

CIDADES INTELIGENTES, TECNOLOGIAS E APLICABILIDADE NA CIDADE DE CATALÃO - GOIÁS

José Felipe Duarte da Costa¹, Lacordaire Kemel Pimenta Cury², Yuriel Batista Pereira da Silva³

Data de submissão: 17/06/2024

Data de aprovação: 24/06/2024

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o conceito de cidades inteligentes e como suas tecnologias podem melhorar a qualidade de vida dos cidadãos de Catalão. Com isso, foram realizados levantamentos das tecnologias de Singapura e Amsterdã, duas cidades reconhecidas por suas soluções inteligentes em diversas áreas urbanas. Esta pesquisa demonstra como Singapura destaca-se pelo seu investimento em infraestrutura tecnológica e pela sua implementação de soluções, como o sistema *Green Link Determining* (GLIDE) ou Sistema de Determinação de Link Verde, através do controle inteligente de semáforos. Em Amsterdã, a abordagem que reúne tecnologia, sustentabilidade e a participação dos cidadãos, como demonstrado pelo *Amsterdam Rainproof* ou Amsterdã à prova de chuva, que visa trazer soluções para a gestão da água da chuva por meio da participação cidadã. Com base nesta análise comparativa das cidades e no contexto encontrado em Catalão, entende-se que há necessidade de mais investimento em tecnologias para melhorar a mobilidade urbana, considerando o crescente número de veículos e a limitação do sistema de transporte público. Dentre outras soluções estudadas, o sistema GLIDE se mostrou o mais adequado para a realidade de Catalão, ao oferecer um sistema de controle inteligente de semáforos chamados de “Semáforos Inteligentes” que visam otimizar o fluxo de tráfego como também a melhora na mobilidade urbana. Por fim, entende-se que a utilização de tecnologias como o sistema GLIDE, a outros projetos como “Catalão segura” podem transformar a realidade Catalão em uma cidade ainda mais promissora, com maior qualidade de vida para seus cidadãos e melhoria no seu desenvolvimento econômico.

Palavras-chave: Tecnologias. Mobilidade Urbana. Semáforos Inteligentes.

¹ Graduando em Sistemas de Informação no Instituto Federal Goiano – Campus Avançado Catalão. Técnico em informática pelo Instituto Federal Goiano – Campus Avançado Catalão E-mail: josefelipetoby@hotmail.com.

² Professor no Instituto Federal Goiano - Campus Avançado Catalão. Doutorado em Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia (2011). Pós-Doutorado em Gestão Organizacional-Universidade Federal de Goiás (2020) E-mail: lacordaire.curry@ifgoiano.edu.br.

³ Assistente de Aluno no Instituto Federal Goiano. Graduado em Engenharia Civil - Centro de Ensino Superior de Catalão (2021), Pós graduando em Psicopedagogia Clínica e Institucional E-mail: yuriel.silva@ifgoiano.edu.br

ABSTRACT

This study aims to analyze the concept of smart cities and how their technologies can improve the quality of life of Catalan citizens. As a result, surveys were carried out of technologies from Singapore and Amsterdam, two cities recognized for their integrated intelligent solutions in several urban areas. This research demonstrates how Singapore stands out for investment in technological infrastructure and its implementation of solutions, such as the Green Link Determining (GLIDE) system, through intelligent control of traffic lights. Already Amsterdam, with its approach that brings together technology, sustainability and citizen participation data, as demonstrated by Amsterdam Rainproof, which aims to bring solutions to management rainwater through citizen participation. Based on this comparative analysis of the data and in the context found in Catalão, investment in technologies is necessary to improve urban mobility, considering the growing number of vehicles and the limitations of public transport system. Among other solutions studied, the GLIDE system proved to be the most suitable for the reality of Catalão, by offering an intelligent control system for traffic lights called “Smart Traffic Lights” that aim to optimize traffic flow as it also improves urban mobility. Finally, it is understood that the use of technologies like the GLIDE system, other projects like “Catalão Segura” can transform reality Catalão city into an even more intelligent city, with a higher quality of life for its citizens and improving their economic development.

Keywords: Catalão; Urban Mobility; Intelligent Traffic Lights.

1 INTRODUÇÃO

A medida que o mundo avança nas últimas décadas, cada vez mais pessoas têm se concentrado nas cidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em 2007, o número de residentes das cidades ultrapassou o de habitantes rurais no mundo e essa tendência continua, com mais pessoas vivendo em áreas urbanas (UNITED NATIONS, 2015). Segundo a Organização das Nações Unidas (NAÇÕES UNIDAS, 2022), a população mundial deverá aumentar em mais de 2 bilhões de habitantes nos próximos 40 anos, com mais de 65% desse crescimento ocorrendo em áreas urbanas.

Entretanto, como observado por Chourabi (2012) o rápido e desordenado crescimento das cidades constitui-se um sério desafio ao desenvolvimento sustentável dos centros urbanos. Nesse contexto, diversas inovações que utilizam Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e como também Inteligência Artificial (IA) têm sido apresentadas, visando exercer pressão em torná-las cidades inteligentes (SARKAR, 2015).

A expressão “cidade inteligente”, traduzida do inglês “*smart city*”, refere-se ao uso integrado e extenso de tecnologia para proporcionar melhorias a qualidade de vida dos habitantes. Este conceito representa um avanço em relação ao termo anteriormente empregado na década de 90, comumente conhecido como “cidades digitais”, quando a internet estava em seus estágios iniciais de desenvolvimento (GIBSON; KOZMETSKY; SMILOR, 1992).

O objetivo de uma cidade inteligente é proporcionar a máxima qualidade de vida, ao utilizar o mínimo de recursos como energia, recursos naturais e tempo. As TICs são de grande valia para as interações entre os diferentes sistemas. A interconexão dos sistemas permite otimizar o uso destes recursos, reduzir o desperdício e melhorar a sua eficiência. Além disso, permite-se a criação de um ambiente de participação cidadã em processos de tomada de decisão (MOSER; WENDEL; CARABIAS-HÜTTER, 2014).

A rápida progressão das tecnologias de informação e comunicação vem estimulando em todo o mundo o conceito de cidade inteligente. Cidades como Singapura, Barcelona e Amsterdã adotaram soluções inovadoras para enfrentar os desafios urbanos e melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos (GATTUPALLI, 2023). No entanto, muitos municípios ainda não exploraram todo o potencial dessas tecnologias para promover a inteligência urbana.

A cidade de Catalão, localizada no sudeste do estado de Goiás, possui uma população estimada em 114.427 habitantes em 2022, vem experienciando um crescimento populacional e de veículos constante (IBGE, 2023d). Este aumento, aliado à carência de soluções tecnológicas para o trânsito, impacta diretamente na fluidez do tráfego, gerando diversos problemas que contribuem para uma imagem desfavorável do trânsito perante a sociedade, tais como a demora no trânsito e os congestionamentos segundo Vasconcelos (2017).

Sendo assim, o objetivo deste estudo consiste na realização de uma pesquisa de tecnologias atualmente implantadas em cidades inteligentes como por exemplo Singapura e Amsterdã. A pesquisa se torna relevante ao analisar desafios específicos, como os enfrentados pela cidade de Catalão, com sua alta crescente população e frota de veículos e como a utilização de tecnologia é necessária como visto em cidades inteligentes atuais. É necessário considerar os conceitos aplicados em cidades inteligentes para melhoria da mobilidade e vida dos cidadãos como um todo.

2 DESENVOLVIMENTO

A seguir, será apresentado os materiais e métodos utilizados na pesquisa como também seguidos da fundamentação teórica, que contribui com o conceito de cidades inteligentes e as

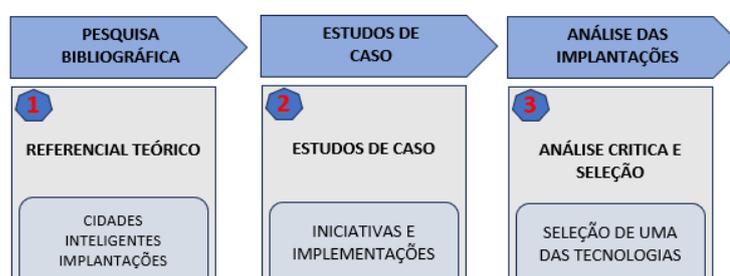
tecnologias aplicadas em Singapura e Amsterdã, por fim a problemática encontrada em Catalão e os resultados obtidos da realização deste trabalho.

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho baseou-se em uma pesquisa bibliográfica, ao examinar iniciativas e ferramentas relacionadas ao conceito de cidade inteligente. O objetivo principal da pesquisa é analisar a possível implementação dessas iniciativas em Catalão – Goiás.

Como indicados na Figura 1 - Processo Metodológico são base para a seleção da tecnologia que será sugerida a sua implantação em Catalão.

Figura 1: Processo Metodológico



Fonte: O Autor.

Como demonstrado, o estudo está subdividido em fases: a revisão bibliográfica, a análise de casos e, por último, uma avaliação crítica dos resultados obtidos. A seguir, são mencionadas as tecnologias implementadas nas cidades inteligentes.

A seleção das cidades de Singapura e Amsterdã se deu por meio de uma pesquisa das principais cidades inteligentes do mundo. Foram analisados quesitos históricos e tempo de investimentos em tecnologias.

Apresentam-se da seguinte forma:

- a) **Pesquisa Bibliográfica:** Realizada com o intuito de compreender as tecnologias já implantadas, assim como para explorar o conceito de tecnologias e a aplicação em Catalão. Ademais, a pesquisa bibliográfica serviu como arcabouço teórico para o processo de argumentação apresentado no artigo. Para este estudo foram analisadas algumas bases de dados, dentre elas: IEEE Xplore, Elsevier, Springer, SciElo e IBGE.
- b) **Estudos de Caso:** foram analisados dois estudos de caso em que haviam duas cidades inteligentes, sendo a cidade-estado Singapura e Amsterdã, localizada na Holanda, ambas consideradas cidades inteligentes, conforme pilares definidos por Komninos (2002).

- c) **Análise das tecnologias:** Nessa etapa buscou-se analisar as tecnologias utilizadas nestas duas cidades quanto à possibilidade de melhoria na vida dos cidadãos. Após estudo, foi feita uma análise da possibilidade de implantação em Catalão seguindo os problemas levantados durante o trabalho.
- d) **A Seleção:** Conforme a análises feitas deve-se conseguir apontar a melhor tecnologia comparando com a problemática encontrada na cidade de Catalão e realizar a indicação da alternativa que se encaixa no contexto a ser utilizado por Catalão. A aplicação selecionada deve conseguir auxiliar a problemática encontrada da cidade de Catalão.

Na elaboração do referencial teórico foram consultados livros, artigos científicos, revistas científicas, bem como relatórios técnicos visando reunir o conhecimento já produzido acerca do tema do trabalho. Grande parte das informações e dados foi obtida principalmente através da consulta aos websites das entidades responsáveis como Singapore. . . (s.d) e City. . . (s.d.), que regularmente compartilham seus dados e atualizações.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao adentrar no mundo das cidades inteligentes, são apresentadas duas cidades Singapura e Amsterdã, duas cidades, internacionalmente reconhecidas por seus avanços na implementação de soluções inteligentes para mobilidade urbana, gestão de recursos e melhoria da qualidade de vida, dentre outras (HINES-ELZINGA, s.d.; GIBSON; KOZMETSKY; SMILOR, 1992). Em paralelo, investiga-se o contexto de Catalão, ao identificar seus desafios e oportunidades para se tornar uma cidade inteligente.

Cada uma das cidades foi analisada de uma forma que seja conhecido sua história, seu desenvolvimento tecnológico e as tecnologias utilizadas. É necessário compreender o momento em que cada cidade iniciou sua jornada com a tecnologia da informação e como se deu o impacto no desenvolvimento urbano.

2.2.1 Cidades Inteligentes

O conceito de cidade inteligente tem ganhado popularidade ao longo dos últimos anos, embora não haja consenso sobre o seu significado. O termo “*Smart City*” (Cidade Inteligente, em português) surgiu pela primeira vez em 1992, sendo citado no livro intitulado *The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks* conhecido como O Fenômeno Technopolis: Cidades Inteligentes, Sistemas Rápidos, Redes Globais (GIBSON; KOZMETSKY; SMILOR, 1992).

Para Komninos (2002) existem agrupamentos complexos que mesclam três dimensões essenciais: indivíduos, sabedoria coletiva e inteligência artificial. Sem a colaboração desses elementos, uma cidade não pode ser chamada de inteligente. No artigo de Giffinger *et al.* (2007) acreditava-se de que o conceito de cidade inteligente estaria diretamente relacionado com seis princípios de inteligência: economia, pessoas, governança, mobilidade, ambiente e vida, levantados por contribuições e autogestão, com indivíduos independentes e conscientes.

Da mesma forma, o conceito de cidade inteligente é abordado de diversas outras maneiras e dimensões. Apesar de existir uma diversidade de definições, é possível identificar pontos convergentes dentre todos os autores: a utilização das TICs e inteligência artificial; existência de infraestrutura física e de rede; aperfeiçoamento da prestação de serviços públicos para a população; integração e interconexão de sistemas e infraestrutura, promovendo o desenvolvimento social, cultural, econômico e ambiental e a melhoria contínua (GIL-GARCIA; PARDO; NAM, 2016).

Neste sentido, a aplicação de tecnologias e iniciativas inteligentes e o uso da tecnologia no meio urbano podem contribuir ainda mais para a generalização de moradias, melhoria dos serviços básicos, na valorização do patrimônio cultural e natural, bem como na redução do impacto ambiental provocado. Assim, admite-se que a adaptação das novas tecnologias permite fazer, de uma forma otimizada, as necessidades sociais e traz e novas soluções para lidar com essas demandas (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010).

De acordo com Ashwini, Savithamma e Sumathi (2022) a utilização da inteligência Artificial (IA) nas cidades inteligentes traz vários benefícios tangíveis, desde a otimização de recursos como energia até a melhoria da segurança e do transporte público, demonstrando assim como a utilização das TICs o seu potencial para a criação de ambientes mais inteligentes, eficientes e sustentáveis.

Já para Komninos (2002) utilização da inteligência artificial definida pelo autor como sistemas que buscam replicar os processos cognitivos da mente; ou a inteligência a obtida a partir de máquinas, não se trata apenas de uma tecnologia a ser utilizada, mas estratégia que se utiliza para que uma sociedade se torne ainda mais sustentável e amiga dos cidadãos. Plataformas de prefeituras ou aplicativos podem potencializar a participação cidadã, enquanto sistemas de reconhecimento facial e de monitoramento de tráfego podem auxiliar na gestão do governo sendo eficiente no espaço urbano.

Ao considerar este cenário de transformação da realidade dos centros urbanos, com contribuição de tecnologias da informação e da inteligência artificial as tomadas de decisões se tornam ainda mais assertivas no espaço público, com consequências diretas sobre a cidade e

suas políticas urbanas e da cidadania (GONZÁLEZ, 2015; ASHWINI; SAVITHRAMMA; SUMATHI, 2022). A partir deste cenário, serão apresentados nas sessões seguintes as tecnologias levantadas em cidades inteligentes, no âmbito internacional, sendo centrais as discussões sobre a cidade-estado Singapura e também Amsterdã, localizada na Holanda, para que seja possível identificar e indicar a melhor tecnologia para o ambiente catalano.

2.2.2 *Singapura*

Singapura é uma cidade-estado insular com quase três milhões de habitantes e um PIB per capita observado em 2022 de U\$ 82.807,60, sendo a capital regional do sudeste asiático. Inicialmente cresceu como um porto seguro e um ponto de trocas comerciais com a China, Singapura se estabeleceu como um centro mercantil no meio de vizinhos ricos em recursos, tornando-se um importante polo regional conhecido por sua eficiência e qualidade superior de produção e tecnologia (GIBSON; KOZMETSKY; SMILOR, 1992; WORLD BANK, 2022b).

Singapura foi um dos primeiros países em desenvolvimento a reconhecer o poder de transformação da Tecnologia da Informação (TI) e da utilização de sistemas inteligentes. Em 1981 iniciou-se pelo governo o projeto *National Computer Board* (NCB), ou Conselho Nacional de Informática, para liderar sua transição tecnológica. Desde então, há um esforço para desenvolver capacidades de TI e de uma sociedade cada vez mais tecnológica, tanto nos setores públicos como privado, para a melhora da competitividade econômica global de Singapura como também para a qualidade de vida dos seus cidadãos (MAHIZHNAN, 1999).

Os investimentos em tecnologias em Singapura resultaram em uma série de benefícios visíveis, ao gerar melhorias significativas na eficiência dos transportes públicos, na gestão de resíduos, na segurança urbana e na qualidade dos serviços de saúde. Além disso, as soluções tecnológicas implementadas têm contribuído para redução do consumo energético, melhoria na mobilidade e também nas emissões de carbono, promovendo uma melhora significativa na sustentabilidade ambiental.

Singapura pode ser considerada um dos principais exemplos de sucesso na implementação de tecnologias, premiada em 2018 no evento “*Smart City Expo World Congress*” ou Congresso Mundial das Cidades Inteligentes pelo seu desempenho. A ampla gama de soluções desenvolvidas pelo governo, desde algoritmos dinâmicos no transporte público a portais para pais e professores, ou mesmo análises preditivas de vazamentos em tubulações de água, provaram que busca sistematicamente a aplicação de tecnologias digitais inovadoras para melhorar a vida da sua população (SINGAPORE, 2018a).

A base para o sucesso de Singapura como cidade inteligente está em sua avançada infraestrutura tecnológica. O país investiu consideravelmente em redes banda larga de alta velocidade, sensores e plataformas de dados que interligam os diferentes aspectos da vida urbana.

A iniciativa “*Next Gen NBN*” garantiu acesso universal à internet de alta velocidade, permitindo a integração de serviços digitais e a coleta massiva de dados dos sensores (AUTHORITY, I.-C. M. D., 2023). Há milhares de sensores que coletam informações em tempo real sobre tráfego, qualidade do ar e consumo de energia. Desta forma, é possível um monitoramento eficiente e tomadas de decisões mais assertivas e rápidas (AUTHORITY, I. M. D., 2022).

A *Smart Nation Platform* (SNP), Plataforma Nação Inteligente, é uma plataforma abrangente de computação em nuvem implementada em Singapura que visa transformar a gestão pública e o desenvolvimento de serviços inteligentes. A base da SNP é uma rede de sensores e plataformas de análise de dados, que coletam informações de diversas fontes, como trânsito, clima, energia e segurança pública. Essa coleta de dados em tempo real permitem a tomada de decisão mais precisa, otimizando a gestão de serviços como transporte público, iluminação pública, segurança pública e consumo de energia (SINGAPORE, 2023b; NG, 2018). Esta forte infraestrutura tecnológica permite a Singapura implementar soluções inovadoras em diversas áreas, com destaque para o sistema *Green Link Determining* (GLIDE), Sistema de Determinação de Link Verde.

O sistema de controle de tráfego urbano computadorizado de Singapura, conhecido como GLIDE, passou por uma evolução significativa desde sua primeira implementação em 1981. Inicialmente, o sistema operava com planos de tempo fixo, mas foi atualizado em 1988 para um sistema dinâmico, capaz de se adaptar às condições de tráfego em tempo real. O GLIDE trabalha ajustando-se o tempo que a luz verde permanece ativa em cada cruzamento seguindo o volume de tráfego, sincroniza os sinais de tráfego vizinhos para evitar paradas desnecessárias e permite que os operadores monitorem centralmente a situação dos sinais de tráfego no sistema, como pode ser visto na Figura 2. Em caso de falhas no sistema de telecomunicações, computadores ou controladores locais, o sistema possui modos de operação alternativos (*Flexilink* e *Local*) que garantem o funcionamento do sistema (KEONG, 1993; LTA, 2019a,b).

Figura 2: Esquema de funcionamento do sistema GLIDE.



Fonte: (LTA, 2024a)

Keong (1993) afirma em seu estudo que a utilização do GLIDE teve como resultado um aumento médio de 5% na velocidade dos veículos, com melhorias de 8% no período de pico da manhã.

O sistema GLIDE tem seu funcionamento de uma forma bem simples como demonstrado na Figura 2, o sistema GLIDE ao receber sinais dos veículos que se posicionam em cima dos detectores de *loops* e logo em seguida os dados são enviados para um centro que fica ao lado do semáforo, contam também com o sistema identificado como “*Green Man*” traduzido como homem verde, quando o usuário aciona o botão é iniciada uma contagem para que o pedestre consiga atravessar em segurança (LTA, 2024a).

2.2.3 Amsterdã

Amsterdã é capital da Holanda, um dos países mais densamente povoados da Europa, também conhecida como a “Veneza do Norte” por ter mais de 100 quilômetros de canais, Amsterdã é famosa por seu elaborado sistema de canais que cria uma paisagem urbana com mais de 1200 pontes. Foi construída como uma das cidades planejadas mais importantes do Norte da Europa e desempenhou um papel vital na história global ao tornar-se o coração desta economia durante o século XVII (HINES-ELZINGA, s.d.).

Com uma população de aproximadamente 934.927 habitantes (2024) possuindo um PIB per capita em 2022 de U\$ 57,025, a cidade enfrenta desafios típicos de uma metrópole, como congestionamento, poluição e pressão sobre a infraestrutura. Fundada no século XII como uma pequena vila de pescadores, Amsterdã prosperou com o passar dos séculos, transformando-se em um relevante polo comercial e cultural. É conhecida por seus canais fluviais, museus de arte e sua arquitetura histórica (AL, 2024; WORLD BANK, 2022a; BRINKHOFF, 2024). Um dos

primeiros investimentos de Amsterdã lançado em 2009 conhecido como "*Amsterdam Smart City*" (ASC), Amsterdã Cidade Inteligente.

O projeto (ASC) planejava transformar Amsterdã em um ambiente mais sustentável e energeticamente mais eficiente. A iniciativa visava abranger quatro áreas principais: habitação, mobilidade, trabalho e espaços públicos. No setor de habitação, destacou-se o projeto de fornecimento de energias renováveis, principalmente eólica, para cerca de 8 mil domicílios do município. Já a questão referente a mobilidade urbana foi abordada através do incentivo ao uso de bicicletas, transporte público de baixo carbono e da implementação de uma rede de estações de abastecimento para carros elétricos. No âmbito do trabalho, foram promovidos projetos que estimulam o consumo colaborativo, e a redução do impacto ambiental das atividades cotidianas. Por fim, espaços públicos foram utilizados para promover a conscientização sobre a eficiência energética, como no projeto "Escola Inteligente" e para testar inovações climáticas, como no projeto "Rua do Clima" (SUSTENTÁVEIS, 2013).

Amsterdã se destaca como um exemplo devido à sua abordagem completa do que integra tecnologia, sustentabilidade e participação cidadã. Através da iniciativa (ASC), foi possível promover a colaboração entre governo, empresas, instituições de conhecimento e cidadãos para que se pudesse desenvolver e implementar soluções inovadoras em áreas como mobilidade, energia, gestão de resíduos e governança (AMSTERDAM, s.d.; CITY, s.d.).

A implementação de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) planeja oferecer serviços públicos eficientes e acessíveis, o que resulta numa redução da poluição e do desperdício. Projetos inovadores, como a *3D Print Canal House* e *City-zen*, abordam desafios urbanos como habitação, energia e mobilidade sustentável. Essa combinação de tecnologia e sustentabilidade e foco no bem-estar dos cidadãos demonstra o compromisso com os pilares fundamentais para uma cidade seja considerada inteligente (SOMAYYA; RAMASWAMY, 2016).

O projeto *3D Print Canal House*, promovido por Amsterdã que visa revolucionar a indústria da construção civil através da impressão 3D de uma casa completa e modular. Pretende-se imprimir utilizando um material que seja sustentável, de origem biológica, que derreta a uma temperatura relativamente baixa, seja resistente e estável. Utilizando a impressora *Kamermaker* projetada pelos arquitetos é possível ser impresso interiores inteiros com dimensões de $2 \times 2 \times 3,5$ metros. O projeto da casa consiste em vários cômodos, cada um deles sendo impressos no próprio canteiro de obra e montados logo em seguida, visto que são impressos de uma forma modular (SOMAYYA; RAMASWAMY, 2016; CITY, 2016a).

Outro projeto também implantado chamado de *City-zen*, planeja impulsionar a transição energética em cidades europeias, com foco na eficiência energética e na sustentabilidade. Com

uma metodologia inovadora, o projeto desenvolve “Roteiros de Transição Energética Urbana” que guiam as cidades na implementação de medidas para alcançar um futuro mais sustentável. Em Amsterdã, o projeto *City-zen* elaborou um roteiro detalhado que define as intervenções necessárias para que se possa atingir metas, como a neutralidade de carbono, a eliminação do uso de combustíveis fósseis e a transição para uma economia circular. O projeto demonstra o seu potencial de colaboração entre cidades, indústrias e cidadãos para alcançar a sustentabilidade urbana (DOBBELSTEEN *et al.*, 2019).

Diante dos desafios das mudanças climáticas e da crescente densidade populacional, Amsterdã desenvolveu também o programa *Amsterdam Rainproof* para lidar com as fortes chuvas e suas consequências. Este projeto reúne a colaboração dos cidadãos, instituições, empresas e a cidade na busca por soluções inovadoras para a gestão da água da chuva. Ao implementar estratégias como pavimentação permeável, jardins de chuva e telhados verdes, o programa visa coletar e reutilizar a água da chuva eficientemente, ao transformar um problema em um recurso valioso (CITY, 2016b).

2.2.4 Cidade: Catalão - Goiás

Catalão, estabelecida no sudeste do estado de Goiás e a 260 km da sua capital Goiânia. Situada no início do planalto central goiano, abrange uma área de 3.826,370 km² e possui uma população aproximada de 114.427 habitantes em 2022, possuindo um PIB per capita estimado em 2021 de R\$87.685,74 (IBGE, 2023d, 1958).

O seu plano diretor de desenvolvimento urbano e ambiental como objetivo de guiar os gestores públicos e também a população sobre o caminho para aquele município teve seu desenvolvimento em 2004 e reconhece a importância do seu “fácil acesso e boa mobilidade”, busca pelo equilíbrio entre os diversos meios de transporte ao assegurar que os pedestres sejam prioridade no uso do espaço público, foi um dos pontos de discussão. Por outro lado, pouco se discutiu sobre a adoção e utilização de tecnologias relacionadas as TICs e inteligências artificiais para melhoria da vida da população (CATALÃO, P. M., 2004b).

O Plano Diretor de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável de Catalão escrito em 2016, menciona em seu Art. 13, inciso IX, demonstra uma preocupação com a melhoria da paisagem urbana e a promoção da cultura da sustentabilidade assim como o plano antecessor de 2004. O documento destaca a importância do alargamento de calçadas para garantir a acessibilidade universal, da coleta seletiva e do uso racional dos recursos naturais como medidas para a promoção do direito à cidade. O plano não contempla a utilização de tecnologia assim como o seu plano anterior (CATALÃO, P. M., 2004c).

Catalão atualmente demonstra um compromisso multifacetado com o avanço tecnológico e a inovação no município complementando as lacunas do seu plano diretor de 2004 e também de 2016, suas ações englobam desde o fomento à pesquisa e desenvolvimento científico em escolas como Instituto Federal Goiano Campus Catalão, com a qualificação da sua população. É destacada também por sua atuação estratégica, promovendo parcerias com instituições de ensino como Instituto Federal Goiano Campus Catalão para viabilizar projetos e impulsionar o desenvolvimento tecnológico local (CATALÃO, P. M. 2024d).

Além disso, a gestão da infraestrutura tecnológica municipal, inclui sistemas informatizados para licitação, redes de comunicação e plataformas para facilitar serviços de pagamento como o do IPTU, no qual é possível ser pago diretamente na plataforma do município. É uma prioridade, garantir a eficiência e modernização dos serviços públicos, busca se consolidar como um polo de inovação e construir um futuro tecnológico sustentável para os cidadãos do município (CATALÃO, P. M. de, 2024).

Sendo estrategicamente localizada, possui a BR-050 cruzando-a ao meio, atrai empresas de porte internacional como John Deere, HPE Automotores e Mosaic Fertilizantes, que contribuem significativamente para o desenvolvimento tecnológico da região e impulsionam a economia local. Empresas em busca de aprimorar seu desempenho, investem continuamente em tecnologias de ponta como é o caso da empresa Mosaic Fertilizantes que investiu no sistema analisador on-line de processos de britagem e flotação. Catalão, por sua vez, beneficia-se desse ecossistema de inovação, investindo em projetos que visam melhorar a qualidade de vida da população, como o sistema de videomonitoramento, que contribuem para a segurança pública da população (GOIÁS, 2024a, b; FERTILIZANTES, 2021; ASCOM, 2021).

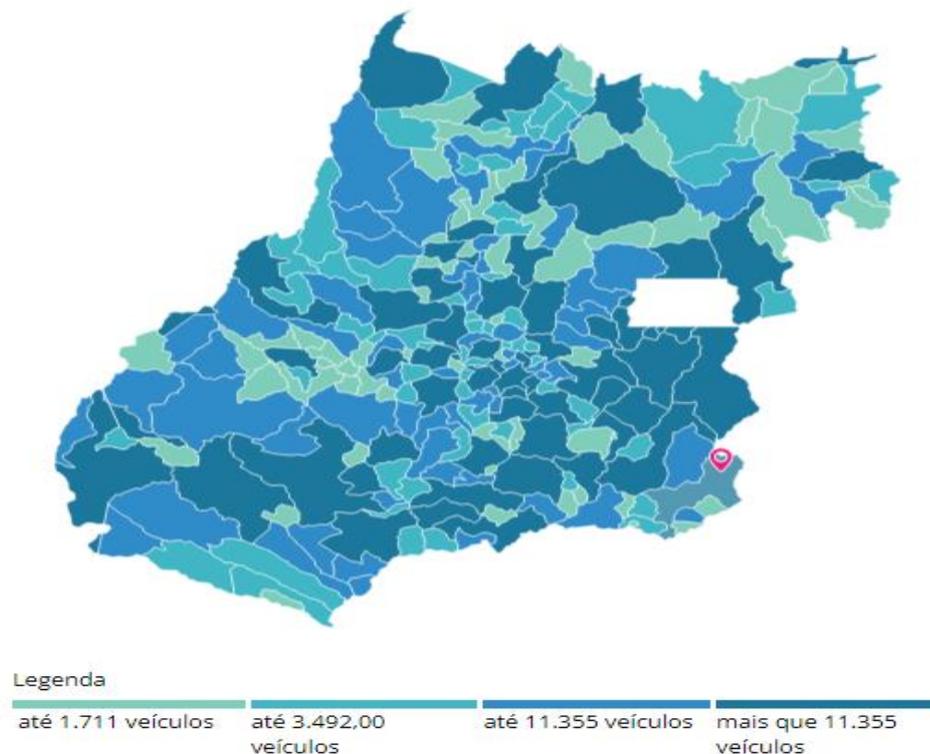
Atualmente, a cidade conta com o serviço Catalão Segura, que teve como objetivo a implantação de câmeras de segurança visando a redução da criminalidade através da tecnologia. Foram instaladas ao todo 181 câmeras de videomonitoramento em 48 locais estratégicos, abrangendo pontos centrais. A central de monitoramento, situada no 18º Batalhão da Polícia Militar, possibilita uma tomada de decisão mais eficaz pelos órgãos de segurança e também uma resposta mais rápida a acionamentos pela população da guarnição (ASCOM, 2021).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Catalão atualmente possui uma população estimada em constante crescimento (IBGE, 2023), como toda cidade enfrenta desafios complexos que impactam sua qualidade de vida e o seu potencial de desenvolvimento. Um dos desafios mais urgentes encontrados é a mobilidade

urbana (MPGO, 2022). A cidade possui uma frota de veículos estimada em 2022 de 92.621 unidades, ocupando a 6ª posição em comparação com sua capital, Goiânia (IBGE, 2022b).

Figura 3: Frota de veículos - Mapa de densidade do estado de Goiás.



Fonte: (IBGE, 2022a)

O mapa da Figura 3 aponta a cidade de Catalão, uma das mais densamente ocupadas por veículos. O sistema de transporte público de Catalão é limitado como exemplificado pelo MPGO, 2022, conseqüentemente a população depende da utilização de automóveis para se locomover, o que causa lentidão na mobilidade devido a crescente utilização de veículos, além de outros problemas, como a demora no trânsito.

A análise das tecnologias utilizadas por Singapura e Amsterdã mostrou a grande possibilidade de resolver diversos problemas enfrentados nos meios urbanos. Singapura, por exemplo, destaca-se pelo seu investimento em infraestrutura tecnológica avançada e também pela implementação de soluções como o sistema de semáforos *Green Link Determining* (GLIDE) que foi capaz de trazer benefícios como aumento médio de 5% na velocidade dos veículos como observado por Keong (1993). O sistema GLIDE, foi implantado pela primeira vez em 1981 e já passou por diversas evoluções, tornando-se um sistema dinâmico capaz de se adaptar às condições do tráfego em tempo real, ao ajustar o tempo da luz verde dos semáforos e sincronizar semáforos adjacentes para evitar paradas que sejam desnecessárias permitindo monitoramento centralizado.

Diante da realidade de Catalão, a implementação do sistema GLIDE se mostra uma solução promissora. A cidade, com um crescente número de veículos e ausência de semáforos inteligentes (CITIES, 2024), pode se beneficiar do sistema GLIDE. É possível otimizar o fluxo de tráfego, reduzir congestionamentos, diminuir o tempo de viagem dos motoristas e, conseqüentemente, reduzir a emissão de gases de efeito estufa, o que impacta positivamente a qualidade do ar e a saúde da população.

A adaptação do GLIDE ao contexto de Catalão necessita de um planejamento estratégico, considerando a infraestrutura local, o tipo de tráfego e a integração com outros sistemas de transporte. Investimentos em hardware, software e treinamento pessoal seriam necessários, mas os benefícios, como a melhora na fluidez do trânsito em decorrência a velocidade média ser melhorada e como também na qualidade de vida, justificam a sua implantação. A participação da comunidade local é crucial para garantir o sucesso da implementação do sistema.

O GLIDE, portanto, apresenta-se como uma solução tecnológica viável para Catalão. A experiência de Singapura demonstra a eficácia do sistema em otimizar o fluxo de tráfego e melhorar a qualidade de vida. O sistema, com suas características de adaptabilidade, controle dinâmico e otimização, pode ser adaptado à realidade local, oferecendo benefícios significativos para a cidade, seus habitantes e o meio ambiente.

Contudo, é importante ressaltar que implementação e adoção de qualquer solução tecnológica requerem que seja feito um planejamento cuidadoso, investimentos em infraestrutura e a aceitação da população. Além disso, é importante investir em outras áreas da mobilidade urbana, como o transporte público, as ciclovias e os espaços para pedestres, promovendo um ambiente multimodal e sustentável.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, este estudo visa identificar tecnologias para indicar a sua aplicabilidade mais adequada para Catalão, que por sua vez enfrenta desafios crescentes relacionados ao aumento da frota de veículos e da sua população. A análise de Singapura e Amsterdã revelou um rico repertório de possibilidades, destacando a importância da tecnologia e da inovação e também da colaboração entre os diversos setores da sociedade.

A escolha da tecnologia *Green Link Determining* (GLIDE) sendo a tecnologia mais apropriada para sua possível implementação em Catalão baseou-se em critérios destacando as necessidades específicas de Catalão, visando o impacto positivo na mobilidade urbana. Sua capacidade de otimizar o fluxo de veículos, reduzir congestionamentos e minimizar as emissões

de gases de efeito estufa o torna uma solução promissora para o contexto de Catalão segundo seus problemas de mobilidade.

Catalão possui oportunidade de se tornar uma referência em tecnologias em especialmente em mobilidade urbana inteligente, inspirando outras cidades brasileiras a buscar soluções inovadoras para os desafios do século XXI. Ao investir seus recursos em tecnologias, planejamento e participação cidadã. Catalão pode construir um futuro mais sustentável, eficiente e com melhor qualidade de vida para todos os seus habitantes. Este estudo visa contribuir para este processo, fornecendo percepções valiosas e incentivando a busca por soluções inteligentes que transformem Catalão em uma cidade modelo de referência para o estado de Goiás.

REFERÊNCIAS

AL, Michael *et al.* **Amsterdam national capital, Netherlands.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Amsterdam>>. Acesso em 25 abr. 2024.

AMSTERDAM, City of. **Amsterdam.** [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.amsterdam.nl/en/>>. Acesso em: 02 abr. 2024.

ASCOM. **Catalão Segura: projeto das câmeras de videomonitoramento começará a funcionar na próxima semana.** [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.catalao.go.gov.br/noticias/ciencia-e-tecnologia/inaugurado-projeto-catalao-segura-cameras-de-videomonitoramento-ja-funcionam-na-cidade>>. Acesso em: 07 abr. 2024.

ASHWINI; SAVITHRAMMA; SUMATHI. **Artificial Intelligence in Smart City Applications: An overview.** In: 2022 6th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). [S.l.: s.n.], 2022. P. 986–993. DOI: 10.1109/ICICCS53718.2022.9788152.

AUTHORITY, Info-Communications Media Development. **Next Gen NBN.** [S.l.: s.n.], jun. 2023. Disponível em: https://www.imda.gov.sg/-/media/imda/files/regulation-licensing-and-consultations/codes-of-practice-and-guidelines/guidelines_sp_ngnbn.pdf. Acesso em: 10 mai. 2024.

AUTHORITY, Infocomm Media Development. **Internet of Things.** [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://www.imda.gov.sg/about-imda/research-and-statistics/sgdigital/tech-pillars/internet-of-things>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRINKHOFF, Thomas. **Municipality in Noord-Holland (Netherlands).** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: https://www.citypopulation.de/en/netherlands/admin/noord_holland/0363__amsterdam/. Acesso em: 10 maio 2024.

CATALÃO, Prefeitura de. **Prefeitura de Catalão, cidade que sonha e faz.** [S.l.: s.n.], jun. 2024. <https://www.catalao.go.gov.br/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

CATALÃO, Prefeitura Municipal de. **Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável Urbano e Ambiental de Catalão.** [S.l.: s.n.], 2004.

CATALÃO, Município de. **Lei Complementar nº 3.439, de 08 de dezembro de 2016. Institui o Plano Diretor de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável de Catalão, que dispõe sobre plano de parcelamento, uso e ocupação do solo, instrumentos urbanísticos e sistema de gestão.** [S.l.: s.n.], 2016.

CATALÃO, Prefeitura Municipal de. **Secretaria de Ciência e Tecnologia de Catalão.** [S.l.: s.n.], jun. 2024. Disponível em: <<https://www.catalao.go.gov.br/secretaria-deciencia-e-Tecnologia>>. Acesso em: 01 jun. 2024.

CATALÃO, Prefeitura Municipal de. **Prefeitura de Catalão apoia parceiros em pesquisa, tecnologia e inovação para maior produtividade na agricultura.** Disponível em: <<https://www.catalao.go.gov.br/noticias/ciencia-e-tecnologia/prefeitura-de-catalao-apoia-parceiros-em-pesquisa-tecnologia-e-inovacao-para-maior-produtividade-na-agricultura>> Acesso em: 01 jun 2024.

CHOURABI, Hafedh *et al.* **Understanding Smart Cities: An Integrative Framework.** In: **2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences.** [S.l.: s.n.], 2012. P. 2289–2297. DOI: 10.1109/HICSS.2012.615

CITIES, Connected Smart. **Ranking Connected Smart Cities.** [S.l.: s.n.], abr. 2024. Disponível em: <<https://ranking.connectedsmartcities.com.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

CITY, Amsterdam Smart. **3D Print Canal House.** [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <<https://amsterdamsmartcity.com/updates/project/3d-print-canal-house>>. Acesso em: 15 de mai. de 2024.

CITY, Amsterdam Smart. **Amsterdam Rainproof.** [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <<https://amsterdamsmartcity.com/updates/project/amsterdam-rainproof>>. Acesso em: 07 jun. 2024.

CITY, Amsterdam. **Amsterdam City.** [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://amsterdamsmartcity.com/>>. Acesso em: 02 abr. 2024.

DOBBELSTEEN, A. v. d. *et al.* The amsterdam energy transition roadmap – introducing the city-zen methodology. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 9, p. 307–320, 3 2019. DOI: 10.1108/sasbe-05-2019-0065.

FERTILIZANTES, Mosaic. **Mosaic Fertilizantes investe US\$ 12 milhões em tecnologia nas usinas de fosfato.** [S.l.: s.n.], nov. 2021. Disponível em: <<https://mosaicco.com.br/Article/Mosaic-Fertilizantes-investeUS-12-milhoes-em-tecnologia-nas-usinas-de-fosfato>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

GATTUPALLI, Ankitha. **Cidades como laboratórios vivos: os projetos de smart cities para Amsterdã, Singapura e Barcelona.** [S.l.: s.n.], jun. 2023. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/1001646/cidades-comolaboratorios-vivos-os-projetos-de-smart-cities-para-amsterdasingapura-e-barcelona>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

GIBSON, D. V.; KOZMETSKY, G.; SMILOR, R. W. **The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks.** [S.l.]: Rowman & Littlefield, 1992. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=_NxMwZfAafYC&lpg=PP1&hl=pt-BR&pg=PA70#v=onepage&q&f=false

GIFFINGER, R. et al. **Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities**. Vienna, Austria, 2007.

GIL-GARCIA, J. Ramon; PARDO, Theresa A.; NAM, Taewoo. A Comprehensive View of the 21st Century City: Smartness as Technologies and Innovation in Urban Contexts. In: **Smarter as the New Urban Agenda: A Comprehensive View of the 21st Century City**. Edição: J. Ramon Gil-Garcia, Theresa A. Pardo e Taewoo Nam. Cham: Springer International Publishing, 2016. P. 1–19. ISBN 978-3-319-17620-8. DOI: 10.1007/978-3-319-17620-8_1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17620-8_1>

GOIÁS, Governo de. **Governo de Goiás comemora investimentos de R\$ 4 bilhões da Mitsubishi em Catalão**. [S.l.: s.n.], abr. 2024. Disponível em: <<https://goias.gov.br/industriaecomercio/governo-de-goias-comemorainvestimentos-de-rs-4-bilhoes-da-mitsubishi-em-catalao/>>. Acesso em: 07 jun. 2024.

GOIÁS, Governo de. **Selene Peres participa de agenda do governador em Catalão onde foi firmada parceria com a John Deere para investimento de R\$ 700 milhões**. [S.l.: s.n.], abr. 2024. Disponível em: <<https://goias.gov.br/economia/selene-peres-participa-de-agenda-do-governador-em-catalao-onde-foi-firmada-parceria-com-a-john-deere-para-investimento-de-r-700-milhoes/>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

GONZÁLEZ, M. F. **La Smart city como imaginario socio-tecnológico: La construcción de la utopía urbana digital**. 2015. Tese de Doutorado – Universidad del País Vasco, Lejona.

HINES-ELZINGA, Savannah. **Amsterdam national capital, Netherlands**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://depts.washington.edu/open2100/Resources/1_OpenSpaceSystems/Open_Space_Systems/Amsterdam.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IBGE. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**. [S.l.: s.n.], 1958. v. 36, p. 113–119.

IBGE. **Frota de veículos**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/pesquisa/22/28120?tipo=cartograma&indicador=28120&localidade1=520510&localidade2=520870>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

IBGE. **Frota de veículos**. Acesso em: 20 abr. 2024. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/pesquisa/22/0>>

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/panorama>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

KEONG, Chin Kian. The GLIDE system—Singapore’s urban traffic control system. **Transport Reviews**, v. 13, n. 4, p. 295–305, 1993. DOI: 10.1080/01441649308716854.

KOMNINOS, Nikolaos. **Intelligent Cities: Innovation, Knowledge Systems and Digital Spaces**. 1. ed. London: Routledge, 2002. P. 320.

LTA. **GLIDE Into Smoother Traffic: The Green Wave You Want to Ride**. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/statistics_and_publications/Connect/GLIDE.html>. Acesso em: 13 jun. 2024.

LTA. **GLIDE Link Determining System**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/getting_around/driving_in_singapore/intelligent_transport_systems/green_link_determining_system.html>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MAHIZHNAN, Arun. **Smart cities: The Singapore case**. *Cities*, v. 16, n. 1, p. 13–18, 1999. ISSN 0264-2751. DOI: 10.1016/S0264-2751(98)00050-X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026427519800050X>>

MOSER, C.; WENDEL, T.; CARABIAS-HÜTTER, V. Scientific and practical understandings of smart cities. In: **PROCEEDINGS of the International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society**. Vienna, Austria: [s.n.], 2014. P. 19. Disponível em: <https://corp.at/archive/CORP2014_167.pdf>

MPGO. **MPGO aciona município de Catalão e a Transduarte para que o transporte público volte a funcionar na cidade**. [S.l.: s.n.], abr. 2022. <https://mpgo.mp.br/portal/noticia/mpgo-aciona-municipio-decatalao-e-a-transduarte-para-que-o-transporte-publico-volte-afuncionar-na-cidade>. Acesso em: 02 mai. 2024.

MURRAY, R.; CAULIER-GRICE, J.; MULGAN, G. **The Open Book of Social Innovation**. London: National Endowment for Science, Technology e the Arts, 2010.

NAÇÕES UNIDAS, ONU – Organização das. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/83427-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-devechegar-97-bilh%C3%A7es-de-pessoas-em-2050-diz-relat%C3%A9rio-da-onu>> Acesso em 02 mar. 2024.

NG, R. Cloud Computing in Singapore: Key Drivers and Recommendations for a Smart Nation. **Politics and Governance**, v. 6, n. 4, p. 39–47, 2018. DOI: 10.17645/pag.v6i4.1757. Disponível em: <<https://doi.org/10.17645/pag.v6i4.1757>>

SARKAR, Alankrita N. Significance of Smart Cities in 21st Century: An International Business Perspective. **Focus: Journal of International Business**, v. 2, n. 2, p. 54–82, 2015.

SINGAPORE, Smart Nation. **Singapore awarded as Smart City of 2018 at Smart City Expo World Congress**. [S.l.: s.n.], nov. 2018. Disponível em: <<https://www.smartnation.gov.sg/media-hub/press-releases/smartcity-2018/>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

SINGAPORE, Smart Nation. **Smart Nation Sensor Platform**. [S.l.: s.n.], 2023. <https://www.smartnation.gov.sg/initiatives/strategic-nationalprojects/smart-nation-sensor-platform/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SINGAPORE Government. **Singapore Government**. Disponível em: <<https://www.gov.sg/>>. Acesso em: 1 maio 2024.

SOMAYYA, M.; RAMASWAMY, R. IT Applications Group, **Instituto Nacional de Engenharia Industrial (NITIE), Índia**. [S.l.], 2016.

SUSTENTÁVEIS, Cidades. **Amsterdã se destaca como cidade inteligente**. [S.l.: s.n.], 2013. <https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/21>. Acesso em: 05 abr. 2024.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. Nova York: United Nations, Department of Economic e Social Affairs – Population Division, 2015.

VASCONCELOS, E.A. **O que é trânsito**. [S.l.]: Brasiliense, 2017. (Primeiros Passos). ISBN 9788511350692. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ImkvDwAAQBAJ>>.

WORLD BANK. **GDP per capita (current US\$) - Netherlands**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=NL>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

WORLD BANK. **GDP per capita (current US\$) - Singapore**. [S.l.: s.n.], nov. 2022. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?end=2022&locations=SG&start=2022&view=bar>>. Acesso em: 02 abr. 2024.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar meus agradecimentos ao Prof. Lacordaire, por seu incentivo e conhecimento compartilhado, à Profa. Laura, pelo seu acompanhamento e sua orientação precisa e paciente, e ao coorientador Yuriel, por sua colaboração e visão crítica. Um agradecimento especial a minha namorada Geovana e aos meus avós, por sua sabedoria e carinho, e à minha mãe, Andreia, meu pai, Roberto e meu irmão Gabriel por sua orientação e pelo suporte durante esta jornada.