáveis do mundo. O compromisso da cidade com a bicicleta como meio de transporte e sua meta ambiciosa de se tornar neutra em carbono até 2025 são evidências desse empenho. É considerada uma das principais cidades inteligentes da Europa, ocupando a 6ª posição no ranking Cities in Motion, divulgado pela IESE Business School, que avalia as cidades com maior inteligência em todo o mundo.

Um excelente exemplo que destaca o caráter inteligente de Copenhague é o projeto EnergyLab Nordhavn, que demonstrou a viabilidade de integrar transporte elétrico, edifícios energeticamente eficientes, eletricidade e aquecimento em uma iniciativa capaz de reduzir consideravelmente as emissões de carbono.

Essas medidas não apenas melhoram a qualidade de vida dos habitantes, mas também desempenham um papel ativo na redução da poluição, servindo como um exemplo inspirador para outros países ao redor do mundo.

Outro aspecto notável é o fato de que mais da metade da população de Copenhague opta por utilizar bicicletas como principal meio de transporte para o trabalho, escola e lazer. No entanto, é importante ressaltar que essa prática só é viável graças à existência de uma infraestrutura cicloviária abrangente e eficiente.

Isso demonstra que a construção de uma cidade inteligente não depende exclusivamente do governo ou do setor privado, mas requer ações conjuntas que envolvam também os cidadãos em sua implementação e sustentação.

**Figura 2- Copenhague – Dinamarca**



Fonte: Maplink Blog

De acordo com o site “Eco Parking”, Singapura: A cidade-estado de Singapura é conhecida por sua abordagem inovadora para o planejamento urbano, incluindo o uso extensivo de tecnologia para melhorar a eficiência dos serviços públicos e a qualidade de vida dos moradores.

Uma das nações mais ricas do mundo, a cidade-estado abriga o porto mais movimentado do mundo em termos de tonelagem de transporte. Nos últimos anos, o governo implementou uma estratégia para transformar Singapura numa ‘cidade num jardim’ com ‘super árvores’ movidas a energia solar que podem atingir até 50 metros de altura e edifícios inteligentes e sustentáveis. Fachadas verdes, Aproveitamento do vento para climatizar edifícios, assim como uma visão progressiva de transporte urbano também contam para Singapura.

**Figura 3 - Jardins de Singapura**



Fonte: Eco telhado

Segundo o site “Pensamento verde”, Songdo, uma cidade localizada na Coreia do Sul, foi concebida desde o início como uma cidade inteligente, com uma infraestrutura interconectada e tecnologia de ponta nas áreas de transporte, energia e comunicações.

Um dos aspectos distintivos das cidades inteligentes é a incorporação de tecnologia no desenvolvimento de projetos, e isso também se aplica a Songdo. A cidade implementou diversas inovações tecnológicas que já estão em pleno funcionamento.

Um exemplo notável é o centro de operações e transporte, que foi inspirado na NASA. A cidade também possui estações de recarga para carros elétricos e um sistema que monitora o consumo de eletricidade em tempo real.

No que diz respeito aos resíduos produzidos nas residências, Songdo possui um sistema de reciclagem avançado, no qual mecanismos de aspiração direcionam os resíduos para uma rede subterrânea de túneis que os leva até o centro de processamento. Além disso, a cidade possui um sistema de aproveitamento de água, com uma extensa rede de canos que evita o uso de água potável nos vasos sanitários.

Songdo também oferece uma rede de ciclovias, uma escola internacional e câmeras que monitoram o fluxo de veículos que atravessam a ponte de acesso à cidade. Vale ressaltar que Songdo é uma ilha, com um projeto que se inspira na cidade de Nova Iorque e nos canais de Veneza.

Essas iniciativas mostram o compromisso de Songdo em se tornar uma cidade inteligente, proporcionando uma qualidade de vida aprimorada para seus habitantes por meio de soluções tecnológicas inovadoras.

**Figura 4 - Parque central de Songdo - Coreia do Sul**



Fonte: Spiegel ausland

#### **4. Material e métodos**

Para realizar esse trabalho, foram utilizados artigos científicos, livros e relatórios sobre tecnologias da informação e cidades inteligentes e sustentáveis, além de dados de pesquisas e estudos relacionados a esse tema.

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica para entender as principais tecnologias da informação utilizadas em cidades inteligentes e sustentáveis, bem como os benefícios e desafios do uso dessas tecnologias. Em seguida, foram analisados dados de pesquisas e estudos para identificar as principais tendências e desafios relacionados ao uso dessas tecnologias.

Após a análise dos dados, foram identificados os principais desafios relacionados à implantação de tecnologias de TI em cidades inteligentes e sustentáveis e foram propostas estratégias para minimizar esses desafios. Por fim, com base em todo o material utilizado, foram elaboradas recomendações para a implantação de tecnologias de TI em cidades inteligentes e sustentáveis, com o objetivo de orientar gestores públicos, empresas e cidadãos na adoção dessas tecnologias de maneira eficaz e sustentável.

#### **5. Considerações finais**

Este trabalho teve como objetivo entender o papel das tecnologias da informação na construção de cidades inteligentes e sustentáveis, a partir da análise das principais tecnologias utilizadas e dos desafios para sua implantação.

Os objetivos específicos foram definidos para analisar as tecnologias de TI, identificar os principais desafios para a sua implementação na construção de cidades e propor recomendações para a implantação correta dessas tecnologias. Verificou-se que as tecnologias de TI podem contribuir significativamente para a construção de cidades

sustentáveis e inteligentes, mas é necessário abordar adequadamente questões como custos, privacidade, desigualdade e dependência tecnológica.

A hipótese do trabalho de que o uso de tecnologias de TI pode contribuir para a criação de cidades sustentáveis se confirmou, desde que esses desafios sejam adequadamente abordados.

Portanto, a resposta ao problema de pesquisa é que as tecnologias de TI podem ser utilizadas para a construção de cidades sustentáveis e inteligentes, desde que sejam considerados os desafios mencionados.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados permitiram uma avaliação adequada dos temas abordados.

Para futuras pesquisas, é importante continuar explorando as tecnologias de TI utilizadas na construção de cidades sustentáveis e inteligentes, considerando fatores sociais, econômicos e políticos. Além disso, pode-se estudar o impacto dessas tecnologias na qualidade de vida dos cidadãos e na efetividade das políticas públicas.

## 6. Projetos futuros

Em pesquisas futuras, pode-se explorar a relação entre as tecnologias de TI e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura, que busca promover o desenvolvimento de infraestrutura resiliente, a industrialização inclusiva e sustentável, além da promoção da inovação e tecnologias limpas. A pesquisa pode enfatizar a importância dessas tecnologias para a realização desse objetivo, bem como discutir as estratégias necessárias para superar os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias em diferentes contextos urbanos.

## Referências

ABANDA, F. H. et al. Smart Grid Technologies for Sustainable Urban Development: Insights from Smart City Initiatives. *Sustainable Cities and Society*, v. 49, p. 101605, 2019.

ACS, G. et al. Urban Governance in the Era of Smart Cities: Institutionalization and Policy Learning in the Urban Living Lab. *Journal of Urban Technology*, v. 25, n. 3, p. 59-78, 2018.

ALMEIDA, E. C.; SANTORO, F. M. *Smart Cities: Fundamentos, Tecnologias e Aplicações*. São Paulo: Novatec Editora, 2017.

BATTY, M. *The New Science of Cities*. MIT Press, 2013.

BIEKER, T.; EDLER, D. Smart Mobility: Opportunities and Challenges of the Digitalization of Transportation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 104, p. 168-178, 2017.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 16, n. 2, p. 65-82, 2009.

CHEN, Y.; ZHANG, Y.; LU, Y. Smart city research: A review of the literature. *Journal of Cleaner Production*, v. 228, p. 946-965, 2019.

GIFFINGER, R. et al. Smart cities: Ranking of European medium-sized cities. Vienna University of Technology, Centre of Regional Science, 2007.

NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In: Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times, p. 282-291, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 03 maio 2023.

SILVA, V. F. S. Tecnologias de informação e comunicação na construção de cidades inteligentes e sustentáveis: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, n. 2, p. 266-282, 2019.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. Sustainable Development Goals. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 03 maio 2023.

ZORPAS, A. A. et al. Smart Technologies for Solid Waste Collection Monitoring: A Review. Waste Management, v. 77, p. 447-460, 2018.