

**Cidades inteligentes: desafios e oportunidades na integração da
iluminação pública e a tecnologia 5G**

*Smart cities: challenges and opportunities in the integration of public lighting and 5G
technology*

*Ciudades inteligentes: desafíos y oportunidades en la integración del alumbrado
público y la tecnología 5G*

Karen Cristina Francisco de Oliveira

Mestranda em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Uninove, Brasil
k.c.oliveira@uni9.edu.br

Heidy Rodriguez Ramos

Professora Doutora, Uninove, Brasil.
heidyrr@uni9.pro.br

RESUMO

À medida que as cidades se expandem e se tornam cada vez mais densamente habitadas, surge a necessidade de uma infraestrutura de comunicação mais robusta e eficiente. A convergência da iluminação com o 5G foi uma resposta à visão de criar cidades verdadeiramente inteligentes, onde a conectividade e a iluminação eficiente se combinaram para fornecer não apenas conforto e segurança, mas também eficiência energética e serviços urbanos mais avançados. O Brasil tem buscado acompanhar a tendência global de adoção do 5G como parte de sua estratégia para melhorar a infraestrutura urbana e a qualidade de vida de seus cidadãos. O objetivo do estudo é analisar o caso da cidade de Curitiba, pioneira na implantação de luminárias 5G sendo a primeira cidade do Brasil a receber um Sandex para o teste das luminárias inteligentes. Para tanto, foi realizado um estudo qualitativo, de caso único, com coleta de dados para analisar de maneira aprofundada os benefícios e desafios da implantação dessas luminárias e como essa tecnologia pode alavancar o desenvolvimento urbano e social da cidade de Curitiba.

PALAVRAS-CHAVE: 5G, Cidades Inteligentes, Iluminação Pública.

SUMMARY

As cities expand and become increasingly densely populated, the need for a more robust and efficient communications infrastructure arises. The convergence of lighting with 5G was a response to the vision of creating truly smart cities, where connectivity and efficient lighting combine to provide not only comfort and safety, but also energy efficiency and more advanced urban services. Brazil has sought to follow the global trend of adopting 5G as part of its strategy to improve urban infrastructure and the quality of life of its citizens. The objective of the study is to analyze the case of the city of Curitiba, a pioneer in the implementation of 5G luminaires and the first city in Brazil to receive a Sandex for testing smart luminaires. To this end, a qualitative, single-case study was carried out, collecting data to analyze in depth the benefits and challenges of implementing these luminaires and how this technology can leverage the urban and social development of the city of Curitiba.

KEYWORDS: 5G, Smart Cities, Public Lighting.

RESUMEN

A medida que las ciudades se expanden y se vuelven cada vez más densamente pobladas, surge la necesidad de una infraestructura de comunicaciones más sólida y eficiente. La convergencia de la iluminación con 5G fue una respuesta a la visión de crear ciudades verdaderamente inteligentes, donde la conectividad y la iluminación eficiente se combinen para brindar no solo comodidad y seguridad, sino también eficiencia energética y servicios urbanos más avanzados. Brasil ha buscado seguir la tendencia global de adoptar 5G como parte de su estrategia para mejorar la infraestructura urbana y la calidad de vida de sus ciudadanos. El objetivo del estudio es analizar el caso de la ciudad de Curitiba, pionera en la implementación de luminarias 5G y la primera ciudad de Brasil en recibir un Sandex para probar luminarias inteligentes. Para ello, se realizó un estudio cualitativo de caso único, recopilando datos para analizar en profundidad los beneficios y desafíos de la implementación de estas luminarias y cómo esta tecnología puede contribuir para el desarrollo urbano y social de la ciudad de Curitiba.

PALABRAS CLAVE: 5G, Cidades Inteligentes, Alumbrado Público.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o conceito de "Cidades Inteligentes" tem ganhado destaque global e se estabelecendo como uma das tendências mais influentes na sociedade contemporânea. Elas despertam curiosidade e admiração em diversos participantes do ambiente urbano. Conforme apontado por Caragliu *et al.*:

a cidade inteligente atual pode ser mais precisamente definida como uma abordagem de desenvolvimento urbano profundamente apoiada pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), responsáveis por reunir os dados essenciais e embasar as decisões mais acertadas em termos de planejamento e engenharia (2011, p. 72, *tradução nossa*).

Por um lado, a intensa urbanização traz consigo a complexidade de problemas que demandam novas abordagens na gestão do espaço urbano. As diversas necessidades das cidades são desafiadoras de serem equacionadas pelos seres humanos em tempo hábil para fornecer soluções imediatas e eficazes, ao mesmo tempo em que é crucial considerar seus impactos futuros. Por outro lado, a evolução da internet para a era da hiper conectividade permitiu que uma variedade de objetos conectados à rede adquirisse a capacidade de coletar, processar e transmitir dados, possibilitando assim a interação entre si e a influência sobre o ambiente ao redor. Esse avanço ficou conhecido como a Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things), um dos elementos marcantes da Quarta Revolução Industrial, também denominada Indústria 4.0 (SOLÉR, 2022).

Ademais, graças aos recursos oferecidos pela infraestrutura de iluminação, vários projetos de cidades inteligentes têm avançado devido às condições propícias para sua implementação. Essa rede possui uma infraestrutura vantajosa, com fontes de energia estáveis distribuídas por todo o território urbano e posicionadas em elevações nos postes. Isso viabiliza a integração de dispositivos IoT para o monitoramento das cidades (SOLÉR, 2022).

A concepção de integrar a iluminação pública ao 5G surgiu da busca por soluções inovadoras para os desafios crescentes das áreas urbanas. À medida que as cidades se expandem e se tornam cada vez mais densamente habitadas, surge a necessidade de uma infraestrutura de comunicação mais robusta e eficiente. A convergência da iluminação com o 5G foi uma resposta à visão de criar cidades verdadeiramente inteligentes, onde a conectividade ultrarrápida e a iluminação eficiente se combinaram para fornecer não apenas conforto e segurança, mas também eficiência energética e serviços urbanos mais avançados (SOLÉR, 2022).

Essa ideia revolucionária nasceu da compreensão de que a infraestrutura já existente oferece uma base sólida para a implantação desta tecnologia, criando assim uma oportunidade única de transformação urbana (MIORANDI *et al.*, 2012). A implantação dessas tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial, emerge como uma solução promissora para a otimização da gestão urbana, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real para embasar decisões mais informadas (CARAGLIU *et al.*, 2011).

A integração do 5G e da IoT na iluminação pública oferece oportunidades para o desenvolvimento de serviços urbanos inovadores. Por exemplo, sistemas de iluminação adaptativa podem ser implementados para ajustar automaticamente a intensidade da luz com base na presença de pessoas, economizando energia e contribuindo para a sustentabilidade. Dessa forma, a convergência dessas tecnologias não apenas aprimora a eficiência da iluminação

pública, mas também impulsionou o progresso na direção para cidades mais inteligentes e sustentáveis (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

A convergência entre o sistema de iluminação e essas tecnologias representam um marco importante nesse processo, potencializando a conectividade e proporcionando a base para o desenvolvimento de soluções inovadoras em diversas esferas urbanas, desde a mobilidade até a segurança pública. Essas abordagens, quando integradas de forma eficaz, têm o potencial de transformar as cidades em ambientes mais eficientes, inclusivos e sustentáveis, promovendo uma melhor qualidade de vida para seus cidadãos (NAM; PARDO; 2011)

A iluminação pública com a tecnologia 5G representa um avanço significativo no contexto urbano brasileiro, onde a necessidade de soluções inovadoras para os desafios das cidades em crescimento é precoce (SILVA; GARCIA; 2020). O Brasil tem buscado acompanhar a tendência global de adoção do 5G como parte de sua estratégia para melhorar a infraestrutura urbana e a qualidade de vida de seus cidadãos. De acordo com estudos recentes, a melhoria do 5G na infraestrutura de iluminação pública brasileira pode trazer benefícios substanciais, como a melhoria da conectividade em áreas urbanas e rurais (SILVA; GARCIA, 2020).

O objetivo deste estudo é buscar uma compreensão aprofundada de como a fusão dessas tecnologias pode promover avanços substanciais no contexto das cidades inteligentes, especificamente do Brasil, explorando casos paradigmáticos e propondo diretrizes pragmáticas para a implementação efetiva, com particular atenção ao cenário urbano brasileiro, tendo como objeto de pesquisa, a cidade de Curitiba, por ser considerada uma cidade pioneira na implementação desta tecnologia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cidades Inteligentes

Ao longo das últimas décadas, testemunhamos uma transformação significativa nas paisagens urbanas, impulsionada pela rápida urbanização e avanços tecnológicos. Esse fenômeno deu origem ao conceito de "Cidades Inteligentes", uma abordagem inovadora na gestão urbana que busca integrar tecnologia e conectividade para melhorar a qualidade de vida dos habitantes urbanos (CARAGLIU *et al.*, 2011).

O conceito de cidades inteligentes emerge como uma resposta inovadora para os desafios complexos enfrentados pelas áreas urbanas em crescimento acelerado. À medida que a população urbana aumenta, surge a necessidade de soluções eficientes para a gestão dos recursos e a promoção de um ambiente urbano seguro e sustentável (CARAGLIU *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a conectividade desempenha um papel central na construção de cidades verdadeiramente inteligentes (CARAGLIU *et al.*, 2011). A conectividade é a espinha dorsal que sustenta as operações urbanas modernas. Ela permite a comunicação instantânea e eficaz entre dispositivos, sistemas e cidadãos, formando a base para a implementação de soluções tecnológicas inovadoras. Com a evolução para a quinta geração de redes móveis (5G), a conectividade atinge um novo patamar, proporcionando velocidades de transmissão de dados sem precedentes e uma latência mínima (ANDREWS *et al.*, 2014).

A conectividade é o catalisador para a eficiência urbana em cidades inteligentes. Ela impulsiona a inovação tecnológica e permite a implementação de soluções inteligentes que

melhoram a qualidade de vida dos habitantes urbanos. À medida que a tecnologia continua a evoluir, a conectividade permanece como um pilar essencial para o desenvolvimento sustentável e a prosperidade das cidades modernas (ANDREWS *et al.*, 2014).

2.2 Iluminação Pública e as Receitas Acessórias

A iluminação pública, é um elemento vital para a segurança e a estética urbana, e vem ganhando um novo significado no contexto das cidades inteligentes. Estas representam um paradigma inovador de gestão urbana, onde a tecnologia desempenha um papel central na otimização dos recursos e na promoção de ambientes urbanos mais eficientes e habitáveis (CARAGLIU *et al.*, 2011).

No âmbito das cidades inteligentes, a integração da iluminação pública com avanços tecnológicos como o 5G e a Internet das Coisas (IoT) é um dos destaques mais marcantes. Com o advento destas tecnologias, a infraestrutura de iluminação pública se transforma em um potencial vetor de comunicação e coleta de dados em tempo real. Esta convergência oferece oportunidades para soluções inovadoras, como sistemas de iluminação adaptativa que ajustam a luminosidade conforme a presença de pessoas, promovendo a eficiência energética e a segurança (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

Ao redor do mundo as tecnologias disponíveis para iluminação pública passaram por profundas transformações e avanços nas últimas décadas. O desenvolvimento do LED de alta potência para fins de uso industrial e para iluminação pública foi uma importante inovação para o setor da iluminação (LU *et al.*, 2019).

Este avanço abre portas para a criação de novas oportunidades de negócios impulsionando a inovação no setor. A infraestrutura de iluminação pública, amplamente distribuída nas cidades, agora serve como uma plataforma multifuncional para a integração de tecnologias avançadas (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

Além disso, a iluminação pública pode gerar receitas acessórias por meio de parcerias público-privadas e modelos de negócios inovadores. Empresas podem explorar a infraestrutura existente para oferecer serviços como publicidade digital, carregamento de veículos elétricos ou até mesmo implementar sistemas de monitoramento de tráfego para planejamento urbano mais eficiente. Essas iniciativas não apenas diversificam as fontes de receita para as autoridades locais, mas também promovem um ecossistema econômico mais dinâmico e sustentável (SILVA; GARCIA, 2020).

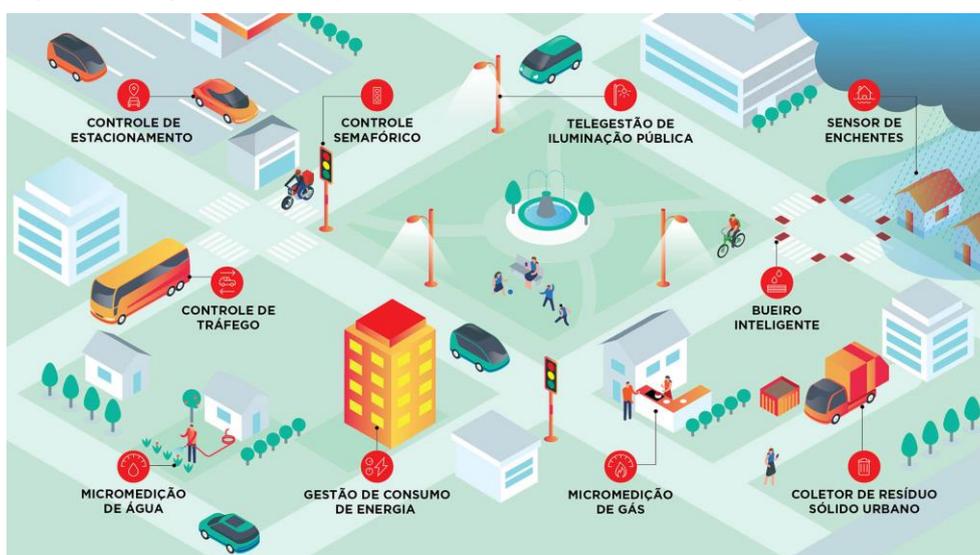
A integração das luminárias 5G na infraestrutura de iluminação pública representa uma revolução no panorama urbano contemporâneo. Além de prover iluminação eficiente e segura, essas luminárias têm potencial para se tornarem fontes geradoras de receitas acessórias. A capacidade de fornecer conectividade ultrarrápida e confiável transforma as luminárias em hubs de comunicação multifuncionais, abrindo portas para uma gama de novas possibilidades econômicas (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

Esses equipamentos não apenas fornecem iluminação eficiente para as ruas e áreas públicas, mas também operam como pontos de acesso à rede 5G, oferecendo conectividade de alta velocidade e capacidade de transmissão de dados em tempo real. Essa integração entre iluminação e tecnologia abre novas oportunidades de negócios no setor de iluminação pública (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

As receitas acessórias desempenham um papel fundamental na sustentabilidade financeira do setor de iluminação pública. Ao diversificar as fontes de financiamento e explorar oportunidades adicionais de receita, os municípios podem garantir a continuidade e aprimorar esse serviço essencial, seguro para o desenvolvimento urbano, a segurança e o bem-estar da população (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

Além de ajudarem a diversificar as fontes de financiamento do setor de iluminação pública, a dependência exclusiva de impostos e taxas municipais pode tornar o orçamento municipal mais suscetível a flutuações econômicas locais e limitar a capacidade de investimento em outras áreas prioritárias. Portanto, buscar alternativas de financiamento, como parcerias público-privadas ou fundos específicos, pode contribuir para a sustentabilidade e a eficiência na gestão desse serviço essencial, tornando o setor mais resiliente a flutuações e cortes no orçamento, garantindo sua continuidade e funcionamento adequado (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

Figura 01 – Imagem ilustrativa representando o conceito de “Cidade Inteligente”



Fonte: <https://cidadesinteligentesamericantower.com/>

2.3 5G: Benefícios, Desafios e Perspectivas de Inovação

A quinta geração de redes móveis, conhecida como 5G, é uma das inovações tecnológicas mais promissoras do século XXI. Ela representa um avanço significativo em relação às gerações anteriores, oferecendo benefícios substanciais e desafiando as fronteiras do que é possível em termos de comunicação sem fio (ANDREWS, 2014).

Uma das características mais marcantes do 5G é sua capacidade de proporcionar velocidades de dados extraordinárias, alcançando até vários gigabits por segundo. Essa ampla largura de banda permitirá experiências de navegação e streaming notavelmente mais rápidas e eficientes (ANDREWS et al., 2014).

A latência, ou o tempo de resposta entre o envio e recebimento de dados, é drasticamente reduzida no 5G. Com valores inferiores a um milissegundo, o 5G viabiliza aplicações em tempo real como cirurgias remotas, realidade aumentada e virtual, proporcionando uma experiência praticamente instantânea (ARAUJO; ANDRADE, 2020).

O 5G foi projetado para suportar um número significativamente maior de dispositivos conectados simultaneamente, possibilitando a expansão exponencial da Internet das Coisas (IoT) e impulsionando a automação em diversas indústrias (RAPPAPPORT *et al.*, 2013).

Utilizando frequências mais altas e ondas milimétricas, o 5G proporciona uma maior largura de banda, embora com alcance mais limitado. Isso requer uma infraestrutura mais densa, mas resulta em uma eficiência energética aprimorada e uma maior capacidade de transmissão de dados (DAHLMAN *et al.*, 2018).

O 5G serve como a base para uma miríade de inovações em diversas áreas, como saúde digital, cidades inteligentes, veículos autônomos, realidade virtual e aumentada, entre outras. Sua combinação única de características técnicas o torna uma força impulsionadora de avanços tecnológicos (LU *et al.*, 2019).

Em síntese, o 5G não é apenas uma evolução na conectividade, mas uma revolução que promete remodelar a forma como interagimos com a tecnologia e exploramos novos horizontes da inovação digital (LU *et al.*, 2019).

Um dos desafios primordiais na implementação do 5G reside na necessidade de uma infraestrutura sólida e adaptável. O 5G demanda um número substancialmente maior de estações base e pontos de acesso, bem como uma rede de fibra óptica de alta capacidade para suportar a transmissão de dados em altas velocidades, isso exige investimentos significativos em infraestrutura física, incluindo a instalação de cabos de fibra e a atualização de torres de transmissão (ANDREWS *et al.*, 2014).

A eficácia do 5G está intrinsecamente ligada à densidade de antenas e equipamentos. A tecnologia 5G opera em frequências mais altas, o que exige uma maior densidade de antenas para cobertura eficaz isso pode representar um desafio em termos de espaço e estética urbana, exigindo um cuidadoso planejamento e integração com o ambiente urbano existente (RAPPAPPORT *et al.*, 2013).

A regulamentação de antenas para o 5G envolve a definição de padrões de potência de transmissão, localização e altura das antenas, bem como critérios de segurança e conformidade ambiental (HAMMI *et al.*, 2018).

O 5G trará novas oportunidades para inovação nas empresas, mudando a forma como produtos e serviços são produzidos, comercializados e consumidos. A interação com consumidores será feita cada vez mais em tempo real. E há expectativas ainda mais futuristas. A conectividade, estabilidade e baixíssima latência oferecidos pelo 5G permitirá o aprimoramento de tecnologias que integram os mundos virtual e físico, por meio de representações tridimensionais, usando aplicativos e dispositivos de forma imersiva (metaverso) (HAMMI *et al.*, 2018).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo apresenta uma abordagem metodológica qualitativa com o uso de estudos de casos para investigar o uso do 5G nas redes de iluminação pública. A escolha do método qualitativo foi fundamentada na necessidade de compreender em profundidade as complexidades e nuances do fenômeno em estudo, permitindo uma exploração rica e contextualizada dos estudos de caso escolhidos como base.

A estratégia de estudos de casos foi adotada para proporcionar um olhar detalhado sobre o tema abordado, permitindo uma análise minuciosa das interações, contextos e dinâmicas envolvidas. Durante o processo de coleta de dados, foram empregadas técnicas como, participações em fóruns, análise de documentos e matérias de jornais proporcionando uma ampla gama de informações qualitativas (SILVA; MENEZES, 2005).

Os resultados obtidos por meio desta metodologia oferecem uma compreensão aprofundada e contextualizada sobre como o uso do 5G pode revolucionar atividades do dia a dia bem com o planejamento dos meios urbanos. Além disso, a abordagem qualitativa com estudos de casos permite uma análise sobre a cidade de Curitiba localizada no Paraná, enriquecendo ainda mais a compreensão do fenômeno.

O intuito de pesquisar especificamente a cidade de Curitiba, objetivo de pesquisa neste estudo, se deu por conta do seu notável avanço tecnológico e por ter sido a pioneira no Brasil a implementar uma rede de luminárias equipadas com tecnologia 5G. A capital paranaense tem se destacado como um polo de inovação e desenvolvimento, investindo de forma significativa em soluções urbanas inteligentes. Além disso, a implementação bem-sucedida das luminárias 5G em Curitiba serve como um exemplo promissor para outras cidades do país que buscam modernizar suas infraestruturas urbanas (GOMES *et al.*, 2020).

Ao analisar o caso de Curitiba, torna-se possível compreender os benefícios e desafios enfrentados na integração da tecnologia 5G com a infraestrutura de iluminação pública. A experiência da cidade pode fornecer valiosas lições e insights para gestores urbanos, pesquisadores e empresas que buscam promover a transformação digital em outras áreas metropolitanas. Além disso, o estudo de caso em Curitiba também permite uma avaliação aprofundada dos impactos sociais, econômicos e ambientais da implementação dessa inovadora infraestrutura de comunicação (GOMES *et al.*, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cidades que adotaram o 5G

Cidades ao redor do mundo estão adotando o uso de luminárias equipadas com tecnologia 5G como parte integrante de suas estratégias para se tornarem mais inteligentes e conectadas. Essa implementação tem demonstrado um potencial significativo para melhorar a eficiência dos serviços urbanos e promover um ambiente mais tecnologicamente avançado. Por exemplo, cidades como Seul, na Coreia do Sul, e Barcelona, na Espanha, têm liderado a adoção de luminárias 5G em seus espaços urbanos, integrando-as de forma inovadora em suas infraestruturas de iluminação pública (CHOURABI *et al.*, 2012)

Além disso, cidades nos Estados Unidos, como Chicago e Nova York, também estão explorando a implementação de luminárias 5G para aprimorar a conectividade e fornecer serviços urbanos mais eficientes e inovadores (TOWSEND, 2013). Essas iniciativas refletem a crescente importância do 5G como facilitador das cidades inteligentes, promovendo a conectividade ultrarrápida e permitindo uma ampla gama de aplicações inovadoras para melhorar a qualidade de vida dos habitantes urbanos (TOWSEND, 2013).

A implementação de luminárias equipadas com tecnologia 5G tem sido uma tendência em ascensão em diversas cidades do Brasil, refletindo o avanço tecnológico e o compromisso

com a transformação digital. Municípios como Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte têm se destacado como pioneiros nesse processo, adotando soluções inovadoras para melhorar a eficiência e conectividade urbana (TOWSEND, 2013).

Em Curitiba, por exemplo, a cidade se tornou a primeira do Brasil a implementar uma rede de luminárias 5G, consolidando-se como um polo de inovação e desenvolvimento tecnológico (GOMES *et al.*, 2020). São Paulo também tem avançado nessa direção, investindo significativamente em soluções urbanas inteligentes e adotando o 5G como parte de sua estratégia de modernização (TOWSEND, 2013).

O Rio de Janeiro, conhecido pela sua exuberante paisagem urbana, tem explorado o potencial do 5G na melhoria da conectividade em áreas urbanas e rurais, proporcionando benefícios substanciais para seus habitantes (SILVA; GARCIA, 2020). Belo Horizonte, por sua vez, tem buscado acompanhar a tendência global de adoção do 5G como parte de sua estratégia para aprimorar a infraestrutura urbana e a qualidade de vida de seus cidadãos (SILVA; GARCIA, 2020).

4.2 O caso da cidade de Curitiba

O estudo de caso da cidade de Curitiba e a sua implementação pioneira de luminárias equipadas com tecnologia 5G representam um marco significativo no cenário das cidades inteligentes no Brasil. A capital paranaense, conhecida por sua busca constante por inovação e desenvolvimento, optou por investir de forma proativa na integração dessa tecnologia como parte de sua infraestrutura urbana (TOWSEND, 2013).

Curitiba é a oitava cidade mais populosa do Brasil, com uma população estimada em cerca de 1,9 milhão de habitantes. A região metropolitana de Curitiba, que engloba diversos municípios vizinhos, conta com aproximadamente 3,2 milhões de habitantes. No que diz respeito aos serviços públicos, Curitiba é reconhecida internacionalmente por suas políticas de planejamento urbano e transporte público. O sistema de transporte coletivo é um dos mais eficientes do país, com uma extensa rede de ônibus e um inovador sistema de BRT (Bus Rapid Transit). Com uma extensa rede de ônibus, estações-tubo e faixas exclusivas, o sistema de transporte público de Curitiba é considerado um dos melhores do país. Além disso, a cidade investe em ciclovias, incentiva o uso de bicicletas como meio de transporte e promove a integração entre os diferentes modais (TRISOTTO, 2012).

A gestão pública de Curitiba é reconhecidamente uma referência no Brasil e no mundo, sendo elogiada pela eficiência e inovação. A cidade se destaca por suas políticas públicas voltadas para o bem-estar da população, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida. Um dos pilares da gestão pública em Curitiba é o planejamento urbano. A cidade possui um Plano Diretor detalhado, que orienta o crescimento ordenado, a distribuição de equipamentos públicos, o uso do solo e o desenvolvimento socioeconômico (HOBBS, 2020).

Esse planejamento estratégico permite que a cidade se desenvolva de forma equilibrada, evitando problemas como a expansão desordenada, congestionamentos e falta de infraestrutura. A gestão pública em Curitiba também se destaca pela valorização das áreas verdes e do meio ambiente (HOBBS, 2020).

Atualmente, a cidade de Curitiba conta com um sistema de iluminação pública moderno e eficiente, que engloba ruas, avenidas, praças e parques. A iluminação é realizada por

meio de luminárias de LED, que são mais econômicas, sustentáveis e duráveis em comparação com as lâmpadas convencionais. Essa tecnologia permite uma economia significativa de energia, além de reduzir os custos de manutenção. Através de um trabalho de planejamento e gestão eficiente, a Prefeitura de Curitiba tem realizado a modernização do sistema de iluminação em diferentes regiões da cidade (TRISOTTO, 2012).

Através de um trabalho de planejamento e gestão eficiente, a Prefeitura de Curitiba tem realizado a modernização do sistema de iluminação em diferentes regiões da cidade. Atualmente, a iluminação pública está passando por uma revolução tecnológica com a introdução das luminárias 5G. Essas luminárias estão sendo implantadas como parte de um conceito inovador chamado iluminação que combina a iluminação pública com a tecnologia de comunicação de última geração (TRISOTTO, 2012).

As luminárias 5G são equipadas com sensores avançados, câmeras de vídeo, sistemas de comunicação, tecnologia de rede sem fio de alta velocidade entre outros. Essas funcionalidades permitem que as luminárias 5G sejam muito mais do que simples fontes de luz. Elas se tornam pontos de integração entre diversos sistemas, permitindo a conexão e transmissão de dados de forma eficaz e rapidez (TRISOTTO, 2012).

O processo de implantação iniciou-se com uma cuidadosa análise de viabilidade, envolvendo estudos técnicos e a identificação de áreas prioritárias para a implementação das luminárias 5G. A infraestrutura existente foi adaptada para suportar a tecnologia, garantindo uma conexão eficaz e confiável em toda a cidade. Adicionalmente, foram realizados testes de campo para validar a eficiência da rede em diferentes cenários urbanos (GOMES *et al.*, 2020).

A tecnologia que começa a ser testada em Curitiba transforma as lâmpadas de iluminação pública em antenas de celular que espalham como wi-fi o sinal do 5G. O equipamento ainda tem outras funcionalidades voltadas para cidades inteligentes, como câmeras de videomonitoramento, telegestão, reconhecimento facial, gestão semafórica e sensor de ruído. A luminária, que na prática funcionará como um hub de serviços, foi instalada na Avenida Cândido de Abreu esquina com Rua Lysimaco Ferreira da Costa, ao lado da Prefeitura, no Centro Cívico (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2022).

Com o suporte de uma equipe multidisciplinar de especialistas, a cidade de Curitiba estabeleceu parcerias estratégicas com empresas do setor de tecnologia e provedores de serviços de comunicação para garantir a implementação bem-sucedida da rede 5G. Durante o processo, foram realizadas ações de conscientização e engajamento da comunidade, visando explicar os benefícios e esclarecer eventuais dúvidas sobre a nova tecnologia (TOWSEND, 2013).

A implementação das luminárias 5G também contribuiu para a melhoria da conectividade em áreas urbanas e rurais, promovendo não apenas a eficiência nos serviços urbanos, mas também proporcionando uma experiência mais conectada e integrada para seus cidadãos (SILVA; GARCIA, 2020).

A coleta de dados em tempo real possibilitada pela integração do 5G às vulneráveis permite uma resposta mais ágil a situações de emergência, otimizando os serviços de segurança e agilizando o atendimento a eventos críticos. Além disso, facilita a detecção de falhas na infraestrutura, o que contribui para um processo de manutenção mais eficiente e econômico (SILVA; GARCIA, 2020.)

A população também colhe benefícios dessa implementação. A alta conectividade promovida pelo 5G proporciona uma experiência mais fluida para os cidadãos em suas

atividades cotidianas, desde o acesso à internet até a utilização de aplicativos urbanos. A transmissão de dados mais eficaz também possibilita o desenvolvimento de soluções inovadoras, como a integração de sistemas de transporte público e a criação de espaços públicos interativos (SILVA; GARCIA, 2020).

No entanto, é importante considerar questões de segurança e privacidade no contexto da implementação das soluções 5G. Protocolos robustos de proteção de dados e sistemas de monitoramento transparentes são fundamentais para garantir que a tecnologia tecnológica beneficie a todos os cidadãos sem comprometer a segurança ou a privacidade (GOMES *et al.*, 2020).

A integração do 5G e da IoT na iluminação pública de Curitiba, proporciona um ambiente propício para o surgimento de novos modelos de negócios. Empresas voltadas para o desenvolvimento de soluções tecnológicas têm a oportunidade de oferecer serviços e produtos inovadores, impulsionando não apenas a economia local, mas também promovendo o avanço tecnológico a nível nacional (SILVA; GARCIA, 2020).

Em suma, a implementação pioneira de iluminação equipada com tecnologia 5G em Curitiba demonstra o compromisso da cidade com a vanguarda tecnológica e a busca pela melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Os cuidadosa análise de previsões e a parceria estratégica com empresas do setor foram fundamentais para o sucesso desse projeto, que não apenas promove uma experiência mais conectada à população, mas também impulsiona a economia local e fomenta o desenvolvimento tecnológico a nível nacional (SILVA; GARCIA, 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que as cidades buscam responder aos desafios complexos do crescimento urbano acelerado, a convergência do 5G e da Internet das Coisas (IoT) na infraestrutura de iluminação pública se destaca como uma estratégia promissora para promover cidades mais inteligentes e eficientes. O avanço tecnológico e a evolução da hiperconectividade têm possibilitado a coleta e análise de dados em tempo real, revolucionando a maneira como as cidades operam e atendem às necessidades de seus habitantes.

O estudo de caso em Curitiba exemplifica como a inovação pode ser eficazmente incorporada no contexto urbano, promovendo não apenas melhorias na conectividade e eficiência dos serviços urbanos, mas também impulsionando o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida dos cidadãos.

A experiência de Curitiba oferece valiosas lições e insights para gestores urbanos, pesquisadores e empresas que buscam aprimorar a transformação digital em áreas metropolitanas. Além disso, a integração do 5G e da IoT na iluminação pública proporciona oportunidades para o desenvolvimento de serviços urbanos inovadores, como sistemas de iluminação adaptativa que podem economizar energia e contribuir para a sustentabilidade.

Além dos aspectos técnicos e tecnológicos, a implementação bem-sucedida das luminárias 5G em Curitiba também evidencia o potencial de parcerias entre setores público e privado. A colaboração entre governos municipais e empresas de tecnologia desempenha um papel crucial na viabilização e manutenção dessas inovações urbanas. Essa sinergia permite não

apenas a modernização da infraestrutura, mas também a criação de ecossistemas urbanos mais dinâmicos e resilientes.

A pesquisa também destaca o cenário brasileiro, onde a implementação do 5G na infraestrutura de iluminação pública é promissora e tem o potencial de melhorar a conectividade em áreas urbanas e rurais. A busca por soluções inovadoras para os desafios das cidades em crescimento é uma necessidade urgente, e a integração do 5G e da IoT representa um avanço significativo nesse contexto.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **5G 'iluminando' municípios brasileiros**. 17 dez. 2021. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/5g-iluminando-municipios-brasileiros/>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- ANDREWS, J. G. *et al.* What Will 5G Be? **IEEE journal on selected areas in communications**, v. 32, n. 6, p. 1065-1082, 2014. DOI <https://doi.org/10.1109/JSAC.2014.2328098>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6824752>. Acesso em: 09 nov. 2023.
- ARAUJO, A. C. G. de; ANDRADE, P. H. L. **Internet das coisas: impacto da tecnologia 5G na internet das coisas**. 2020. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Sistemas de Informação) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, 2020. Disponível em: <https://dspace.uniceplac.edu.br/handle/123456789/906>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011. DOI <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2011.601117>. Acesso em: 09 nov. 2023.
- CHOURABI, H. *et al.* Understanding Smart Cities: an integrative framework. In Hawaii International Conference on System Sciences, 45., 2012, Maui. **Anais [...]**. Maui: IEEE, 2012. p. 2289-2297. DOI <http://dx.doi.org/10.1109/HICSS.2012.615>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6149291>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- DAHLMAN, E.; PARKVALL, S.; SKÖLD, J. **5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology**. [S. l.]: Academic Press, 2018.
- GOMES, L. C.; MAÇADA, A. C. G. **Cidades inteligentes no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2000.
- HAMMI, B.; KHATOUN, R.; ZEADALLY, S.; FAYAD, A.; KHOUKHI, L. IoT technologies for smart cities. **IET Networks**, v. 7, n. 1, p. 1-13, Jan. 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.1049/iet-net.2017.0163>. Disponível em: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/iet-net.2017.0163>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- LU, X. *et al.* 5G-U: conceptualizing integrated utilization of licensed and unlicensed spectrum for future IoT. **IEEE communications magazine**, v. 57, n. 7, p. 92-98, July 2019. DOI <https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1800663>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8722595>. Acesso em: 09 nov. 2023.
- MIORANDI, D. *et al.* Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad hoc networks**, v. 10, n. 7, p. 1497-1516, Sept. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570870512000674>. Acesso em: 09 nov. 2023.
- NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. In: Proceedings of the Annual International Conference on Digital Government Research Maryland, 12., 2011. **Anais**

[...]. New York: Association for Computing Machinery, 2011. p. 282-291. DOI <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2037556.2037602>. Acesso em: 10 nov. 2023.

RAPPAPORT, T. S. *et al.* Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work! **IEEE access: practical innovations, open solutions**, v. 1, p. 335-349, 2013. DOI <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2013.2260813>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6515173>. Acesso em: 09 nov. 2023.

SILVA, C.; GARCIA, N. M. **Internet of Things for Smart Cities: novel advances and case studies**. [S. l.]: CRC Press, 2020.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOLÉR, M. D. **5G e cidades inteligentes**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2022.

TOWNSEND, A. **Civic Hackers e a busca por uma nova utopia**. Nova York, NY: WW Norton and Company, 2013.

TRISOTTO, F. Curitiba é a oitava cidade mais populosa do Brasil. **Gazeta do Povo**, 31 ago. 2012. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/curitiba-e-a-oitava-cidade-mais-populosa-do-brasil-2ngnzh8dpjjhq3omw2dtftce/>. Acesso em: 18 out. 2023.