



esad
arte+
design

Arthur Abrantes Rocha Leitão

Integração do mobiliário urbano inteligente para o desenvolvimento sustentável na cidade do Porto.

Dissertação de Mestrado em Design
Design de Produto
2024

MESTRADO EM DESIGN COM ESPECIALIZACAO EM DESIGN DE PRODUTO

ESCOLA SUPERIOR DE ARTES E DESIGN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

INTEGRAÇÃO DO MOBILIÁRIO URBANO IN- TELIGENTE PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CIDADE DO PORTO.

ARTHUR ABRANTES ROCHA LEITÃO

ORIENTADOR: JOSÉ ANTONIO SIMÕES

CO-ORIENTADOR: JEREMY HUGH ASTON

2024

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais e minha irmã, por me darem todo o apoio nesta jornada e por tornarem com que tudo isto fosse possível;

Um grande agradecimento a Amanda M., Thamiris, Gabriela, Amanda A., Bruno e Bruna A., por toda a ajuda e por acreditarem em mim na realização deste trabalho de forma incondicional, sempre ao meu lado me dando força;

A Gaby H. F., na qual tive o prazer de conhecer e dividir essa jornada;

Ao Dir. Jose Simoes pela paciência, ajuda e tempo dispensado para me orientar no desenvolvimento do mesmo;

Ao Professor Jeremy por me apoiar, sempre acreditar e por não ter desistido de mim;

A todos os meus amigos que me acompanharam nesta fase;

,o meu muito obrigado.

Resumo:

Esta dissertação tem como objetivo compreender, de forma exploratória, o impacto de mobiliário urbano inteligente no contexto de cidades inteligentes, com enfoque na cidade do Porto. Partindo de conceitos como o desenvolvimento sustentável, os principais pilares das cidades inteligentes e suas tecnologias, e a concepção de mobiliário urbano inteligente, procurou-se um enquadramento teórico para compreender a temática de forma mais ampla e assim construir um estudo de caso mais assertivo. Foi objetivo analisar o nível de consciência que a população da cidade do Porto tem em relação ao mobiliário urbano inteligente implementados na cidade para tentar perceber o impacto desses na população. Deste modo será possível identificar oportunidades de melhorias através de novas aplicações dessas tecnologias no contexto urbano local.

No âmbito da investigação utilizou-se métodos qualitativos e quantitativos, incluindo um questionário *online* direcionado a cidadãos da cidade do Porto para avaliar o seu nível de conhecimento e utilização dos diferentes mobiliários ditos inteligentes colocados nas cidade. O inquérito é composto por quatro blocos para identificar o perfil dos utilizadores da cidade e seu conhecimento prévio sobre a temática abordada, o reconhecimento dos equipamentos colocados na cidade e a sua frequência de utilização. Através do mesmo foi também objetivo encorajar os participantes a contribuírem com suas opiniões sobre que equipamentos poderiam vir a suprir necessidades existentes na cidade e como facilitar a utilização dos mesmos. A análise dos dados revelou resultados pertinentes para futuras investigações e evidenciou a importância da participação dos cidadãos no processo decisório.

Palavras chave:

Mobiliário Urbano Inteligente; Sustentabilidade; Cidades Inteligentes; Porto; Design de mobiliário.

Abstract:

This dissertation aims to explore and understand the impact of smart urban furniture in the context of *smart cities*, with a focus on the city of Porto. Starting from concepts such as sustainable development, the main pillars of *smart cities* and their technologies, and the design of smart urban furniture, a theoretical framework was sought to provide a broader understanding of the subject and to construct a more assertive case study. The objective was to analyze the level of awareness that the population of Porto has regarding the smart urban furniture implemented in the city, to understand their impact on the residents. This approach enables the identification of opportunities for improvement through new applications of these technologies in the local urban context.

The research employed both qualitative and quantitative methods, including an *online* questionnaire directed at Porto residents to assess their level of knowledge and usage of different smart furniture placed in the city. The survey consisted of four sections to identify the profile of the city's users, their prior knowledge of the topic, their recognition of the equipment installed in the city, and the frequency of its use. Additionally, the survey aimed to encourage participants to share their opinions on potential equipment that could meet existing needs in the city and how to facilitate their usage. The data analysis revealed relevant findings for future research and highlighted the importance of citizen participation in the decision-making process.

Keywords:

Smart Urban Furniture; Sustainability; Smart Cities; Porto; Furniture Design.

1	1.1. Enquadramento e Problemática.	03	4	4.1. Caracterização da Cidade do Porto.	51
	1.2. Objetivo.	03		4.1.1 .História da cidade do Porto;	51
	1.3. Metodologia	04		4.1.2. Caracterização da cidade do Porto;	51
	1.4. Estrutura da Tese	04		4.1.3. Quadro económico e político da cidade do Porto.	52
				4.2. Panorama das ações relacionadas ao conceito de cidades inteligentes no Porto.	53
2	2.1 Conceito de desenvolvimento sustentável.	09		4.2.1. Enquadramento da cidade do Porto no conceito de CIs;	53
	2.2 Cidades inteligentes ou (smart cities).	10		4.2.2. Órgãos direcionados para estas inovações;	54
	2.3 Pilares de uma Cidade Inteligente.	12		4.2.3. Projetos ja implementados.	57
	2.3.1 Construção de uma cidade sem fios;	13		4.3. Mobiliário Urbano Inteligente em Porto.	59
	2.3.2 Sistema Inteligente para o uso de energia;	14		4.3.1. Comparativo entre os mobiliários implementados;	59
	2.3.3 Sistema Inteligente para a utilização de água;	14		4.3.2. Pesquisa de perceção sobre os mobiliários urbanos	66
	2.3.4 Sistema de transporte inteligente;	14		inteligentes implementados no Porto;	
	2.3.5 Saúde pública e bem-estar;	15		4.3.3. Oportunidades existentes.	75
	2.3.6 Acessibilidade e igualdade nas cidades inteligentes.	15		4.4. Análise do impacto no desenvolvimento sustentável.	77
	2.4 Principais tecnologias associadas ao conceito.	16		Conclusão.	83
	2.4.1 Internet das Coisas (IoT);	16		Referências.	89
	2.4.2 Sensores Inteligentes;	16		Índice de Figuras.	95
	2.4.3 Big Data e Analytics.	16		Índice de Tabelas.	100
	2.5 Desenvolvimento sustentável e cidades inteligentes.	17		Índice de Gráficos.	102
				Lista de Siglas.	104
3	3.1. Aplicação de soluções inteligentes no mobiliário urbano.	21			
	3.2. Concepção dos mobiliários urbanos inteligentes.	23			
	3.2.1. Iluminação Inteligente;	25			
	3.2.2. Postes de Iluminação inteligente;	28			
	3.2.3. Bancos inteligentes;	30			
	3.2.4. Quiosques inteligentes;	33			
	3.2.5. Lixeiras inteligentes;	37			
	3.2.6. Paragens de autocarro inteligentes	39			
	3.2.7. Outras soluções de mobiliários inteligentes.	42			
	3.3. Vantagens e desvantagens do uso dos mobiliários inteligentes.	43			
	3.3.1. Pontos Positivos: Contribuições do Mobiliário Urbano Inteligente;	43			
	3.3.2. Pontos Negativos: Desafios e Limitações do Mobiliário Urbano Inteligente;	44			
	3.3.3. Exemplo de Implementação: O Estudo em Glasgow e Londres.	45			

Sumário.

Introdução.

01

1.1. Enquadramento e Problemática

Os espaços públicos são cruciais para a construção do senso de comunidade nas cidades, funcionando como locais de convivência onde as interações sociais florescem, as relações comunitárias se fortalecem e a vida urbana se torna mais vibrante. Quando projetados de maneira adequada, esses ambientes atraem um número crescente de utilizadores e acomoda uma ampla gama de atividades, superando as limitações das áreas de baixa qualidade frequentemente destinadas a funções básicas (Gehl, 2007).

Além disso, a cidade se revela como um espaço vital para o exercício de cidadania, abrigando uma rica rede de interações políticas, sociais e culturais. Nesse contexto, os cidadãos realizam as suas atividades diárias, compartilham memórias e procuram novas oportunidades. Contudo, a complexidade do espaço urbano pode introduzir barreiras que restringem a mobilidade e a integração social, prejudicando a experiência urbana e acentuando a divisão entre os habitantes (Moradoglu & Deniz, 2022). Assim, a qualidade dos espaços públicos é fundamental para garantir um ambiente urbano mais inclusivo, onde a cidadania possa ser exercida plenamente e a comunidade se sinta conectada.

Nesse cenário, o desenvolvimento de Cidades Inteligentes (CIs) e sustentáveis se destaca como uma solução viável, visando criar espaços inclusivos, eficientes e centrados nas pessoas (Su *et al.*, 2011). A introdução de soluções inovadoras, como mobiliários urbanos inteligentes, sensores e tecnologias de comunicação, facilita a criação de ambientes mais conectados e sustentáveis, promovendo a inclusão social. Esses mobiliários não apenas oferecem melhorias práticas, como sinalização interativa e conectividade digital, mas também transformam a relação entre a cidade e seus habitantes, eliminando barreiras e favorecendo a circulação livre e segura, sempre respeitando a escala humana.

No entanto, a digitalização da cidade do Porto traz à tona um desafio significativo em relação à sua população. De acordo com o Censo de 2021, para cada 100 jovens, existem 227 idosos, que representam cerca de 25% da população da cidade (Censos, 2021). A falta de acesso e compreensão por parte dessa população em relação às tecnologias é uma das questões que precisam ser abordadas para que a implementação de CIs seja verdadeiramente inclusiva.

1.2. Objetivo

Neste estudo, o foco recai sobre o papel do mobiliário urbano inteligente na cidade do Porto que, nas últimas décadas, tem se destacado por seus investimentos em iniciativas tecnológicas voltadas para o desenvolvimento

sustentável e a eficiência urbana. Por meio do mapeamento das iniciativas tecnológicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e a eficiência urbana. Por meio do mapeamento das iniciativas inteligentes em andamento, especialmente no que diz respeito ao mobiliário urbano inteligente, esta pesquisa visa refletir sobre a relevância dessas ações para a população e identificar novas oportunidades de aprimoramento urbano. Apesar de a implementação desses mobiliários ainda ser relativamente limitada, as perspectivas são promissoras, sugerindo um futuro em que o espaço urbano se torne mais conectado, eficiente e acessível.

Nesse contexto, este trabalho visa identificar o nível de consciência que a população da cidade do Porto tem com relação aos mobiliários urbanos inteligentes já implementados na cidade, com a finalidade de perceber o impacto que estes equipamentos geram e que oportunidades ainda existem para novas implementações. Bem como explorar possíveis oportunidades de expansão dessas tecnologias a partir da percepção dos moradores, afirmando a governança participativa como facilitadora para que novas soluções estejam alinhadas com as necessidades e expectativas da população.

1.3. Metodologia

O presente estudo adota uma abordagem metodológica de caráter qualitativo, estruturada em duas fases complementares: uma pesquisa descritiva inicial seguida de uma pesquisa exploratória.

Na primeira fase, foi realizada uma revisão da literatura, onde se estabeleceu um enquadramento teórico por meio da análise de obras de autores selecionados. Essa etapa fundamenta a investigação, criando uma conexão entre estudos sobre a cidade, o conceito de CIs e a sua aplicação no mobiliário urbano. Foram coletados e analisados conteúdos que abordam os principais elementos que sustentam este trabalho, permitindo uma compreensão aprofundada do tema.

A segunda fase da investigação envolveu um estudo de caso, que inclui uma breve contextualização sobre a cidade do Porto, a coleta de informações sobre o estado atual da cidade relativamente ao conceito de CIs através de associações como o Porto Digital e a *ScaleUp* Porto. Além disso, foi realizada uma pesquisa de campo na cidade do Porto para identificar as aplicações de mobiliários urbanos inteligentes.

Para complementar a coleta de dados, foi aplicado um formulário *online* com o intuito de avaliar o nível de consciência da população da cidade com relação aos mobiliários e iniciativas inteligentes, assim como a percepção em relação a futuras implementações.

1.4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, desenvolvidos por meio de uma série de etapas graduais que visam explorar de forma aprofundada o tema do mobiliário urbano inteligente no contexto das CIs. O Capítulo 1, intitulado “Introdução”, apresenta o enquadramento teórico e a problemática do tema, delineando os objetivos da pesquisa e o método escolhido para a realização deste estudo.

O Capítulo 2, denominado “Desenvolvimento Sustentável e Cidades Inteligentes”, discute o conceito de desenvolvimento sustentável nas cidades e o conceito de CIs dividido em três subcapítulos. O primeiro aborda o surgimento do conceito de cidades sustentáveis e as estratégias que podem ser adotadas para promover esse desenvolvimento, incluindo exemplos de iniciativas direcionadas para tal. O segundo subcapítulo introduz o conceito de CIs, analisando definições de diversos autores, além de explicar os pilares que sustentam essa abordagem e as principais tecnologias utilizadas. No terceiro subcapítulo, explora-se a conexão entre CIs e o desenvolvimento sustentável, destacando-se como essas duas vertentes se complementam.

O Capítulo 3, “Mobiliários Urbanos Inteligentes e sua contribuição para a sustentabilidade”, é igualmente dividido em três subcapítulos. Inicialmente, discute-se o papel dos espaços urbanos na vida dos cidadãos e sua influência na construção de cidades mais inclusivas e sustentáveis. Em seguida, é analisado o papel do mobiliário urbano nesse contexto, com ênfase na aplicação de soluções inteligentes. Esse levantamento inclui uma análise detalhada dos tipos de mobiliários urbanos inteligentes já existentes, discutindo as suas vantagens e desvantagens. No terceiro subcapítulo, com base num estudo de caso realizado no Reino Unido, é explorado a implementação desses mobiliários, a aceitação e compreensão da população, além dos pontos positivos e negativos dessa aplicação.

O Capítulo 4 marca o início da segunda fase da dissertação, com tema “Estudo de Caso: Mobiliário Urbano Inteligente na Cidade do Porto”. Este capítulo é dividido em quatro partes. A primeira parte apresenta uma caracterização da cidade do Porto, abordando a sua história, contexto económico e político. Em seguida, é descrito um panorama de ações e iniciativas relacionadas ao conceito de CIs na cidade, destacando as associações e projetos que promovem inovações, como a Porto Digital e *ScaleUp* Porto. Na terceira parte aborda-se os projetos de mobiliário urbano inteligente já implementados na cidade, além de identificar oportunidades para novas implementações. Por fim, é realizado um comparativo entre os mobiliários estudados e implementados, analisando o impacto no desenvolvimento sustentável da cidade, com reflexões finais sobre as perspetivas futuras.

Por fim, no Capítulo 5, traz as considerações finais, com uma síntese

se das principais descobertas da dissertação. Reflete-se sobre o papel que o conceito de CIs desempenha no desenvolvimento urbano do Porto, destacando o potencial do mobiliário urbano inteligente para promover a sustentabilidade e a inclusão. Também a importância do papel do design nesse contexto, evidenciando como os profissionais desta área podem contribuir para o sucesso das iniciativas de CIs na cidade.

**Desenvolvimento
sustentável e
cidades
inteligentes.**

02

2.1. Conceito de desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável, conforme descrito no relatório “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Mageste, 2023), também conhecido como Relatório Brundtland, teve como objetivo integrar o progresso económico, a justiça social e a preservação ambiental para satisfazer as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades. Essa abordagem visa equilibrar o desenvolvimento humano com a conservação dos recursos naturais, promovendo uma abordagem holística para garantir a sustentabilidade a longo prazo (EcoBrasil, 2024).

A Conferência das Nações Unidas sobre “Meio Ambiente Humano”, realizada em Estocolmo, em 1972, foi um precursor importante, provocando o início das discussões globais sobre questões ambientais (Barros, 2008). Contudo, foi na Conferência das Nações Unidas sobre “Meio Ambiente e Desenvolvimento”, conhecida como a Rio-92 (Pimenta & Nardelli, 2015), que o conceito de desenvolvimento sustentável recebeu atenção mais abrangente. A Declaração do Rio-92 e a Agenda 21 estabelecem diretrizes fundamentais para a promoção da sustentabilidade a um nível global (Born, 2006). A Rio-92 foi crucial para consolidar a compreensão de que o desenvolvimento económico deve estar diretamente associado à preservação ambiental e à equidade social, lançando as bases para abordagens mais integradas e holísticas em direção a um futuro sustentável.

O conceito ganhou mais força após a criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados em 2015 pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) (Lotta *et al.*, 2024). Como parte desta agenda, foram traçados 17 ODS, que procuram alcançar um futuro mais inclusivo e sustentável para todos. Eles incluem um amplo conjunto de áreas, incluindo a erradicação da pobreza, educação de qualidade, igualdade de género, saúde e bem-estar, energia limpa, trabalho decente e crescimento económico, redução de desigualdades, ação climática, vida debaixo da água e vida na terra, cidades sustentáveis e comunidade, entre outros, como mostra a figura 1.



Figura 1: 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS Portugal, 2015.

Cada objetivo é apoiado por uma série de metas específicas e indicadores que ajudam a medir o progresso em direção à materialização dessas metas ao longo do tempo. É coordenado pela Divisão para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (DSDG) e pelo Departamento de Assuntos Económicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA), no qual oferecem um apoio substantivo e capacitação para os ODS e suas questões temáticas relacionadas à água, energia, clima, oceanos, urbanização, transportes, ciência e tecnologia. Esses objetivos indicam um compromisso mais atual e abrangente para guiar ações na procura de um futuro mais sustentável até 2030 (Buss *et al.*, 2012).

A idealização de desenvolvimento sustentável, delineado por Kelly & Moles (2000), abrange, predominantemente, três áreas fundamentais: (1) a redução ou eliminação da degradação ambiental; (2) a garantia de que as pessoas desfrutem do direito à justiça e igualdade de tratamento; e (3) a certeza de que as ações presentes não comprometam a viabilidade das futuras gerações. Complementando essa visão, Sachs (1993) configura o desenvolvimento sustentável como um processo direcionado à melhoria das condições de vida das comunidades humanas, respeitando os limites dos ecossistemas. O autor destaca três critérios cruciais que devem orientar esse processo: equidade social; prudência ecológica; e eficiência económica. Essa abordagem visa equilibrar os aspetos sociais, ambientais e económicos, proporcionando um caminho sustentável para o progresso humano. Nesse contexto, a busca pela equidade, a utilização prudente dos recursos e a eficiência económica convergem para criar bases sólidas para um desenvolvimento que perdure no tempo. Essas definições destacam que o conceito de desenvolvimento sustentável não se limita apenas ao impacto da atividade económica no meio ambiente. Ele também acarreta, sobretudo, as implicações dessa interação na qualidade de vida e no bem-estar da sociedade, pensando tanto no presente como também no futuro. Os componentes indispensáveis, no qual a ideia de desenvolvimento sustentável é baseada, é formado pela atividade económica, pelo meio ambiente e pelo bem-estar da sociedade (Veiga, 2015).

2.2. Cidades inteligentes ou (smart cities)

O crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades estão diretamente ligados e refletem-se nas mudanças sociais, económicas e ambientais. Para Harrison & Donnelly (2011), as cidades são o futuro da humanidade. Segundo o último relatório divulgado pela ONU-HABITAT, em 2022, estima-se que metade da população mundial viverá em áreas urbanas, com previsões de aumento para 70% até 2050. Esta migração massiva é impulsionada pelo desejo de desfrutar de melhores oportunidades económicas e sociais que as cidades oferecem (Fares, 2011).

Esse crescimento rápido e desenfreado gera desafios significativos para as áreas de planeamento, desenvolvimento e operacionalidade das cidades, e seus profissionais responsáveis, como arquitetos, urbanistas, designers, engenheiros, entre outros, são estimulados a pensar de forma diferente. Além disso, o desenvolvimento urbano desordenado contribui para a degradação ambiental, poluição e aumento das emissões de gases de efeito estufa (Harrison & Donnelly, 2011).

Perante esses desafios, torna-se crucial adotar abordagens integradas e sustentáveis para o planeamento urbano e gestão de crescimento populacional. Tal inclui investimentos na infraestrutura resiliente, políticas habitacionais inclusivas, transporte público eficiente, desenvolvimento de áreas verdes e promoção de práticas de consumo e produção sustentáveis. O rápido crescimento populacional, aliado aos desafios ambientais, sociais e económicos, exige uma revisão completa da forma como encaramos o planeamento urbano, levando ao surgimento do conceito de *smart cities* (cidades inteligentes) como uma resposta inovadora e tecnológica para enfrentar os complexos desafios urbanos do século XX (Obringer & Nateghi, 2021).

O termo *smart cities* (SC) ou “cidades inteligentes” (CIs) surgiu há cerca de duas décadas atrás para abordar os desafios de sustentabilidade, com foco na eficiência energética e na redução das emissões de carbono nas cidades (Cebreiros & Gulín, 2014). No entanto, por se tratar de um conceito relativamente novo e em constante evolução, não há uma definição consensual sobre o que torna uma cidade “inteligente”, como pode ser observado na Tabela 1. Na verdade, as definições variam desde perspetivas essencialmente tecnológicas até abordagens mais holísticas baseadas na sustentabilidade (Albino *et al.*, 2015).

AUTORES	DEFINIÇÃO / CONCEITUALIZAÇÃO
GINFFINGER ET AL. (2007)	AS CIDADES INTELIGENTES TEM DIVERSAS CARACTERÍSTICAS: ECONOMIA INTELIGENTE (COMPETITIVIDADE), PESSOAS INTELIGENTES (CAPITAL HUMANO E SOCIAL), GOVERNANÇA INTELIGENTE (PARTICIPATIVA), MOBILIDADE INTELIGENTE (TRANSPORTES E ICT), AMBIENTE INTELIGENTE (RECURSOS NATURAIS) E VIDA INTELIGENTE (QUALIDADE DE VIDA)
CARAGLIU ET AL. (2011)	UMA CIDADE QUE INVESTE EM CAPITAL HUMANO, SOCIAL E INFRAESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO TRADICIONAL (TRANSPORTE) E MODERNA (TIC) PARA IMPULSIONAR O CRESCIMENTO ECONÓMICO SUSTENTÁVEL E UMA ALTA QUALIDADE DE VIDA, COM UMA GESTÃO SÁBIA DOS RECURSOS NATURAIS, POR MEIO DE UMA GOVERNANÇA PARTICIPATIVA.
DEAKIN E AL WAER (2011)	UMA CIDADE QUE TRABALHA COM A COMUNIDADE PARA IMPLEMENTAR TIC QUE, PODE, MELHORA A QUALIDADE DE VIDA DA COMUNIDADE
NAM E PARDO (2011)	UMA CIDADE QUE “INFUNDE INFORMAÇÕES EM SUA INFRAESTRUTURA FÍSICA PARA MELHORAR CONVENIÊNCIAS, FACILITAR A MOBILIDADE, ADICIONAR EFICIÊNCIAS, CONSERVAR ENERGIA, MELHORAR A QUALIDADE DO AR E DA ÁGUA, IDENTIFICAR PROBLEMAS E RESOLVE-LOS RAPIDAMENTE, SE RECUPERAR RAPIDAMENTE DE DESASTRES, COLETAR DADOS PARA TOMAR MELHORES DECISÕES, IMPLANTAR RECURSOS DE MANEIRA EFICAZ E COMPARTILHAR DADOS PARA PERMITIR A COLABORAÇÃO ENTRE ENTIDADES E DOMÍNIOS”
BATTY ET AL. (2012)	UMA CIDADE NA QUAL “TIC É MESCLADA COM INFRAESTRUTURAS TRADICIONAIS, COORDENADA E INTEGRADA UTILIZANDO NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS”
KITCHIN (2014)	UMA CIDADE QUE POSSUI UMA EXTENSA REDE DE SENSORES E É CAPAZ DE APROVEITAR A ANÁLISE DE BIG DATA PARA MELHORAR O FUNCIONAMENTO DA CIDADE
NEIROTTI ET AL. (2014)	UMA CIDADE INTELIGENTE DEVE “OTIMIZAR O USO E A EXPLORAÇÃO TANTO DE ATIVOS TANGÍVEIS (POR EXEMPLO, INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE, REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA, RECURSOS NATURAIS) QUANTO DE ATIVOS INTANGÍVEIS (POR EXEMPLO, CAPITAL HUMANO, CAPITAL INTELECTUAL DAS EMPRESAS E CAPITAL ORGANIZACIONAL NOS ÓRGÃOS DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA)”
ANGELIDOU (2015)	UMA CIDADE QUE ADOTA UMA ABORDAGEM ‘HUMANA’ PARA INTEGRAR A TECNOLOGIA POR TODA A CIDADE, COM O OBJETIVO DE PROMOVER O CAPITAL HUMANO E SOCIAL

Tabela 1 - Diferentes definições sobre *smart cities* (tabela traduzida autoralmente) (Obringer & Nateghi, 2021).

MARSAL-LLACUNA ET AL. (2015)	UMA CIDADE QUE MELHORA “O DESEMPENHO URBANO AO USAR DADOS, INFORMAÇÕES E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO (TI) PARA FORNECER SERVIÇOS MAIS EFICIENTES AOS CIDADÃOS, MONITORAR E OTIMIZAR A INFRAESTRUTURA EXISTENTE, AUMENTAR A COLABORAÇÃO ENTRE DIFERENTES ATORES ECONÓMICOS E INCENTIVAR MODELOS DE NEGÓCIOS INOVADORES TANTO NO SETOR PRIVADO QUANTO NO SETOR PÚBLICO”
AHVENNIEMI ET AL. (2017)	CIDADES INTELIGENTES USAM TECNOLOGIA PARA VIABILIZAR O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Tabela 1 - Diferentes definições sobre *smart cities* (tabela traduzida autoralmente) (Obringer & Nateghi, 2021).

Para Belissent & Frederic (2013), a cidade pode ser considerada inteligente quando a tecnologia é implementada para facilitar a automatização e tomada de decisões, tendo por base dados coletados pelas mesmas. Por outro lado, Caragliu *et al.* (2011) dizem que não só as tecnologias fazem parte do pilar principal do conceito, mas também os investimentos em capital humano, social, tradicional (infraestrutura básica da cidade) e moderna quando geram um crescimento económico sustentável e qualidade de vida, com uma gestão prudente e racional dos recursos naturais através de uma governança participativa.

Alguns movimentos crescentes, que se focalizam na sustentabilidade, como a origem em ditas cidades inteligentes (Ahvenniemi *et al.*, 2017; Fitzgerald, 2010) vêm ganhando força com o passar dos anos.

De acordo com Obringer & Nateghi (2021), as definições de inteligência nas cidades são sempre moldadas pelo campo de pesquisa/investigação e também pelo propósito para o qual estão sendo desenvolvidas ou aplicadas. Os autores destacam que, numa cidade cujo principal foco é a tecnologia, pode haver uma falta de preparação para lidar com os impactos sociais e ambientais decorrentes de alterações climáticas. Por outro lado, numa cidade onde políticas de sustentabilidade e bem-estar social são fundamentais, é provável que haja uma maior preparação para enfrentar essas situações. Além disso, o contexto nacional no qual a iniciativa de uma cidade inteligente está sendo implementada também influencia a definição do conceito, considerando fatores como clima, renda e outras especificidades locais (Neirotti *et al.*, 2014). Essa diversidade de abordagens torna difícil estabelecer uma definição única sobre o termo.

2.3. Pilares de uma cidade inteligente.

As cidades vêm-se transformando através da inteligência artificial, para além da simples automação de tarefas rotineiras para indivíduos, edifícios e sistemas de tráfego. Atualmente permitem monitorar, compreender, analisar e planear o ambiente urbano em tempo real, visando melhorar a eficiência, equidade e qualidade de vida dos seus cidadãos. Essa mudança traz uma nova abordagem ao planeamento urbano em várias escalas de tempo, oferecendo a perspetiva de que as cidades podem se tornar mais inteligentes a longo prazo por meio de reflexões e ações no curto prazo (Batty *et al.*, 2012).

Segundo Su *et al.* (2011), as CIs são o futuro do desenvolvimento urbano, e cuja implementação pode ser dividida em três níveis: a construção de uma infraestrutura publica; uma plataforma publica direcionada a CIs; e

a construção de sistemas aplicáveis. No âmbito destes níveis, os sistemas aplicáveis são os de maior importância, abrangendo um número maior de áreas nas quais uma determinada “inteligência” pode ser abordada, gerando, assim, vários itens nos quais o conceito pode ser aplicado.

Levando em consideração também os impactos dos centros urbanos no planeta, o artigo “*What makes a city ‘smart’ in the anthropocene? A critical review of smart cities under climate change*” refere-se às cidades como um sistema sociotécnico-ambiental, em que alterações climáticas não só impactam vários processos atmosféricos como também afetam, indiretamente, um grande número de serviços urbanos críticos (Obringer & Nateghi, 2021).

O impacto que pode ser gerado a partir da implementação das CIs foi avaliado, tanto no âmbito tecnológico, quanto no ambiental por diferentes investigadores da área que obtiveram percepções diferentes e, a partir disso, criaram alguns pilares principais para a criação de CIs sustentáveis, representados na Figura 2.

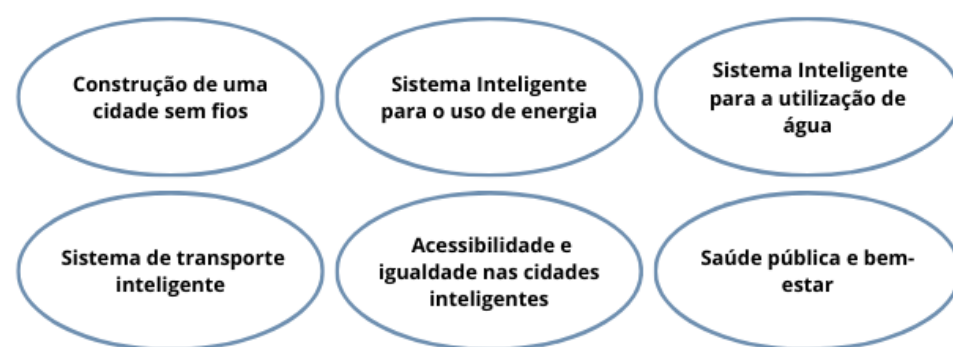


Figura 2: Pilares para uma cidade inteligente (elaboração própria).

2.3.1. Construção de uma cidade sem fios.

Através da implementação de uma infraestrutura de comunicação abrangente que engloba tecnologias como fibra ótica, *Wi-Fi*, *Mesh* e *WiMAX*, é possível estabelecer uma rede de banda larga sem fio que seja eficiente e que cubra toda a extensão da cidade. Essa rede tem o potencial de oferecer uma ampla gama de serviços e funcionalidades para diversos públicos, incluindo residentes, empresas, visitantes estrangeiros, turistas e órgãos governamentais. Entre as capacidades proporcionadas pela banda larga, destacam-se a vigilância móvel por vídeo, videoconferências, emissão móvel para situações de emergência e serviços de telecomunicações de emergência. Essa infraestrutura de comunicação avançada pode representar um importante impulso para a gestão urbana, promovendo uma maior eficiência, segurança e qualidade de vida para todos os cidadãos (Wang, 2008).

2.3.2. Sistema inteligente para o uso de energia

Os sistemas de energia inteligentes desempenham um papel central na infraestrutura das cidades inteligentes, oferecendo a monitorização em tempo real e uma rede inteligente que combina sistemas descentralizados e centralizados. Além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, esses sistemas também promovem eficiência energética e integração de fontes renováveis (Hayat, 2016; Obringer & Nateghi, 2021). Estudos feitos por Drysdale *et al.* (2019), mostram que a implementação de tecnologias de informação e comunicação (TIC) é fundamental para tornar os sistemas energéticos verdadeiramente inteligentes, destacando a importância da descarbonização e da sustentabilidade. Além disso, a natureza descentralizada dos sistemas energéticos inteligentes melhora a resiliência a desastres naturais, como furacões e ondas de calor, fornecendo geração local de eletricidade durante crises. Essas ideias ressaltam o progresso feito na aplicação de cidades inteligentes para enfrentar os desafios das mudanças climáticas, especialmente no setor energético (Obringer & Nateghi, 2021). Deste modo, há uma ligação direta com os pontos 7 e 13 das ODS que buscam o uso de uma energia limpa e impacto do clima no planeta.

2.3.3. Sistema inteligente para a utilização de água.

A adoção de sistemas de água inteligentes tem como papel monitorar vazamentos e ruturas em tubulações através de sistemas de monitorização e tecnologias inteligentes, reduzindo perdas de água e auxiliando na gestão eficiente dos recursos hídricos (Brugalli *et al.*, 2019). Além disso, tais tecnologias permitem a identificação de áreas de risco de inundação e o alerta precoce aos cidadãos, contribuindo para a segurança das comunidades. Essas iniciativas estão alinhadas com diversos ODS, como o consumo responsável e o uso consciente da água, e promovem uma infraestrutura mais resiliente nas cidades.

2.3.4. Sistema de transporte inteligente.

Uma pesquisa recente conduzida por Contreras & Platania (2019) evidencia a relevância das iniciativas de cidades inteligentes, especialmente no que diz respeito à redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no setor de transportes. A tecnologia de transporte inteligente desempenha um papel fundamental nesse contexto, abrangendo desde sistemas avançados de monitorização até aplicações direcionadas para o utilizador. Essas soluções visam aumentar a sustentabilidade e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, como o CO₂, por meio da otimização da eficiência de condução. Tal inclui iniciativas como sistemas de estacionamento inteligente destinados a reduzir os tempos de procura por vagas, e estratégias de tráfego inteligente, como o uso de semáforos adaptativos que contribuem para evitar congestionamentos. Além disso, a utilização de

de uma rede de sensores e da *Internet* das Coisas (IoT) possibilita uma coleta e disseminação mais eficaz de informações em tempo real (Su *et al.* 2011).

2.3.5. Saúde pública e bem-estar.

As zonas urbanas enfrentam o desafio constante de melhorar a saúde pública e o bem-estar que, de acordo com Thomas *et al.* (2014), vem sendo agravado pelas alterações climáticas. Para responder a estas preocupações, as iniciativas de cidades inteligentes surgiram como um caminho promissor para reforçar a resiliência da saúde pública (Obringer & Nateghi, 2021). Na China, por exemplo, a monitorização da poluição atmosférica em tempo real ajuda os cidadãos a proteger a sua saúde e destaca áreas que necessitam de atenção (Tambo *et al.*, 2016). A IoT mostra-se promissora na melhoria de cuidados médicos, simplificando processos e abordando deficiências de saúde, tais como plataformas inadequadas e riscos de segurança médica (Xue, 2010). Assim, as iniciativas de cidades inteligentes oferecem soluções potenciais para a promoção da saúde e do bem-estar em ambientes urbanos.

2.3.6. Acessibilidade e igualdade nas cidades inteligentes.

É fundamental garantir a igualdade e acessibilidade nas iniciativas de cidades inteligentes para mitigar as disparidades enfrentadas por populações vulneráveis que são frequentemente excluídas dos processos de tomada de decisão (Klinsky *et al.*, 2017). Embora as tecnologias das cidades inteligentes possam melhorar as condições urbanas, muitas vezes beneficiam apenas os segmentos mais ricos da população, agravando as desigualdades sociais e questões de justiça ambiental (Butsch *et al.*, 2017). Além disso, o elevado custo e a falta de alinhamento com as necessidades reais limitam o acesso a essas tecnologias a todos os grupos (Abdala *et al.*, 2014). Para alcançar uma verdadeira sustentabilidade e inclusão, é necessário um enfoque abrangente que priorize a equidade, a acessibilidade e o envolvimento genuíno de toda a sociedade (Neirotti *et al.*, 2014).

Ao alinhar os ODS da ONU com a visão de construir cidades mais inteligentes, surge uma oportunidade para impulsionar o progresso em direção a um futuro sustentável e inclusivo. A implementação desses conceitos representa pilares essenciais para alcançar os ODS, abordando desafios urbanos e contribuindo para uma agenda global de desenvolvimento sustentável. Uma abordagem integrada reconhecendo a interconexão entre os ODS e os pilares das cidades inteligentes pode criar comunidades resilientes, prósperas e equitativas para as gerações futuras.

2.4. Principais tecnologias associadas ao conceito.

O avanço das CIs tem desempenhado um papel importante na evolução de teorias urbanas, possibilitando uma compreensão mais profunda das dinâmicas urbanas ao tornar o invisível em visível (Harrison & Donnelly, 2011).

A aplicação das TICs nas CIs oferece uma variedade de benefícios, como a disponibilização de novos serviços aos cidadãos e utilizadores. Essas abordagens tornaram-se possíveis devido aos recentes avanços tecnológicos, permitindo que as cidades se tornem inteligentes, não apenas na automação de funções rotineiras, mas também na capacidade de monitorar, entender, analisar e planejar a cidade em tempo real para melhorar a eficiência, equidade e qualidade de vida de seus cidadãos (Batty *et al.*, 2012). As CIs utilizam o potencial das TICs para monitorizar funcionalidades e desempenho urbanos, visando melhorar a sustentabilidade, qualidade de vida e serviços oferecidos à população (Weiss *et al.*, 2013; Giffinger, *et al.*, 2007).

Algumas das TICs mais vistas nas cidades inteligentes são de seguida apresentadas.

2.4.1. Internet das Coisas (IoT).

A IoT é uma tecnologia que se refere à ligação de dispositivos físicos à *internet*, permitindo que eles colem e compartilhem dados entre si e com sistemas externos. A essência da IoT está na capacidade desses dispositivos coletar dados em tempo real e interagir uns com os outros de forma autónoma, sem intervenção humana direta (Santos *et al.*, 2016).

2.4.2. Sensores inteligentes.

Fazem parte da ampla variedade de dispositivos IoT que podem ser conectados e integrados para coletar dados. Podendo ser utilizados para monitorizar o tráfego, a qualidade do ar, níveis de ruído, gestão de resíduos, iluminação pública e muitos outros aspetos urbanos. Esses dados podem ser usados para otimizar o funcionamento das cidades, melhorar a eficiência dos serviços públicos e proporcionar uma melhor qualidade de vida aos cidadãos (Jokanović, 2020; Su *et al.*, 2011).

2.4.3. Big Data e Analytics.

Big Data refere-se ao grande volume de dados que são gerados a partir de diversas fontes, como sensores, dispositivos móveis, redes sociais, transações comerciais, entre outros. Eaton *et al.* (2011) discutem que grandes bases de dados provocam um avanço revolucionário em relação à análise tradicional de dados. Esses dados são caracterizados pelas chamadas “3 V’s”: volume (grande quantidade de dados); velocidade (geração e transmissão rápida); e variedade (diversidade de formatos e tipos de dados). *Big Data* engloba não apenas dados estruturados (como dados em bancos de dados tradicionais), mas também dados semiestruturados e não estruturados (como textos, imagens e vídeos) (Eaton *et al.*, 2011).

Quando falamos de *analytics*, estamos a referir ao processo de análise e interpretação desses dados para extrair percepções e informações valiosas e, eventualmente, informação acionável. O objetivo da análise é identificar padrões, tendências, correlações e anomalias nos dados, bem como prever eventos futuros e tomar decisões baseadas em evidências. As técnicas de análise de dados podem variar desde análises estatísticas simples até algoritmos avançados de *deep learning*, *machine learning* e inteligência artificial (IA). (Eaton *et al.*, 2011; Nateghi & Aven, 2021).

A interação entre *Big Data* e *Analytics* desempenha um papel crucial na realização do potencial dos dados, transformando-os em valor tangível, essencial para possibilitar e garantir uma implementação eficaz de todos os pilares das CIs (Obringer & Nateghi, 2021).

A integração estratégica destas tecnologias nas CIs apresenta um potencial significativo para transformar o ambiente urbano num espaço mais eficiente, sustentável e inclusivo (Su *et al.*, 2011; Giffinger, *et al.*, 2007; Weiss *et al.*, 2013). Ao permitir a coleta e a análise de uma grande variedade de dados, tanto estruturados quanto não estruturados, as IoTs fornecem informações valiosas que podem ser utilizadas para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e otimizar o funcionamento das cidades (Su *et al.*, 2011; Eaton *et al.*, 2011).

No entanto, é importante reconhecer que a dependência da tecnologia também traz desafios significativos, especialmente no que diz respeito à segurança cibernética e à privacidade dos cidadãos (Hayat, 2016). Como destacado por Hayat (2016), as cidades inteligentes estão particularmente vulneráveis a ameaças de cibersegurança, e uma única interrupção pode causar sérios danos ao funcionamento da cidade como um todo. Portanto, para maximizar os benefícios das IoTs em cidades inteligentes, é essencial adotar abordagens que garantam a segurança dos sistemas, protejam a privacidade dos cidadãos e promovam uma governança transparente e inclusiva (Su *et al.*, 2011; Obringer & Nateghi, 2021).

2.5. Desenvolvimento sustentável e cidades inteligentes.

Segundo Cortese *et al.* (2019), uma cidade sustentável é aquela que oferece um ambiente propício para a saúde física, mental e social de seus habitantes, e ao mesmo tempo minimiza seu impacto ambiental e promove a utilização eficiente de recursos. Neste sentido, as CIs buscam alcançar esses objetivos através da integração de sistemas inteligentes que monitorizam e controlam diversos aspetos da cidade, como transporte, energia, água, resíduos, segurança e serviços públicos, impulsionando uma gestão eficiente e política pública alinhadas com a sustentabilidade (Su *et al.*, 2011; Jekanović, 2020; Bragalli *et al.*, 2019).

Por exemplo, os investimentos em infraestrutura de transporte inteligente não só melhoram a mobilidade urbana, como contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, impactando diretamente nos esforços de mitigação das mudanças climáticas (Hayat, 2016; Contreras & Platania, 2019). Além disso, a adoção de tecnologias inteligentes para monitorar a qualidade do ar e o conforto térmico não apenas melhora a qualidade de vida dos cidadãos, mas também ajuda na redução das emissões de gases (Ahvenniemi *et al.*, 2017; Tambo *et al.*, 2016). A implementação de sistemas de energia inteligentes pode reduzir significativamente as emissões de carbono, e ao mesmo tempo oferece uma maior resiliência a desastres climáticos (Obringer & Nateghi, 2021).

Obringer & Nateghi (2021) ressaltam que, embora a sua investigação tenha demonstrado que as iniciativas das CIs podem não ser totalmente contrárias aos objetivos do desenvolvimento sustentável, existe, todavia, a possibilidade de essas tecnologias causarem danos ao meio ambiente. Um dos grandes desafios existentes é o crescente uso de grandes bases de dados. À medida que os dados se tornam cada vez mais volumosos, torna-se evidente a necessidade de uma infraestrutura eficiente para a gestão de dados. Além disso, o crescimento do consumo de energia associado à tecnologia pode levar a um aumento nas emissões de dióxido de carbono (Sinha *et al.*, 2017; Obringer & Nateghi, 2021).

Outro desafio enfrentado pelas CIs é lidar com o aumento da desigualdade social. Neste âmbito, Hollands (2008) destaca que esta problemática surge como resultado do seu próprio sucesso, que tende a atrair uma “classe criativa”, excluindo as comunidades tradicionais e mais pobres.

Para diversos autores, como Neirotti *et al.* (2014) e Errigo (2018), a participação dos cidadãos é de extrema importância para a tomada de decisões relacionadas com a cidade, pois dessa forma a cidade pode ser pensada para todos, criando assim um maior interesse da população em prol da cidade. No entanto, as iniciativas das CIs raramente incluem os cidadãos, o que reduz as oportunidades de participação e gera uma falta de alinhamento dessas soluções às reais necessidades das pessoas. Tal inviabiliza que os benefícios destas tecnologias cheguem a todos os segmentos da sociedade (Abdala *et al.*, 2014).

Assim, a construção de uma cidade sustentável e inteligente requer uma abordagem integrada que considere não apenas os avanços tecnológicos, mas também os aspetos sociais, económicos e ambientais, visando melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes de forma equitativa e resiliente perante desafios globais.

Este capítulo está organizado em três seções principais. A primeira explora a importância do mobiliário urbano no contexto das cidades, destacando o seu importante papel nos espaços públicos e sua influência direta na experiência urbana dos cidadãos. Em seguida, a implementação de soluções inteligentes nesses mobiliários é abordada, apresentando um panorama de mobiliários urbanos inteligentes já aplicados globalmente. Por fim, é realizada uma análise crítica das vantagens e desvantagens desses equipamentos, com destaque para o estudo de casos em Londres e Glasgow, que serve como base comparativa para compreender os desafios e benefícios da adoção de tais tecnologias.

Mobiliário urbano inteligente e sua contribuição para a sustentabilidade.

03

3.1.Aplicação de soluções inteligentes ao mobiliário urbano.

Os espaços públicos são elementos essenciais que contribuem significativamente para a criação de um senso de comunidade nas cidades. Esses ambientes são mais do que apenas áreas de convivência. Atuam como locais onde as interações sociais acontecem, as relações comunitárias são fortalecidas e a vida urbana se desenrola de forma mais vibrante. Os espaços públicos, quando bem projetados, têm um grande papel em atrair um maior número de utilizadores e acomodar uma vasta gama de atividades, superando a limitação de áreas de baixa qualidade que geralmente são usadas apenas para atividades essenciais (Gehl, 2007; Moradoglu & Deniz, 2022).

Segundo Oc & Tiesdell (2007), o impacto dos espaços públicos na qualidade e na identidade de uma cidade é de extrema importância, tendo a capacidade de possibilitar uma diversidade de funções, atividades e necessidades sociais, promovendo um ambiente urbano mais inclusivo e dinâmico. A qualidade do design e os detalhes específicos desses ambientes ao ar livre afetam diretamente como eles são percebidos e utilizados pelos cidadãos.

No contexto da infraestrutura urbana, o mobiliário urbano desempenha um papel fundamental no desenvolvimento dos espaços públicos. Como elemento essencial desses ambientes, contribui para a melhoria da experiência urbana e facilita a integração das pessoas no ambiente, influenciando diretamente como elas interagem com o espaço público e promovendo atividades sociais, culturais e recreativas (Yang *et al.*, 2022; Yuan, 2021). Segundo Bulut *et al.* (2008), o mobiliário urbano abrange unidades que atendem tanto às necessidades funcionais quanto estéticas dos indivíduos, tornando os espaços mais habitáveis e significativos.

Elementos como bancos, lixeiras, abrigos de autocarro, cabines telefónicas, semáforos, sinalização de rota, e componentes de iluminação e água são exemplos de mobiliário urbano que desempenham tanto funções práticas quanto estéticas (Nassar *et al.*, 2019; Bulut *et al.*, 2008). Segundo Yildizci (2001), citado por Muradoğlu (2021), estes mobiliários podem ser classificados de acordo com suas funções, como identificadas na Tabela 2.

O design desses elementos deve considerar múltiplas perspetivas, acompanhando a evolução das ideias de design para garantir que o mobiliário urbano exerça o seu papel de forma eficaz nos espaços em que é inserido. Além disso, é fundamental levar em conta os hábitos dos utilizadores, suas reações e as condições internas dos ambientes, assegurando assim a continuidade da percepção e da usabilidade dos espaços (Handan *et al.*, 2021).

CLASSIFICAÇÃO	ELEMENTOS
PAVIMENTOS DE SUPERFÍCIE	CONCRETO, PEDRA, MADEIRA, ASFALTO, TIJOLO, ETC.
UNIDADES DE ASSENTO	BANCOS, CADEIRAS, ELEMENTOS DE ASSENTOS EM GRUPO.
ELEMENTOS DE ILUMINAÇÃO	LUZES DE ESTRADA E DE AREA.
SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E INFORMAÇÃO	ELEMENTOS DE ORIENTAÇÃO E INDICAÇÃO, PAINÉIS DE COMUNICAÇÃO E AVISO.
BARREIRAS	ELEMENTOS DISSUASIVOS E RESTRITIVOS, BARREIRAS PARA PEDESTRES E TRÁFEGO, ETC.
ELEMENTOS DE ÁGUA	LAGOS, FONTES, CHAFARIZES, CANAIS E HIDRANTES.
ELEMENTOS DE SUPERESTRUTURA	PARADAS DE ÔNIBUS, TOLDOS, PÉRGULAS.
UNIDADES COMERCIAIS	QUIOSQUES, PONTOS DE EXPOSIÇÃO, LANCHONETES, ETC.
OBJETOS ARTÍSTICOS	ESTÁTUAS.
OUTROS ELEMENTOS	MASTROS DE BANDEIRA, LIXEIRAS, CAIXAS DE CORREIO, BANHEIROS PÚBLICOS, JARDINS DE FLORES, MÁQUINAS DE BILHETES, ÁREAS DE ESTACIONAMENTO PARA BICICLETAS, RELÓGIOS, PARQUÍMETROS.

Tabela 2: Classificação de mobiliários urbanos de acordo com sua função (tabela traduzida autoralmente) (Yildizci, 2001).

No contexto das cidades inteligentes, a renovação das instalações públicas urbanas representa uma inovação comum de tecnologia, rede, tecnologia digital, função, serviço e experiência (Zhang & Pan, 2021). A Revolução Industrial 4.0, e caracterizada pela integração de tecnologias avançadas como a IoTs, a IA, o *big data*, entre outros, proporciona uma ampla série de avanços tecnológicos, trazendo a possibilidade de conectar quase todos os dados num ambiente onipresente (Javaid *et al.*, 2022).

A modernização urbana, impulsionada pelo rápido desenvolvimento da ciência e tecnologia, está cada vez mais incorporando soluções inteligentes no mobiliário urbano. Esse movimento responde à crescente demanda por espaços urbanos mais funcionais, estéticos e tecnologicamente avançados (Yang *et al.*, 2022). No contexto da infraestrutura urbana, o conceito de mobiliário inteligente tornou-se uma tendência dominante, refletindo a necessidade de atender tanto às necessidades práticas quanto ao conforto físico dos cidadãos (Yuan, 2021; Vaida *et al.*, 2014).

O mobiliário urbano inteligente desempenha papeis cruciais no ambiente urbano. Equipado com tecnologias como sensores ambientais, módulos sem fio, processadores e microcontroladores, esses elementos estão cada vez mais integrados à infraestrutura IoT, contribuem para a criação de cidades mais ligadas e eficientes (Nassar *et al.*, 2019). Mobiliários como

bancos, lixeiras e abrigos de autocarro não apenas atendem às funções básicas, mas também interagem com os cidadãos, oferecendo funcionalidades adicionais, como, a título de exemplo, carregamento de dispositivos móveis, conectividade à *internet* e serviços de informação (Shelton *et al.*, 2015).

A implementação dessas tecnologias no mobiliário urbano vai além da simples digitalização, trata-se também de uma reconfiguração do espaço público que passa a ser mais centrado nas pessoas do que nos automóveis, refletindo uma mudança no padrão do planeamento urbano (Song, 2024).

Segundo Yanagihara *et al.* (2005), além do uso de tecnologias visíveis, a aplicação de materiais inteligentes no design do mobiliário urbano também desempenha um papel relevante, já que esses materiais, capazes de reagir a estímulos externos ou de se adaptar às condições ambientais, transformam objetos tradicionalmente estáticos em elementos inteligentes. Os materiais como ativos, que mudam de cor quando expostos a variações de temperatura, luz ou pressão são exemplo desses elementos.

O mobiliário inteligente possui a capacidade de interagir com o ambiente em seu redor e de prever as necessidades dos utilizadores por meio de atuadores e sensores integrados e programados, facilitando a vida quotidiana dos indivíduos, proporcionando um ambiente mais adaptável e reativo às suas exigências (Krejcar *et al.*, 2019). Algumas definições expandem essa ideia, descrevendo o mobiliário inteligente como um tipo especializado de mobiliário que coleta informações da sua proximidade imediata para otimizar a funcionalidade para os utilizadores, fazendo parte assim de uma categoria de móveis que podem desempenhar de duas a múltiplas funções, utilizando a conectividade integrada com a *internet* como controle (Frischer *et al.*, 2020).

De acordo com Krejcar *et al.* (2019), a transformação de objetos quotidianos não inteligentes em dispositivos inteligentes, e eventualmente em mobiliário inteligente, pode ser realizada de várias maneiras. No entanto, um aspeto crucial para essa transformação é a presença de uma entidade inteligente. Poslad (2011) complementa essa ideia ao afirmar que essa entidade, equipada com sensores e/ou atuadores, não só possui fontes de energia próprias e é reconfigurável, mas também é capaz de se comunicar com outros dispositivos inteligentes ou com o ambiente inteligente em seu redor. Ambos os autores concordam que essa entidade pode ser integrada em dispositivos tecnológicos e em objetos não inteligentes, convertendo-os em inteligentes por meio dessa atualização.

3.2. Conceção de mobiliário urbano inteligente.

A evolução das cidades inteligentes e a integração da IoT têm pro-

movido uma transformação significativa no design e na funcionalidade do mobiliário urbano e residencial (Vaida, 2014). O conceito de mobiliário inteligente surge nesse contexto como uma resposta às necessidades de uma sociedade cada vez mais digital e interconectada (Yang *et al.*, 2022).

No atual contexto social, a maioria das instalações públicas, no sentido tradicional, ainda gira em torno do paradigma de design de “mobiliário urbano”, com foco principal na aparência, escala e materiais do produto em si, sem considerar as reais necessidades do público e os cenários de uso efetivo na vida digital, no trabalho, nas viagens e no lazer. No entanto, as vantagens inerentes do design de interação em termos de digitalização, informatização, inteligência e experiência do utilizador são de grande importância para a renovação das instalações públicas urbanas (Zhang & Pan, 2021).

Com a chegada da era digital e da IoT, muitos equipamentos e infraestruturas estão gradualmente avançando em direção ao desenvolvimento inteligente (Yang *et al.*, 2022; Nassar *et al.*, 2019). Esse avanço é particularmente evidente no mobiliário urbano, onde elementos dedicados ao conforto físico dos cidadãos, como bancos e mesas de trabalho passaram a incorporar soluções tecnológicas inovadoras, incluindo módulos de carregamento, dispositivos de conectividade e dispositivos “Comunicação por Campo de Proximidade” para interação com os terminais de mobiliário (Ciaramella *et al.*, 2018). Estas inovações não apenas agregam a experiência dos utilizadores, mas também integram o mobiliário urbano ao ecossistema tecnológico das cidades inteligentes, contribuindo para a criação de espaços públicos mais funcionais e interativos (Tanhao *et al.*, 2021, citado por Yang *et al.*, 2022).

Recentemente, o mobiliário urbano, incluindo lixeiras, assentos e abrigos de autocarro, tornou-se inteligente ao ser equipado com sensores ambientais, módulos sem fio, processadores e microcontroladores. Como resultado, o mobiliário inteligente está se tornando numa parte relevante da infraestrutura da IoT, sendo um dos motores das futuras cidades inteligentes. (Nassar *et al.*, 2019).

A combinação da estrutura física do mobiliário inteligente com dispositivos de *hardware* e tecnologia de *software* pode transformar um espaço tradicional num espaço inteligente (Frischer *et al.*, 2020). Com características como acesso à *internet*, serviços de informação, mapeamento e carregamento de dispositivos móveis, o mobiliário urbano inteligente está se integrando ao quotidiano das pessoas. À medida que se movem pelas paisagens urbanas, as pessoas frequentemente encontram dispositivos projetados para antecipar suas necessidades percebidas: bancos para descanso, sinalização e mapas para orientação, cabines telefónicas para comunicação, e publicidade para influenciar o consumo, entre outros (Chesher *et al.*, 2023).

Recentemente, em algumas cidades, as pessoas têm descoberto novos tipos de mobiliário.

3.2.1. Iluminação inteligente

A iluminação pública desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de cidades inteligentes (European Commission, 2015). Muitos projetos de CIs começaram com a modernização dos sistemas de iluminação, considerando-os como um ponto de partida e um aspeto central do processo de renovação urbana. A implementação destes sistemas em diversas áreas da cidade, como praças e espaços públicos abertos, visa tornar estes locais mais seguros e atraentes para os utilizadores, além de apoiar o desenvolvimento local (Silva *et al.*, 2018; Brock *et al.*, 2019).

A integração de sistemas de iluminação inteligente não apenas melhora a segurança e a atratividade dos espaços urbanos, mas também contribui para a eficiência energética e sustentabilidade ambiental (Brock *et al.*, 2019). Com o uso da IoT, esses sistemas otimizam o consumo de energia, aliviando a pressão sobre o sistema elétrico e reduzindo o impacto ambiental. Além disso, cenários conceituais distintos são aplicados para aumentar a satisfação dos utilizadores e melhorar os padrões de vida nas cidades inteligentes (Yang *et al.*, 2022).

Esses sistemas podem ser aplicados em diversas situações, como postes de luz, semáforos, faixas de pedestres, balizadores e outros elementos urbanos. Mesmo com uma implementação mínima, em alguns casos, essas soluções aumentam significativamente a eficiência do mobiliário urbano e aprimoram a experiência do utilizador. Como mostra na tabela 3, existem três categorias de iluminação inteligente usadas nas CIs:

TIPOS	CLASSIFICAÇÃO
ILUMINAÇÃO VIÁRIA	OS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO VIÁRIA DEVEM ATENDER A REQUISITOS FOTOMÉTRICOS ESPECÍFICOS PARA GARANTIR UMA ILUMINAÇÃO EFICAZ EM DIFERENTES TAREFAS VISUAIS, COMO O RECONHECIMENTO DE VEÍCULOS, PESSOAS E SINAIS. ESSES SISTEMAS DEVEM SER PROJETADOS PARA ACOMODAR DIVERSOS USUÁRIOS, COMO MOTORISTAS, CICLISTAS E PEDESTRES, E SEU DESEMPENHO É AVALIADO POR MÉTRICAS COMO BRILHO MÉDIO, ILUMINAÇÃO MÉDIA E UNIFORMIDADE (SCORPIO ET AL., 2020).
ILUMINAÇÃO DE ÁREAS VERDES	PARA MAXIMIZAR SEU USO, OS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DEVEM SER PLANEJADOS DE FORMA A INCENTIVAR AS PESSOAS A FREQUENTÁ-LOS TANTO DURANTE O DIA COMO A NOITE. DEVEM LEVAR EM CONTA ASPECTOS PSICOLÓGICOS, VISUAIS E DE PERCEÇÃO DOS USUÁRIOS. A ILUMINAÇÃO É ESSENCIAL PARA O SUCESSO DESSES ESPAÇOS (HARROLD E MENNIE, 2003; SCORPIO ET AL., 2020).
ILUMINAÇÃO ARQUITETONICA	O PRINCIPAL DESAFIO DA ILUMINAÇÃO ARQUITETÔNICA É REALÇAR A FORMA E OS DETALHES DOS EDIFÍCIOS, AO MESMO TEMPO QUE DISFARÇA ASPECTOS MENOS ATRAENTES, INCLUSIVE DURANTE O DIA. ALÉM DISSO, A LUZ EVOLUIU PARA UMA PODEROSA FERRAMENTA DE COMUNICAÇÃO E MARKETING URBANO (SŁOMIŃSKI E KRUPIŃSKI, 2018). COMBINANDO SOLUÇÕES DE SOFTWARE, HARDWARE E TECNOLOGIAS COMO LED, A ILUMINAÇÃO INTELIGENTE NÃO SÓ APRIMORA SUA EFICÁCIA COMO TAMBÉM MAXIMIZA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GERA UMA INTERAÇÃO ENTRE PESSOAS E DISPOSITIVOS POR MEIO DE FACHADAS DE MÍDIA (HUNOLD ET AL., 2015).

Tabela 3: Tipos de aplicações de iluminação inteligente em CIs (tabela traduzida autoralmente) (Scorpio *et al.*, 2020).

Como exemplo, refletores de estradas existentes foram reformulados com a adição de iluminação, aumentando a visibilidade e a atenção de pedestres e motoristas durante a locomoção. Esses elementos, presentes em faixas de pedestres e canteiros de estradas, agora desempenham um papel crucial, tornando-se mais visíveis e eficazes para auxiliar a segurança viária, como mostram as figuras 3 e 4.



Figura 3: Refletores luminosos na autoestrada (Ruichen, 2019a).



Figura 4 Refletores luminosos na autoestrada (Ruichen, 2019b).

Esses dispositivos também adotam tecnologias sustentáveis, utilizando painéis solares para recarregar as baterias que alimentam a iluminação de LED, garantindo eficiência energética e reduzindo o impacto ambiental (Figura 5).

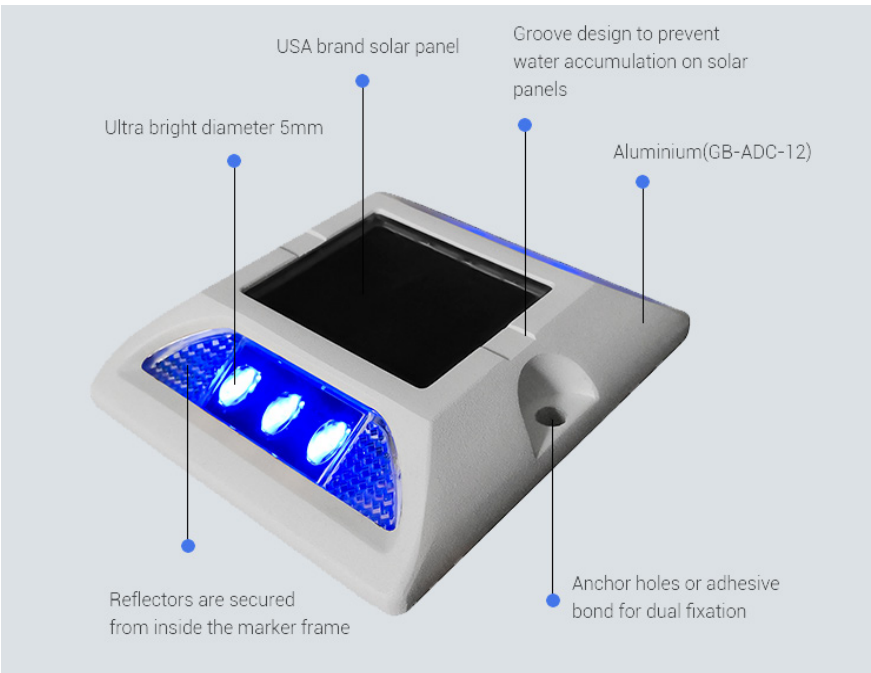


Figura 5: refletor luminoso (Ruichen, s.d.).

Outras aplicações inteligentes estão a ser integradas nas passadeiras para melhorar a percepção, tanto dos motoristas como dos pedestres.

Um exemplo são os painéis de LED (figuras 6 e 7), que estão sendo incorporados no asfalto e, por meio de sensores indicam quando uma pessoa se aproxima da faixa de pedestres. Segundo a empresa responsável pelo desenvolvimento dessa solução, a ideia surgiu como resposta ao desgaste das sinalizações tradicionais que tendem a perder a visibilidade com o tempo.



Figura 6: Passadeira com painéis de LED (Stepvial, 2019).



Figura 7: Passadeira com painéis de LED (Stepvial, 2019).

Outra solução, com o mesmo objetivo, são os balizadores (figuras 8 e 9), que emitem feixes de luz para melhorar a percepção dos pedestres sobre o momento seguro para atravessar. Essa tecnologia também pode ser aplicada em pisos táteis (figuras 10 e 11), ampliando a segurança e acessibilidade no ambiente urbano.



Figura 8: Balizadores com feixe de luz indicadores para passagem de pedestres (Jilaxzone, 2018).



Figura 9: Balizadores com feixe de luz indicadores para passagem de pedestres (Kowalewski, s.d.).

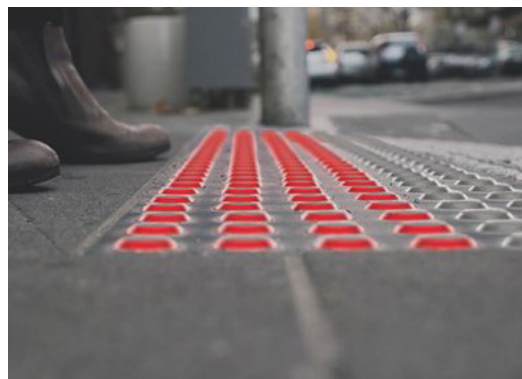


Figura 10: Piso tátil com luz integrada para indicar para passagem de pedestres (Morby, 2016).

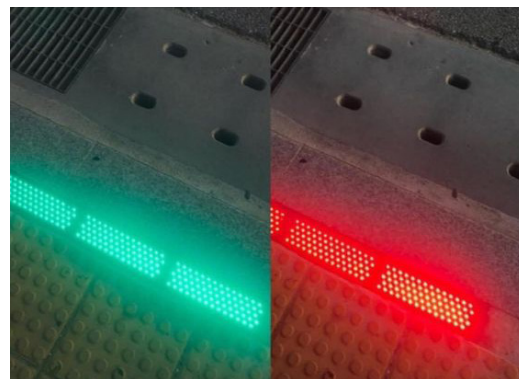


Figura 11: Piso tátil com luz integrada para indicar para passagem de pedestres (Brightside, s.d.).

Sinalizadoras também estão a ser modificadas com o objetivo de facilitar e ajudar ao máximo o tráfego nas cidades. Nas CIs, novas soluções estão a ser pensadas e acopladas a este tipo de mobiliário urbano. Com a adição de sensores, que podem gerar dados que ajudam a direcionar os veículos para rotas otimizadas e fluxo do tráfego, ajudando, desta forma, na diminuição de gases poluentes como o CO₂.

3.2.2 Postes de iluminação inteligente.

Integrados aos postes de iluminação, diversas soluções inovadoras têm sido aplicadas, como a adição de painéis solares para garantir o funcionamento autônomo, o uso de inteligência artificial para otimizar o tráfego, e sensores que fornecem dados climáticos em tempo real para a cidade. Além disso, o conceito de multifuncionalidade no mobiliário urbano tem obtido destaque, aproveitando esses elementos para desempenhar mais de uma função, refletindo uma visão moderna sobre como as cidades devem operar de forma mais inteligente e sustentável.

Com base nesses princípios, um grupo de designers chineses desenvolveu um poste de iluminação movido a energia solar, que também integra lixeiras na sua estrutura (figura 12) (Gajitz, s.d.).



Figura 12: Poste de luz City Context (Gajitz, 2011).



Figura 13: Diferenciação de resíduos por lixeiro (Gajitz, 2011).



Figura 14: Esquema de liberação de acesso aos compartimentos (Gajitz, 2011).

Denominado *City Context*, esse equipamento alia sustentabilidade e funcionalidade por meio de painéis solares que captam energia durante o dia para iluminar a cidade à noite. Além disso, facilita a reciclagem com a coleta seletiva, indicando o tipo de resíduo adequado para cada compartimento (Figura 13). Para a coleta, os trabalhadores utilizam um cartão específico que liberta o acesso aos compartimentos, permitindo esvaziar as lixeiras de maneira prática e eficiente (Figura 14).

O objetivo do projeto foi reduzir a quantidade de lixeiras dispersas nas calçadas, otimizando a distribuição desses recipientes, já que os postes de iluminação estão presentes em praticamente todas as áreas urbanas. Essa inovação permitiu ao grupo receber o prêmio *IDEA Award* de 2011.

Uma outra solução inovadora, proposta pelo designer Zhongren Zhang, é a integração de postes de iluminação com equipamentos de exercício físico, comumente encontrados em parques. A ideia é que enquanto os cidadãos se exercitam, a energia gerada por suas atividades seja armazenada para alimentar os postes à noite (Zhang, s.d.).



Figura 15: Poste de luz *CityLite 2.0* (Zhang, s.d.).

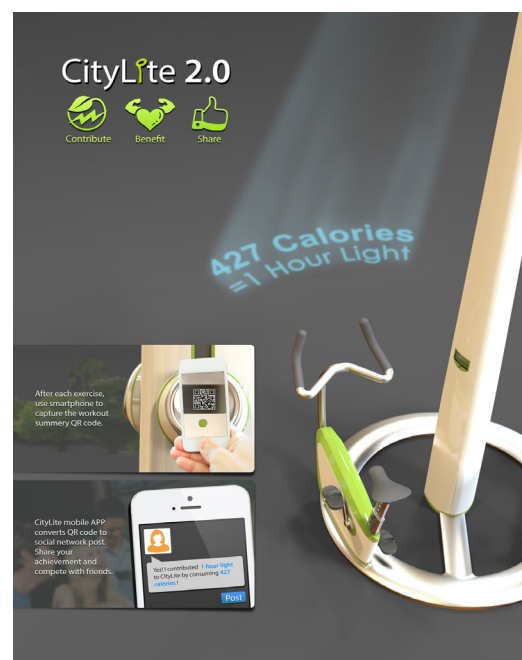


Figura 16: Informações fornecidas pelo equipamento (Zhang, s.d.).

O *CityLite 2.0* possui um indicador que mostra o nível de carga disponível para seu funcionamento (Figura 15). Caso a energia gerada não seja suficiente, o sistema utiliza energia convencional sem comprometer o seu desempenho. Além disso, o equipamento interage com os utilizadores por meio de um *QR code*, fornecendo informações sobre o quanto contribuíram para o carregamento, além de dados sobre a atividade física realizada (Figura 16).

Diversas outras soluções estão sendo desenvolvidas e implementadas nesse tipo de equipamento urbano. Um exemplo é a inclusão de estações de carregamento para veículos elétricos (figura 17), um projeto da empresa Voltpost, que prevê a instalação dessas estações por meio de *retrofit* de postes já existentes. Além disso, os cidadãos podem verificar a disponibilidade das estações através de um aplicativo.

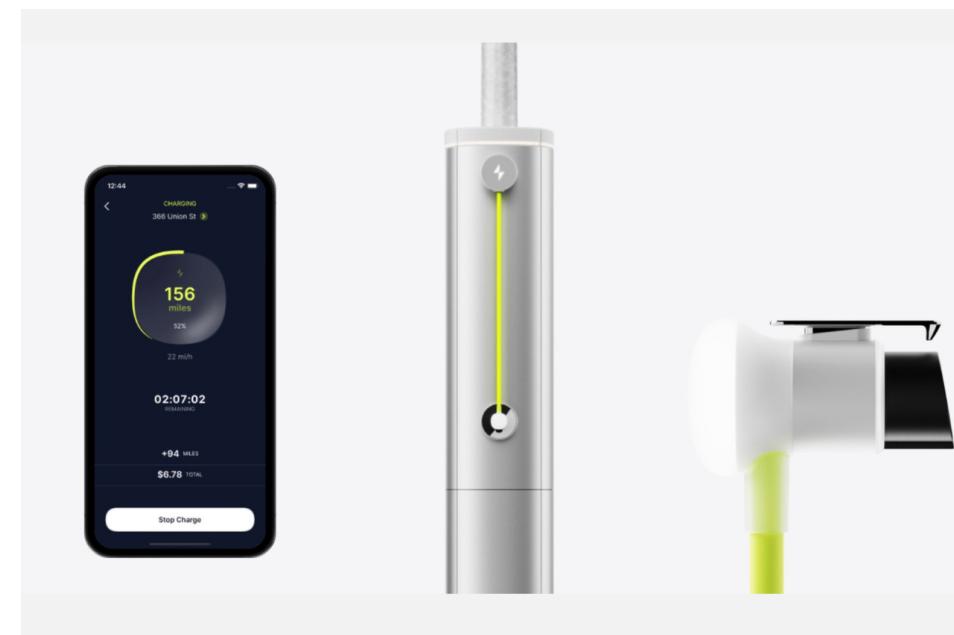


Figura 17: Componentes da estação de carregamento para veículos (Torres, 2024).

3.2.3 Bancos inteligentes.

Os bancos inteligentes foram um dos primeiros tipos de mobiliário urbano a serem testados e instalados nas cidades, aliando o design tradicional à tecnologia moderna (Wessels *et al.*, 2020). Eles possuem uma ampla gama de funções para diferentes aplicações, sendo muitos deles através de painéis solares, total ou parcialmente auto suficientes.

Segundo Manholm *et al.* (2015), para obter o sucesso desses bancos, os designers devem considerar três fatores principais. Primeiro, a localização e a orientação adequadas para garantir seu uso eficiente; segundo, o design e a disposição, levando em conta a acessibilidade, incluindo a participação de utilizadores de cadeiras de rodas; e terceiro, a possibilidade de integrar equipamentos adicionais, como unidades de acesso a rádio, fontes de energia e antenas para oferecer conectividade.

Em 2010, a empresa *Strawberry Energy* instalou um de seus modelos, o *Smart Bench 1* (figura 18), em Londres, com o objetivo de avaliar a sua aceitação pelo público (Chesher *et al.*, 2023). O banco incorpora painéis solares para alimentar as suas funcionalidades, como o carregamento de dispositivos eletrônicos de forma autónoma. A empresa afirma que o painel solar garante funcionamento contínuo, além de oferecer *Wi-Fi* gratuito e sensores que monitorizam e divulgam dados ambientais como a poluição, a temperatura e níveis de ruído (figura 19). O banco também inclui um espaço para publicidade, proporcionando retorno financeiro ao governo (figura 20).

Figura 18: Banco *Smart Bench 1* (Strawberry, 2021).

Figura 19: Indicação de disponibilizados pelo banco (Strawberry, 2022).

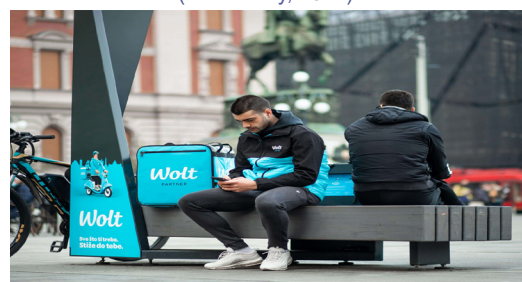


Figura 20: Aplicação de publicidade no banco (Strawberry, 2022).

Seguindo essa linha, outros modelos de bancos inteligentes foram desenvolvidos, como o *Smart Solar Bench* da EnGoPlanet (Figura 21), que inclui a adição de ecrãs para transmitir informações e diferentes tipos de anúncios. (EnGoPlanet, s.d.)

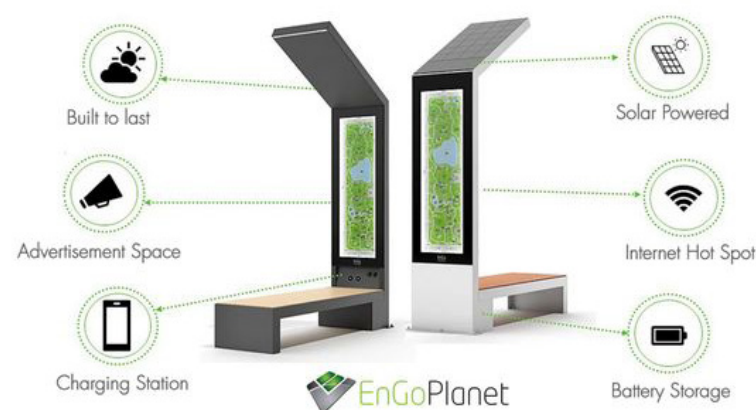


Figura 21: Banco "Smart Solar Bench Smart Solar Bench Smart Solar Bench" e suas funções (EnGoPlanet, 2023).

Há também versões mais simples desenvolvidas pela empresa ZANO focadas na ampla implementação e que oferecem diferentes opções de modelos, contendo encostos (figura 22), apoios para bicicleta (figura 23) e entre outras possibilidades, bem como tecnologias como painéis solares, estações de carregamento (figura 24) e *Wi-Fi*.



Figura 22: Modelo de banco com encosto (Zano, s.d.).



Figura 23: Modelo de banco com apoio de bicicleta (Zano, s.d.).



Figura 24: Estação de carregamento existente no banco (Zano, s.d.).

Como resultado de um concurso realizado na Hungria na procura de novos designs para mobiliário urbano inteligente para pátios de escolas e centros urbanos, o estúdio de design *Hello Wood* desenvolveu dois tipos de bancos inteligentes: *Fluid Cube* e *City Snake* (figura 25). Ambos os projetos foram concebidos com a intenção de serem adaptáveis aos locais onde serão instalados e ao público que os utiliza.

Figura 25: Bancos *Fluid Cube* e *City Snake* (Hello Wood, 2019).

O *Fluid Cube* é uma estrutura cúbica fixa que abriga duas bancadas paralelas protegidas por um teto de vidro temperado com células solares (figuras 26 e 27). O design não apenas permite a entrada de luz natural no interior do cubo, mas também protege os utilizadores da chuva e capta energia solar, tornando o equipamento autossuficiente. O equipamento oferece também conectividade *Wi-Fi* e pontos de carregamento USB.

Figura 26: Banco *Fluid Cube* (Hello Wood, 2019).Figura 27: Visão interna do banco *Fluid* (Cube.Hello Wood, 2019).

Já o *City Snake* é um mobiliário colocado ao ar livre de design mais fluido e modular, que oferece várias formas de assentos adaptando-se a diferentes espaços (figuras 28 e 29). Embora a sua estrutura seja mais flexível, também integra as mesmas funcionalidades tecnológicas como painéis solares, *Wi-Fi* e carregamento USB.



Figura 28: Painéis solares existentes no *City Snake* (Hello Wood, 2019).



Figura 29: Estação de carregamento existente no *City Snake* (Hello Wood, 2019).

Além de incorporar práticas sustentáveis na concepção dos móveis, o Estúdio destacou que os mesmos são fabricados a partir de blocos de madeira serrada utilizando tecnologia de controle numérico computadorizado (CNC). Esse método reduz significativamente o desperdício de material.

3.2.4 Quiosques inteligentes.

Os quiosques inteligentes são peças multifuncionais que integram componentes de *hardware* e *software* para monitorizar condições ambientais, interagir de várias formas com os utilizadores e transmitir dados para análise. Embora mantenham uma aparência semelhante aos postes de mídia tradicionais, os quiosques não se limitam à exibição da publicidade interativa. A crescente adoção desses equipamentos nas cidades inteligentes é impulsionada pela sua ampla versatilidade e múltiplas aplicações, como indicado na figura 30 (Gómez-Carmona *et al.*, 2018).



Figura 30: Aplicações existentes nos quiosques inteligentes (elaboração própria).

Em 2010, a empresa InLinkUK instalou os quiosques inteligentes InLink (figura 31) nas ruas da cidade de Glasgow para avaliar a aceitação do público (Chesher *et al.*, 2023). Esses quiosques incorporam diversas tecnologias e oferecem várias funcionalidades à população como chamadas gratuitas, ligação direta com serviços de emergência, carregamento de dispositivos, *Wi-Fi* ultrarrápido e uma tela sensível ao toque com sistema *Android*, que permite navegar pela *internet* e ter acesso a mapas (figuras 32 e 33). Além disso, possui telas nos dois lados para a exibição de publicidade e anúncios a comunidade.

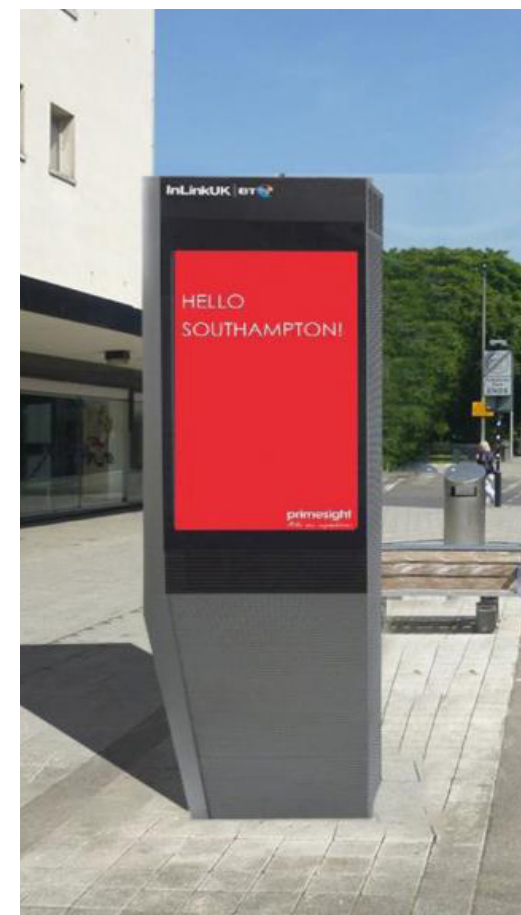


Figura 31: Quiosques InLink nas ruas de Southampton (Daily Echo, 2019).



Figura 32: Quiosques InLink sendo utilizados nas ruas de Southampton (Daily Echo, 2019).

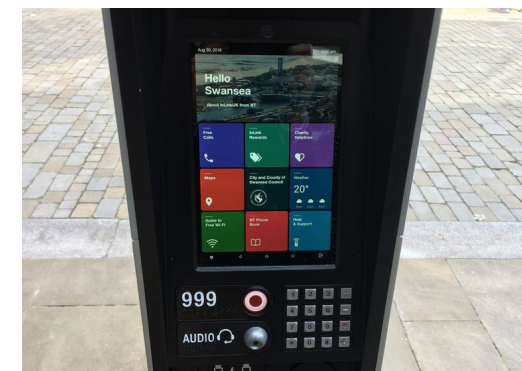


Figura 33: *Display* do quiosque InLink (BBC, 2018).

Seguindo uma proposta de certa forma similar, as empresas DCL e Omloop, em parceria com o distrito de Boston, nos Estados Unidos, instalaram o quiosque *Boston Wayfinding* (figura 34). Esse equipamento é dedicado à orientação, permitindo que pedestres utilizem o mapa da zona para se localizarem e traçarem rotas (figuras 35 e 36). O objetivo dos projetistas era criar um sistema claro e fácil de usar, facilitando a navegação dos cidadãos e turistas, estes de passagem.



Figura 34: Quiosques Boston Wayfinding (DCL, s.d.).



Figura 35: Identidade visual dos mapas existentes no quiosque Boston Wayfinding (DCL, s.d.).



Figura 36: Identidade visual dos mapas existentes no quiosque Boston Wayfinding (DCL, s.d.).

Este é um exemplo de uma ideia inteligente que não depende exclusivamente da tecnologia. A inovação não está nos ecrãs sofisticados mencionados anteriormente, mas na forma como esses equipamentos facilitam a mobilidade dos utilizadores pela cidade, fornecendo informações

mais claras e estratégicas sem o uso de ecrãs. Ao serem instalados em pontos estratégicos, ajudam os cidadãos a se orientarem e seguirem rotas de maneira mais eficiente. Os quiosques utilizam painéis solares para garantir autonomia energética (figura 37), para além de oferecerem ligação *Wi-Fi* aos utilizadores e iluminação interna, permitindo o a sua utilização de dia e de noite.



Figura 37: Painel solar existente no Kiosk Boston Wayfinding (DCL, s.d.).

A empresa Moobo desenvolveu quiosques mais versáteis, com funções variadas através de um design modular. O modelo MAESTRO (figura 38) possui um perfil alongado e uma tela de alta qualidade que pode exibir publicidade paga, informações da cidade como horários de transporte público, ou outras informações relevantes. Com a inclusão de sensores, o equipamento pode fornecer dados em tempo real, como previsões meteorológicas ou níveis de poluição.



Figura 38: Quiosque MAESTRO (Moobo, 2020).

A diferença está na parte superior, que permite a acoplagem de diferentes elementos como iluminação simples (figura 39) e dupla (figura 40), transformando-o também num poste de luz. Há ainda uma placa indicativa de elemento informativo (figura 41) e um painel solar (figura 42), que pode tornar o equipamento parcialmente autónomo. Uma versão mais simples também está disponível (figura 43). O quiosque oferece ainda *Wi-Fi* e uma estação de carregamento para dispositivos móveis.



Figura 39: Iluminação única (Moobo, 2020).



Figura 40: Iluminação dupla (Moobo, 2020).



Figura 41: Informativo (Moobo, 2020).



Figura 42: Painel solar (Moobo, 2020).



Figura 43: Solução simples (Moobo, 2020).

3.2.5 Lixeiras inteligentes.

As lixeiras são elementos essenciais na infraestrutura urbana. Quando mal projetadas ou posicionadas inadequadamente, podem prejudicar a identidade visual das ruas, gerar problemas de acessibilidade e aumentar a poluição (Lynn *et al.*, 2020). Soluções inteligentes para esses equipamentos estão surgindo, utilizando sensores que transmitem dados sobre o nível de enchimento para um servidor na nuvem. Esses dados são analisados e informados ao órgão responsável pela coleta, possibilitando a otimização das rotas de recolha, identificação de áreas carentes de lixeiras e melhor gestão da reciclagem, o que contribui para a redução da poluição, como mostra o esquema da figura 44 (Yang *et al.*, 2022).



Figura 44: Esquema do uso da ferramenta existente nas lixeiras inteligentes (elaboração própria).

DIPOSITIVO	USO
LEITOR DE IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA (RFID) (RC522)	• IDENTIFICAR OS TIPOS DE RESÍDUOS ETIQUETADOS COM ETIQUETAS RFID • IDENTIFICAR E RASTREAR LIXEIRAS INTELIGENTES, ROTULANDO-AS COM ETIQUETAS RFI
ATUADOR	• TRANCAR A LIXEIRA INTELIGENTE ATÉ QUE SEJA ESVAZIADA
MÓDULO DE SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)/SERVIÇO GERAL DE PACOTES VIA RÁDIO (GPRS) (SIM808)	• IDENTIFICAR A LOCALIZAÇÃO ONDE O SISTEMA CONSEGUE RASTREAR A LOCALIZAÇÃO ATUAL DA LIXEIRA INTELIGENTE • COMUNICAR-SE DIRETAMENTE COM O SERVIÇO DE COMPUTAÇÃO CENTRAL USANDO UM CARTÃO SIM
PLACA CONTROLADORA (ARDUINO UNO R3)	• CONVERTER LEITURAS BRUTAS DE DIFERENTES SENSORES EM PACOTES DE DADOS • SERVIR DE PONTE ENTRE OS SENSORES E A UNIDADE DE COMPUTAÇÃO (OU SEJA, RASPBERRY PI)
SENSOR DE QUALIDADE DO AR SPARKFUN (SEN-14193)	• MEDIR A QUALIDADE DO AR, INCLUINDO COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS TOTAIS, DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE E ÓXIDOS METÁLICOS
SENSOR ULTRASSÔNICO (HC-SR04)	• MEDIR O NÍVEL DE LIXO DENTRO DE UMA LIXEIRA INTELIGENTE
MÓDULO DE COMUNICAÇÃO SEM FIO (LORAWAN, MÓDULO SEM FIO 802.15.4, MÓDULO 6LOWPAN E ROHM BP35A1)	• CRIAR REDES SEM FIO ENTRE AS LIXEIRAS INTELIGENTES E O SERVIÇO DE COMPUTAÇÃO CENTRALIZADO QUATRO MÓDULOS DIFERENTES FORAM USADOS: • LORAWAN SUPORTA REDES SEM FIO DE BAIXO CONSUMO DE ENERGIA, BAIXA LARGURA DE BANDA E LONGO ALCANCE ENTRE LIXEIRAS INTELIGENTES E O SERVIÇO NA NUVEM • O MÓDULO SEM FIO 802.15.4 SUPORTA REDES SEM FIO DE BAIXO CONSUMO DE ENERGIA, BAIXA LARGURA DE BANDA E CURTO ALCANCE • O MÓDULO 6LOWPAN SUPORTA REDES SEM FIO IPV6, DE BAIXO CONSUMO DE ENERGIA, BAIXA LARGURA DE BANDA E CURTO ALCANCE • O ROHM BP35A1 SUPORTA REDES SEM FIO DE BAIXO CONSUMO DE ENERGIA, BAIXA LARGURA DE BANDA E ALCANCE INTERMEDIÁRIO
COMPUTADOR DE PLACA ÚNICA (RASPBERRY PI)	• PROCESSAR (OU SEJA, FILTRAR E AGREGAR) PACOTES DE DADOS ENVIADOS POR UM MICROCONTROLADOR (OU SEJA, ARDUINO UNO R3) • ENVIAR OS DADOS PROCESSADOS PARA O MÓDULO DE COMUNICAÇÃO SEM FIO (OU SEJA, LORAWAN)

Tabela 4 - Sensores e tecnologias utilizados em lixeiras inteligentes e seu papel (tabela traduzida autoralmente.) (Nassar *et al.*, 2019).

A diversidade e versatilidade desses sensores e tecnologias, isoladamente ou em conjunto, oferecem inúmeras possibilidades para esses equipamentos, como ilustrado na tabela 4 (Nassar *et al.*, 2019).

A título de exemplo, a empresa Bin-e desenvolveu uma lixeira inteligente (figura 45) que, por meio do uso de IA, separa autonomamente o lixo inserido conforme seu tipo de reciclagem, direcionando-o para o compartimento correto. Com um algoritmo de gestão de resíduos, a lixeira alcança mais de 92% de precisão na separação de diferentes tipos de materiais. Além disso, o sistema oferece compartilhamento de dados em tempo real, como o nível de enchimento, relatórios de análise sobre o lixo descartado e o status do dispositivo, acessíveis por meio de um aplicativo móvel.



Figura 45: Lixeira inteligente Bin-e (Bin-e, s.d.).

O modelo também possui um mecanismo de compressão que, através de prensas, triplica a capacidade dos compartimentos, otimizando o espaço disponível. Personalizações adicionais incluem a instalação de uma tela na parte superior do equipamento, além de opções de identidade visual ao longo de toda a estrutura (figura 46). Há também uma versão específica para a coleta de resíduos eletrônicos, baterias, lâmpadas, objetos cortantes, entre outros (figura 47).



Figura 46: Bin-e com ecrã e personalização (Bin-e, s.d.).



Figura 47: Lixeira direcionada para lixos eletrônicos e outros usos (Bin-e, s.d.).

Algumas empresas estão focadas no desenvolvimento de sensores (figura 48) que podem ser acoplados a lixeiras, transformando-as em dispositivos inteligentes (figura 49). A empresa Pello, por exemplo, criou um sensor que, por meio de IA, é capaz de detetar a contaminação do lixo, monitorizar a capacidade dos contentores e, com métricas personalizáveis,

medir e acompanhar a geração de resíduos. Esse sensor também inclui uma câmera que transmite fotografias em intervalos regulares, permitindo a verificação do estado da lixeira. Além disso, sensores infravermelhos podem detectar contaminação e indicar a necessidade de coleta específica.



Figura 48: Sensor pello (Pello, 2023).



Figura 49: Implementação do sensor em lixeira existente (Pello, 2023).

A proposta da empresa Pello é reduzir os custos de implementação de novos equipamentos e otimizar a coleta utilizando um Sistema de Posicionamento Global (GPS) para traçar rotas de recolha com base na capacidade das lixeiras. O sistema também ajuda na detecção de contaminação cruzada, prevenindo o envio de resíduos para centros de reciclagem inadequados, o que aumentaria os custos de separação e geraria mais emissões poluentes.

3.2.6. Paragens de autocarro inteligentes.

As paragens de autocarros desempenham um papel essencial na eficiência do transporte público e na qualidade de vida dos utilizadores (Sungur *et al.*, 2015). Em muitas cidades, os autocarros são uma das formas de transporte mais utilizadas, um passageiro pode gastar até 30 minutos de espera por dia, somando cerca de oito horas semanais. Contudo, o sistema de transporte enfrenta desafios, como o aumento do consumo de energia e da poluição devido à dependência do petróleo (Deore *et al.*, 2021).

Além disso, a falta de informações adequadas sobre a localização, horários e disponibilidade de assentos, tornam o sistema algumas vezes ineficiente. A introdução de sistemas de gestão inteligente para monitorização de rotas, rastreamento de autocarro e bilhetagem eletrónica via IoT tem o potencial de digitalizar e melhorar significativamente a experiência dos passageiros, proporcionando informações em tempo real e reduzindo impactos ambientais (Sungur *et al.*, 2015)

Algumas soluções inteligentes têm surgido para enfrentar os desafios urbanos, melhorando a experiência dos utilizadores e promovendo uma cidade mais sustentável. O designer Florent Prat desenvolveu uma paragem de autocarro inteligente (figura 50) com foco na sustentabilidade e na criação de espaços verdes. Essa solução não apenas melhorar a mobilidade urbana, mas também contribuir para a redução do calor nas cidades, incorporando elementos naturais.

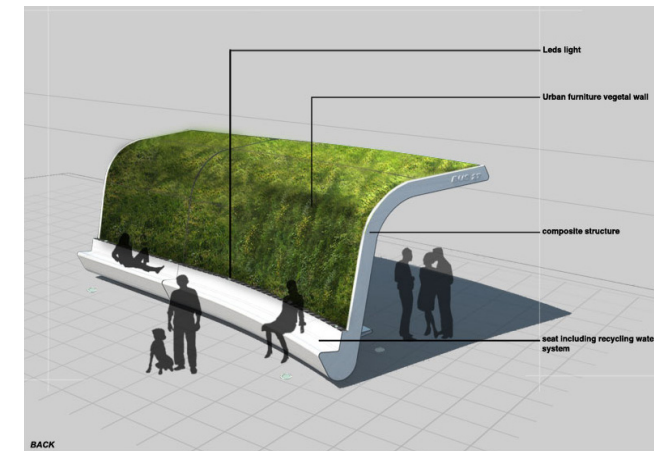


Figura 50: Paragem de autocarro "Vegetal Bus Stop" (Florent prat, 2009).

O mobiliário urbano possui áreas destinadas a assentos na parte posterior e na cobertura (figura 51), oferecendo conforto, tanto para passageiros à espera do autocarro como para pedestres de passagem. Utilizando um sistema ecológico de captação de água da chuva, o sistema possibilita a irrigação autónoma de plantas integradas no seu design (figura 52), promovendo um ambiente mais agradável e sustentável. Além disso, o uso de iluminação de baixo consumo energético aumenta a eficiência do mobiliário.

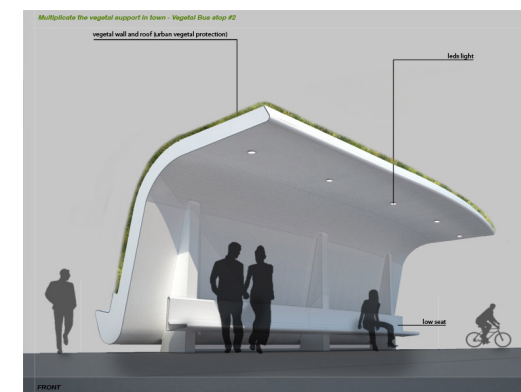


Figura 51: Vista da área coberta (Florent prat, 2009).

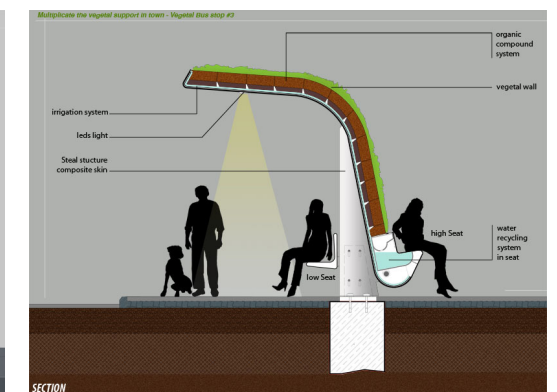


Figura 52: Esquema de corte. (Florent prat, 2009).

O *Project Bus Stop* foi desenvolvido para a cidade de Singapura pelo escritório DP Architects, como parte de uma iniciativa inteligente cujo objetivo era testar as funcionalidades do mobiliário que atendiam às necessidades dos cidadãos. O conceito surgiu com a intenção de proporcionar aos utilizadores uma experiência agradável enquanto aguardam o autocarro, para além de demonstrar como as paragens de autocarro podem ser reinventadas como espaços urbanos sociais (figura 53).



Figura 53: Project Bus Stop (Land Transport Guru, 2016).

O mobiliário oferece diversas funcionalidades, incluindo *Wi-Fi* gratuito, carregadores de telemóveis (figura 54), uma biblioteca com livros físicos e *e-books* da Biblioteca Nacional (figura 55), que podem ser descarregados via *QR code*. Também contém ecrãs inteligentes e interativos que fornecem informações sobre serviços (figura 56), horários de chegada dos autocarros e a possibilidade de planear rotas mais rápidas (figura 57). O design ainda incorpora um telhado verde, painéis solares (figura 58), estacionamento para bicicletas (figura 59), um baloiço e ilustrações criadas por um artista local.



Figura 54: Terminal de carregador de telemóvel (Land Transport Guru, 2016).

Figura 55: Biblioteca de livros, *e-books* e baloiço (Land Transport Guru, 2016).

Figura 56: Ecrãs inteligentes e interativos (Land Transport Guru, 2016).

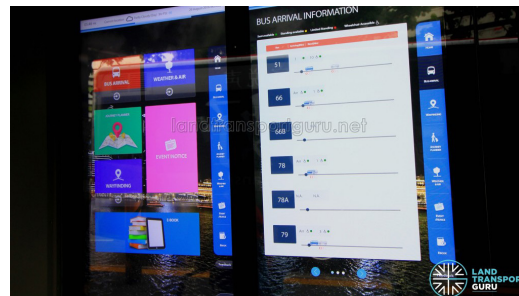


Figura 57: Ecrãs para rotas e horários de autocarros (Land Transport Guru, 2016).



Figura 58: Telhado verde e painéis solares (Land Transport Guru, 2016).



Figura 59: Estacionamento para bicicletas (Land Transport Guru, 2016).

A proposta do governo com esse projeto é identificar soluções e tomar decisões baseadas nas preferências dos cidadãos, por meio de uma votação que ocorre durante o período de teste do mobiliário. Tal permite uma tomada de decisão participativa para futuros projetos a serem implementados.

Outras inovações para aprimorar a eficiência do sistema de transporte público incluem o uso de sensores. Esses dispositivos permitem traçar rotas mais eficazes para os autocarros, fornecer informações em tempo real sobre a chegada dos veículos nas paragens, indicar a quantidade de assentos ou espaço disponível nos autocarros e algumas outras possibilidades.

3.2.7. Outras soluções de mobiliários inteligentes.

Outras soluções estão surgindo para atender às necessidades específicas da população. A empresa PENSA, em parceria com a Goal Zero e a AT & T, desenvolveu uma estação de carregamento para telemóveis 100% alimentada por energia solar com painéis localizados na parte superior da estrutura (figuras 60 e 61). O objetivo é proporcionar à comunidade um carregamento eficiente e sustentável em locais como parques, praias e universidades.



Figura 60: Estações de carregamento em Nova York (Pensa, s.d.).



Figura 61: Apoio da estação de carregamento (Pensa, s.d.).

O GreenPee é uma solução urbana inteligente desenvolvida para enfrentar o aumento de casos de micção em locais públicos. Trata-se de um mictório público, instalado em praças e calçadas, que é integrado num jardim. O equipamento não requer conexão ao sistema de esgoto, pois o líquido é armazenado num recipiente de fibra de cânhamo que absorve odores. Através do processo de compostagem, o líquido é transformado em fertilizante orgânico rico em fósforo que é utilizado no desenvolvimento das plantas que fazem parte do próprio sistema.

Além disso, o GreenPee conta com um sistema que coleta água da chuva, com capacidade para armazenar até 30 litros, aproveitando essa água para irrigar as plantas durante os períodos de seca. Essa solução foi criada em resposta ao crescente problema de micção pública nas ruas de Amsterdão. O GreenPee está disponível em versão única (Figura 62), dupla (Figura 63) e de canto (Figura 64), proporcionando flexibilidade para diferentes tipos de espaços públicos.



Figura 62: modelo com mictório único (GreenPee, s.d.).



Figura 63: modelo com mictório duplo (GreenPee, s.d.).



Figura 64: modelo com mictório de canto (GreenPee, s.d.).

3.3. Vantagens e desvantagens do uso de mobiliário inteligente.

O mobiliário urbano inteligente é uma peça fundamental no desenvolvimento das cidades inteligentes (Nassar *et al.*, 2019). Essas soluções procuram incorporar tecnologia e infraestrutura para uma melhor eficiência urbana, sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos. Porém, é crucial avaliar de forma crítica os impactos dessas inovações, considerando tanto os seus benefícios quanto os seus desafios. Embora o desenvolvimento tecnológico seja uma motivação para mudanças positivas, como maior eficiência energética e novos serviços urbanos, a introdução de dispositivos inteligentes pode também gerar efeitos adversos, como aumento no consumo de energia e questões relacionadas com a privacidade e gestão de dados (Viitanen & Kingston, 2014; Obringer *et al.*, 2021). Assim, ao analisar o papel do mobiliário urbano inteligente, é importante considerar as diversas interpretações e significados sociais que diferentes grupos atribuem a essas tecnologias.

3.3.1. Pontos positivos: Contribuições do mobiliário urbano inteligente.

As soluções técnicas inovadoras desempenham um papel essencial nas transformações sociais futuras, promovendo maior eficiência,

economia de recursos e melhoria da qualidade de vida (Frischer *et al.*, 2020). Mobiliários urbanos inteligentes, como lixeiras equipadas com IA e sensores, têm demonstrado eficácia em termos de sustentabilidade, otimizando a coleta de resíduos e fornecendo dados mais detalhados para a sua gestão, além de contribuir para a redução da pegada ambiental nas cidades.

Moradoglu & Deniz (2022) destacam que o uso de tecnologias de energia renovável integradas nesses equipamentos, como painéis solares em bancos, postes de luz e paragem de autocarro, ajuda a mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao reduzir a dependência de fontes de energia poluentes. Além de gerar benefícios diretos, como economia de energia, esses dispositivos transformam o espaço público em exemplos de sustentabilidade, educando as gerações futuras sobre a importância da preservação ambiental.

Esses equipamentos também abrem espaço para parcerias público-privadas, como observado nalguns bancos e quiosques inteligentes. Nesses casos, os governos locais beneficiam da instalação gratuita, enquanto empresas utilizam os mobiliários para publicidade, oferecendo serviços úteis aos cidadãos, como carregamento de dispositivos, ligações e *Wi-Fi* gratuito.

3.3.2. Pontos negativos: Desafios e limitações do mobiliário urbano inteligente.

Apesar dos benefícios, o mobiliário urbano inteligente enfrenta desafios significativos. Um dos principais problemas é o aumento do consumo de energia, especialmente com o grande crescimento da demanda de dispositivos conectados à IoT. Obringer *et al.* (2021) destacam que, embora a eficiência energética seja uma promessa, a infraestrutura necessária para suportar esses dispositivos pode aumentar substancialmente o consumo de eletricidade, o que pode desacelerar os esforços de mitigação das emissões, especialmente se a energia continuar sendo gerada por fontes não renováveis.

Outro desafio é a falta de consenso sobre o uso e os propósitos dessas tecnologias. Segundo a abordagem SCOT (*Social Construction of Technology*), diferentes grupos sociais interpretam a tecnologia de formas distintas, o que pode criar resistência e desacordo sobre como e onde esses dispositivos devem ser instalados, (Pinch & Bijker, 1984). Frequentemente, a implantação desses mobiliários ocorre sem a devida consulta à comunidade local, resultando em baixa aceitação pública e, em alguns casos, no fracasso de iniciativas. Além disso, muitos cidadãos não percebem ou não utilizam as funcionalidades oferecidas devido à falta de familiaridade com a tecnologia.

A localização destes mobiliários também pode reforçar a exclusão

social e digital (Zhang e Pan, 2021). Muitas vezes, esses equipamentos são instalados em áreas mais nobres das cidades, deixando as regiões mais pobres à margem dessas inovações. Muitos estudos apontam que o foco desses equipamentos tende a atender mais turistas, desconsiderando as necessidades da população local.

Adicionalmente, o uso desses dispositivos pode levantar questões sobre privacidade e segurança (Nassar *et al.*, 2019). Com a coleta constante de dados em tempo real, existe o risco de que essas informações sejam mal utilizadas ou acedidas indevidamente. A implementação de sistemas de recomendação personalizados, por exemplo, embora ofereça conveniência, também pode gerar preocupações quanto à invasão de privacidade, especialmente se não houver uma regulamentação clara sobre o uso desses dados.

Embora existam iniciativas em que esses equipamentos são instalados por meio de parcerias público-privadas, aquelas cidades que não conseguem tais acordos enfrentam altos custos iniciais de instalação e manutenção, criando um obstáculo para a implementação dessas soluções em regiões com orçamentos limitados.

3.3.3. Exemplo de implementação: O estudo das cidades de Glasgow e Londres.

O estudo realizado nas cidades de Glasgow e Londres sobre a instalação de mobiliário inteligente é um exemplo ilustrativo dos desafios e benefícios do uso da tecnologia. Em meados de 2017, foram instalados em Londres bancos inteligentes pela *Strawberry Energy* e em Glasgow os quiosques e *display* publicitários chamados InLinks, anteriormente citados, com o intuito de servir como teste para entender a aceitação do público nas ruas do Reino Unido, sendo ambos implementados em uma parceria público-privadas.

O artigo “*Discovering Smart: Early Encounters and Negotiations with Smart Street Furniture in London and Glasgow*”, apresentado por Chesher *et al.*, (2023), procura investigar como estes mobiliários urbanos inteligentes foram implementados e percebidos pelo público nessas cidades, utilizando a abordagem SCOT proposta por Pinch & Bijker (1984). De acordo com essa abordagem, diferentes grupos sociais podem interpretar a tecnologia de formas variadas, atribuindo a ela significados distintos.

Esses dispositivos foram fornecidos gratuitamente às câmaras municipais, em troca de direitos de publicidade e patrocínio de marcas, o que aliviou os custos iniciais para as autoridades locais. No entanto, os autores destacam que grande parte do público ainda não tinha descoberto as funcionalidades inteligentes desses dispositivos. Em entrevistas realizadas, menos da metade dos entrevistados tinham conhecimento que os bancos ofereciam recursos como carregamento de dispositivos e *Wi-Fi* gratui-

to. Isso reflete um dos desafios já mencionados anteriormente: a falta de familiaridade e conhecimento sobre a tecnologia por parte do público, o que limita a adoção e o uso desses dispositivos.

Outro aspeto discutido é a exclusão social e digital provocada pela instalação desses mobiliários em áreas específicas. Grande parte das instalações ocorreu em regiões mais nobres, o que gerou a percepção de que os dispositivos atendiam prioritariamente às necessidades de turistas e viajantes, deixando a população local em segundo plano. Além disso, alguns entrevistados relataram que, em locais como *Borough Road*, em Londres, os bancos eram frequentemente ocupados por pessoas sem abrigo, o que impedia outros cidadãos de utilizá-los. Essa situação levantou questões sobre o uso adequado do espaço público e trouxe à tona dilemas relacionados com a “arquitetura hostil”, exemplificados pelos novos designs dos bancos, que passaram a incluir barras para dificultar que as pessoas se deitem. Isso ilustra como a tecnologia pode ser deliberadamente projetada para excluir certos grupos.

No entanto, os investigadores também observaram que pessoas sem acesso a meios de comunicação utilizaram os quiosques para fazer chamadas telefônicas e se ligarem com familiares, mostrando que esses dispositivos podem atender a necessidades críticas de grupos marginalizados.

O artigo também destaca como os diferentes interesses de governos locais, empresas e o público podem criar tensões durante o processo de implementação. Enquanto as empresas buscavam oportunidades de publicidade e as câmaras municipais queriam reduzir os custos de infraestrutura, muitos moradores viam os dispositivos apenas como mais um espaço para anúncios, ignorando suas funcionalidades inteligentes.

Um exemplo de instalação mal planeada foi a necessidade de realocação de alguns bancos, que haviam sido implementados em áreas inadequadas, obstruindo passagens e gerando incômodo aos moradores. Em certos casos, os bancos foram colocados próximos a janelas residenciais, transformando locais anteriormente tranquilos em pontos de barulho e agitação, causando desconforto aos habitantes. Essa desconexão entre os objetivos das partes envolvidas e as reais necessidades dos utilizadores reforça a ideia de que a construção social da tecnologia é moldada pelas interações e negociações entre esses grupos, e não apenas por sua funcionalidade ou design inicial.

Outro ponto relevante levantado no artigo é a precariedade dessas iniciativas. Os autores mencionam o colapso do projeto InLinkUK, destacando que, mesmo quando implantados em larga escala, esses dispositivos podem ser vulneráveis a fatores políticos, econômicos e sociais. Além disso, o uso de sensores e tecnologias extrativas de dados, essenciais

para a funcionalidade “inteligente” dessas cidades, gera preocupações com a privacidade e a segurança, questões que também foram abordadas anteriormente no capítulo.

No geral, o estudo sugere que, embora os benefícios dos dispositivos inteligentes sejam evidentes, como o fornecimento gratuito de serviços e a modernização da infraestrutura urbana, a sua aceitação e eficácia dependem de fatores sociais e culturais complexos. A descoberta e uso adequado do mobiliário urbano inteligente são influenciados não apenas pelas capacidades tecnológicas, mas também pelas políticas locais, pelos discursos de cidade inteligente e pelas necessidades específicas de diferentes grupos sociais. Esses exemplos práticos ilustram os desafios e oportunidades mencionados neste capítulo, mostrando que, embora promissora, a implementação de mobiliário urbano inteligente ainda está em fase de experimentação e aprendizado.

Este capítulo está organizado em quatro seções principais. A primeira introduz elementos referentes à cidade do Porto, abordando sua história, características e um breve contexto económico e político. Na segunda seção são discutidas as ações já implementadas que se enquadram no conceito de cidade inteligentes, incluindo uma análise dos órgãos responsáveis e projetos específicos da cidade. Na terceira seção faz-se um levantamento dos tipos de mobiliário urbano inteligente instalados, suas funcionalidades, uma comparação com exemplos citados anteriormente para contextualizar a evolução prática desses conceitos e uma análise sobre a sua implementação. Faz-se também uma análise desenvolvida através de resultados de um formulário desenvolvido para avaliar a percepção da população relativamente aos mobiliários inteligentes já implementados, no qual oportunidades também são apontadas. Por fim, na quarta seção, avalia-se o impacto dessas iniciativas no desenvolvimento sustentável da cidade.

Estudo de caso: mobiliário urbano inteligente na cidade do Porto.

04

4.1. Caracterização da cidade do Porto

4.1.1. História da cidade do Porto.

O Porto, uma das mais antigas cidades da Europa, foi fundada em 417 e foi governada por vários povos como Suevos, Godos e Mouros. Seu nome e o do rio Douro refletem sua importância histórica e riquezas naturais (Câmara Municipal do Porto, 2024).

Desde cedo, o Porto demonstrou grande potencial na construção naval, tanto na esfera industrial quanto comercial, graças à sua ligação com o rio Douro e com o oceano Atlântico. Assim, a cidade se estabeleceu como o principal centro de construções navais em Portugal. O crescimento da cidade não se limita às atividades comerciais e industriais, mas também se estende às artes, como evidenciado pelo estilo barroco nasoniano presente em diversos templos do Porto. Tem também, desde muito tempo, o seu nome conhecido mundialmente pelo famoso Vinho do Porto (Fernandes, 2016).

O Porto cresceu e se estruturou administrativa, financeira e culturalmente, tornando-se a cidade mais importante do Norte de Portugal. Foi um centro crucial para as primeiras ações republicanas, além de ser um importante pilar político, económico e industrial do país. A qualidade do património, da arquitetura e da paisagem da cidade, especialmente no seu Centro Histórico, classificado como Património Mundial pela Unesco desde 1996, são fatores de grande atração, contribuindo para o aumento constante de visitantes e utilizadores de diversas partes do mundo. Além disso, observa-se atualmente um esforço evidente da cidade em se modernizar, com a criação de espaços públicos de design inovadores, como a Casa da Música, o Museu de Arte Contemporânea de Serralves e a Faculdade de Arquitetura, atribuindo à cidade elementos da arquitetura moderna (AMP, 2024).

4.1.2. Caracterização da cidade do Porto.

O distrito do Porto localiza-se no noroeste do país, tem uma área total de 2.395 km², sendo o 14º com maior área de todos os distritos nacionais. Divide-se em 18 municípios, sendo eles: Amarante; Baião; Felgueiras; Gondomar; Lousada; Maia; Marco de Canaveses; Matosinhos; Paços de Ferreira; Paredes; Penafiel; Porto; Póvoa de Varzim; Santo Tirso; Trofa; Valongo; Vila do Conde; e Vila Nova de Gaia, somam 243 freguesias (Câmara Municipal do Porto, 2024).

A cidade do Porto, a segunda maior de Portugal, é a capital da área metropolitana do Porto. Com uma área de 41,4 km² e uma população de cerca de 215.000 habitantes, é o principal centro económico, universitário e cultural do Norte de Portugal. A cidade é composta por sete freguesias, sendo três delas “uniões”, e dividem-se em união das freguesias de Aldoar,

Foz do Douro e Nevogilde, união das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória, união das freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos, Bonfim, Campanhã, Paranhos e Ramalde (Porto Digital, 2024).

Atualmente, o turismo é um grande impulsionador das dinâmicas da cidade. O Porto conta com um aeroporto, reconhecido como um dos melhores da Europa, além de ser um ponto de passagem para diversos cruzeiros e um destino acessível por via rodoviária. O turismo, portanto, representa um fator altamente promissor para o desenvolvimento da cidade, que já foi eleita duas vezes como o melhor destino europeu, em 2012 e 2014 (Porto Digital, 2024).

O Porto desempenha um papel importante na organização do sistema urbano na sua região da Península Ibérica e ocupa uma posição significativa em diversas escalas territoriais, destacando-se como um importante polo de competitividade e internacionalização do país. Também enfrenta desafios como a reabilitação urbana para atrair jovens e empresas, a correção de desequilíbrios socioeconómicos, e a necessidade de alinhar a sua estratégia de desenvolvimento com os municípios vizinhos, num contexto de crescente interdependência metropolitana (AMP, 2024).

A estratégia do Porto para enfrentar os desafios urbanos concentra-se em três pilares principais: sustentabilidade urbana; priorizando a reabilitação em vez da expansão; e respeito pelas identidades locais, equilibrando o desenvolvimento económico, criatividade e património cultural; e coesão sócio territorial, focada na redução das desigualdades e na regeneração de áreas estigmatizadas. Recentemente, a cidade tem passado por uma recuperação económica e reabilitação, especialmente no centro histórico e bairros municipais, transformando significativamente o Porto (Porto Innovation Hub, 2024).

4.1.3. Quadro económico e político da cidade do Porto

O Porto está inserido no contexto macroeconómico da economia portuguesa, onde as projeções indicam a continuidade do processo de recuperação gradual da atividade económica, iniciado em 2013. Em 2024, a região metropolitana do Porto representa 16,2% do Produto Interno Bruto (PIB) de Portugal, com uma produção de riqueza estimada em 40 mil milhões de euros. Este crescimento é parte de uma tendência positiva que se verifica desde 2018, com a região a registrar um aumento significativo na sua contribuição para a economia nacional. Além disso, o Porto tem visto um crescimento no número de empresas e investimentos, refletindo uma economia em recuperação e expansão (InvestPorto, 2024).

O ciclo político da cidade do Porto tem demonstrado um compromisso com rigor e transparência na gestão, bem como a aplicação cuidadosa

dos recursos públicos, estabelecendo esses princípios como fundamentais para a sua política orçamental. Além disso, os responsáveis da cidade focam-se no desenvolvimento social, económico e cultural. Os três eixos estratégicos do Porto são: coesão social; economia e emprego; e cultura e desenvolvimento (Porto Digital, 2024).

O Porto tem priorizado a reabilitação dos bairros de habitação pública como parte do objetivo de coesão social. A gestão das políticas de inclusão social e apoio aos mais carenciados também é essencial, com a internalização de atividades da extinta Fundação para o Desenvolvimento Social do Porto nos serviços municipais e a continuidade do Porto Solidário - Fundo Municipal de Emergência Social, para combater a exclusão social.

No âmbito da economia e emprego, as políticas de dinamização continuam, além disso, 1 milhão de euros foi destinado à inovação, incluindo a criação de um Centro de Gestão Integrado para melhorar a eficiência em serviços municipais sob o conceito de *smart cities* (Fernandes, 2016).

4.2. Panorama das ações relacionadas ao conceito de cidades inteligentes no Porto

4.2.1. Enquadramento da cidade do Porto no conceito de CIs.

A cidade do Porto tem se posicionado de forma ativa no cenário das CIs, integrando iniciativas europeias e implementando projetos de inovação tecnológica. A caminhada começou com a criação da Associação Porto Digital em 2024, no qual procura trazer reformas tecnológicas no contexto urbano, marcando o início da transição da cidade para um ambiente mais conectado e inteligente (Porto Digital, s.d.).

Em 2015, o Porto se destacou ao ser escolhida como uma das cinco beacon cities pela iniciativa *Grow Smarter* da Comissão Europeia, trazendo para a cidade um investimento de 25 milhões de euros para estimular soluções tecnológicas e sustentáveis (Guerra *et al.*, 2017). Além disso, a cidade adotou o programa “*FIWARE*”, um sistema open source que integra dados coletados por sensores espalhados pela cidade. Essa integração de dados possibilita a monitorização e controle de sistemas críticos, como o abastecimento de água e o transporte público, centralizando as informações na plataforma *Urbansense* (*Fiware*, 2015).

O Porto também participa do programa *Open and Agile Smart Cities* (OSAC), cujo objetivo é promover a interoperabilidade e o uso de dados urbanos (*Fiware*, 2015). Com isso, a cidade desenvolveu plataformas digitais que melhoram a interação dos cidadãos com os serviços públicos, como o site Porto.pt, que facilita o acesso às informações e políticas públicas locais. O site Visit Porto também foi lançado para turistas, disponível em nove idiomas, reforçando o compromisso com a acessibilidade e a conectividade

(Guerra *et al.*, 2017).

A cidade tornou-se uma das pioneiras em conectividade acessível após a expansão da rede de fibra ótica e da rede de *Wi-Fi* gratuito, que desde 2018 já conectou mais de 2,5 milhões de dispositivos. Outra iniciativa de destaque é a participação do Porto no programa “*100 Intelligent Cities Challenge (ICC)*”, no qual a cidade atua como mentor, ajudando outras cidades a adotarem soluções de mobilidade, transição energética e capacitação digital (Porto, 2020).

Ela também faz parte da rede *EUROCITIES*, que assinou uma declaração política para impulsionar a transformação digital sustentável nas cidades da União Europeia, promovendo o uso de plataformas abertas e interoperáveis (Porto, 2020). O Porto integra ainda a “Missão Cidades Inteligentes e com Impacto Neutro no Clima” da União Europeia até 2030, reforçando seu compromisso com a sustentabilidade e a inovação climática (European Commission, s.d.).

Em termos de inovação, o orçamento municipal reservou 4,3 milhões de euros em 2020 para tornar o Porto numa referência em inovação urbana e no crescimento de *startups* por meio da iniciativa *ScaleUp* Porto. Além disso, o conceito de “laboratório vivo” tem sido central para a cidade, permitindo que *startups* e empresas tecnológicas desenvolvam soluções inovadoras para os desafios urbanos (Porto, 2019).

Essas iniciativas ilustram como o Porto se estabeleceu como uma cidade pioneira na adoção de tecnologias que transformam a experiência urbana, com uma visão sustentável e de longo prazo, preparando-se para um futuro cada vez mais digital e conectado.

4.2.2. Associações direcionados para inovações.

A Associação Porto Digital foi criada em 2004 pela Câmara Municipal do Porto, Universidade do Porto (UP) e pela Associação Empresarial de Portugal (AEP), em colaboração com a empresa Metro do Porto. Trata-se de uma associação privada sem fins lucrativos que busca promover projetos nas áreas das TIC, promovendo a modernização tecnológica da cidade, facilitando o acesso a infraestruturas digitais e transformando o ambiente urbano em um ecossistema inteligente e conectado (Porto Digital, s.d.).

Desde sua criação, a associação busca tornar o Porto num hub de inovação e desenvolvimento digital, alinhado com metas de sustentabilidade e eficiência urbana (Porto Digital, s.d.). Sempre tomando a frente de novos desafios e projetos, ela foi essencial na participação do Porto em várias iniciativas europeias e globais. Por exemplo, a participação no ICC promovida pela Comissão Europeia, que visa transformar cidades em pólos de inovação, conectividade e desenvolvimento sustentável (Intelligent Cities Challenge, 2020). Também foi a responsável pela expansão da rede

de *Wi-Fi* público e fibra ótica, trazendo mais conectividade para os cidadãos e turistas, e possibilitando um suporte a crescente demanda por dados e serviços inteligentes na cidade.

Através de projetos, o órgão busca sempre contribuir para o desenvolvimento de estratégias de inovação na cidade, a promoção de um espírito de inovação e empreendedorismo (Porto Digital, 2021). Através de projetos como:

Desafios Porto: Foi um concurso realizado em 2015, no qual procurava novas soluções tecnológicas que supriam as necessidades da população, visando resolver problemas e financiar soluções concretas. Os participantes eram empresas e *startups*, na qual, as quatro soluções finais se beneficiariam de até 250.000,00 euros para melhorar a cidade. Consistia-se em duas fases, onde na primeira foi identificado os principais desafios vividos pela cidade do Porto e, numa segunda fase, identificou as soluções tecnológicas com potencial de resposta mais inovador e escalável. O concurso teve quatro vencedores, onde eram divididos por Saúde e bem-estar, Energia, Cidade Digital e Mobilidade, e Ambiente, como identificado na tabela 5.

SAÚDE E BEM-ESTAR	ENERGIA	CIDADE DIGITAL	MOBILIDADE E AMBIENTE
 HealthyRoad	 Omniflow®	 blue Technology and Innovation Services	 Sioslife
TEM COMO OBJETIVO FACILITAR A BUSCA POR ESTACIONAMENTOS NA CIDADE E OTIMIZAR A GESTÃO DA OCUPAÇÃO DAS VIAS PÚBLICAS. O SISTEMA UTILIZA CÂMERAS DE MONITORAMENTO QUE COLETAM DADOS SOBRE A DISPONIBILIDADE DE VAGAS. ESSES DADOS SÃO ENVIADOS PARA A NUVEM, ONDE SÃO PROCESSADOS E TRANSFORMADOS EM INFORMAÇÕES ACESSÍVEIS AOS CIDADÃOS, INDICANDO ONDE HÁ ESTACIONAMENTOS DISPONÍVEIS.	PROPÕE ILUMINAR ESPAÇOS PÚBLICOS DE MANEIRA INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL. SEU PRODUTO É UM POSTE DE LUZ QUE COMBINA ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA, PROPORCIONANDO TOTAL AUTONOMIA PARA SEUS LEDS DE ALTO RENDIMENTO. ALÉM DE OFERECER UMA ILUMINAÇÃO EFICIENTE, O EQUIPAMENTO TAMBÉM INTEGRA FUNCIONALIDADES DE VIGILÂNCIA POR VÍDEO E CONEXÃO WI-FI, AUMENTANDO A SEGURANÇA E A CONECTIVIDADE NOS ESPAÇOS URBANOS.	BUSCA PROMOVER A ECONOMIA DE ENERGIA POR MEIO DE UMA COMPETIÇÃO SAUDÁVEL ENTRE OS USUÁRIOS. A EMPRESA PROPÕE A CRIAÇÃO DE UMA PLATAFORMA ONDE AS PESSOAS PODEM MONITORAR SEU CONSUMO DE ÁGUA, ELETRICIDADE E GÁS EM UM ÚNICO LOCAL. PERMITE TAMBÉM COMPARAR O CONSUMO COM O DE OUTRAS PESSOAS QUE VIVEM EM RESIDÊNCIAS DE TAMANHOS E CONSUMO SEMELHANTES. FORNECENDO INFORMAÇÕES E INCENTIVANDO OS USUÁRIOS A ADOTAREM PRÁTICAS MAIS EFICIENTES DE CONSUMO.	BUSCA PROMOVER O ENVELHECIMENTO ATIVO E COMBATER O ISOLAMENTO SOCIAL ENTRE A POPULAÇÃO IDOSA. A EMPRESA DESENVOLVEU UM SISTEMA INTERATIVO ADAPTADO, QUE É IMPLEMENTADO EM LARES, CENTROS DE DIA E RESIDÊNCIAS PARA IDOSOS. O OBJETIVO É FACILITAR O ACESSO A NOVAS TECNOLOGIAS, PERMITINDO QUE OS IDOSOS SE SINTAM MAIS INCLuíDOS NO MUNDO DIGITAL E APRENDAM A UTILIZÁ-LAS DE MANEIRA SIMPLES E INTUITIVA.

Tabela 5 - Vencedores do concurso Desafios Porto e suas propostas. (tabela elaborada autoralmente) (Porto Digital, s. d.).

Route 25: O projeto que foi iniciado em 2021 e com conclusão prevista para 2026, tem como objetivo desenvolver soluções tecnológicas inovadoras para uma mobilidade autónoma, inteligente e sustentável. Este projeto, em linha com a estratégia de descarbonização do Porto, prevê a criação de 47 produtos, processos e serviços que serão testados em três cidades, incluindo o Porto.

No Porto, serão implementados em 2025 cinco demonstradores em larga escala, que incluem a criação de um Centro de Gestão Integrada Digital e a testagem de veículos autónomos e sistemas de interação entre infraestrutura e veículos (V2X). Essas tecnologias serão aplicadas em locais como a Rua da Constituição e Damião de Góis para melhorar a mobilidade e priorizar veículos de emergência. O projeto visa posicionar o Porto como referência em mobilidade sustentável e inteligente (Porto, 2021).

Bombarda Digital: Iniciado em 2023 e com conclusão prevista para 2025, é promovido pelo Município do Porto em colaboração com a Quarteirão Criativo, visa a digitalização e modernização do “Quarteirão de Miguel Bombarda”, conhecido como o quarteirão das artes. Este projeto tem como foco a integração tecnológica dos negócios locais, incentivando a coesão territorial e a capacitação dos atores envolvidos, com o objetivo de fortalecer a conectividade e promover a sustentabilidade e inclusão social na área.

O projeto procura equilibrar a identidade histórica e cultural do quarteirão com a inovação digital, oferecendo oportunidades de crescimento económico através da harmonização urbanística e digitalização. A expectativa é que essa transformação reforce a experiência comercial, tanto física quanto digital, e ofereça um modelo escalável para outras áreas da cidade (Bombarda Digital, s. d.).

O órgão possui e incentiva a participação de muitos outros projetos como o Baixa Digital, *CommuniCity*, *C-Streets*, *CC4Digital Rights*, entre outros. Esses projetos têm como objetivo utilizar a tecnologia para impulsionar o desenvolvimento tecnológico, inteligente e sustentável da cidade do Porto. Por meio dessas iniciativas, o município procura posicionar-se como uma referência em inovação urbana e transformação digital.

A Associação *ScaleUp* Porto foi fundada em 2015 pela Câmara Municipal do Porto. A associação surgiu como uma estratégia voltada ao fortalecimento do ecossistema empreendedor da cidade. Seu foco principal é o crescimento de *startups* e empresas inovadoras, transformando o Porto num polo de referência para negócios tecnológicos. A *ScaleUp* Porto promove a colaboração entre *startups*, empresas consolidadas, instituições de ensino e o setor público, criando um ambiente propício à inovação e ao desenvolvimento económico (*ScaleUp* Porto, s. d.).

Além disso, organiza uma série de programas e atividades que ajudam as *startups* a escalar suas operações e a se internacionalizar, fornecendo apoio em áreas como *networking*, captação de investimentos e acesso a mentores e parceiros estratégicos. Entre as suas principais iniciativas, está a transformação da cidade num “laboratório vivo”, onde soluções inovadoras são testadas e implementadas em áreas como mobilidade urbana, sustentabilidade e digitalização, permitindo que a cidade sirva como

um campo de experimentação para tecnologias de ponta (*ScaleUp Porto*, s.d.).

Estas associações têm um papel fundamental para a evolução da cidade do Porto no conceito de CIs, não apenas conectando infraestrutura digital e cidadãos, mas também criando um ambiente fértil para a inovação contínua e para oportunidades para empresas locais se desenvolverem.

Foram realizadas tentativas de contacto com as associações a fim de perceber como seus projetos são desenvolvidos, e se há participação da população ou um mapeamento de necessidades a serem contempladas, bem como ter a percepção das associações sobre o posicionamento da cidade no conceito de cidades inteligentes, e também os projetos futuros que estão planeados e desenvolvimento. No entanto, não foi possível obter um retorno e, por isso, o entendimento desses processos permanece desconhecido, abrindo uma oportunidade para estudos futuros.

4.2.3 Projetos já implementados.

Nesta seção, irei abordar alguns dos principais projetos relacionados com iniciativas de CIs que já foram implementados no Porto. Essas iniciativas demonstram o compromisso da cidade com a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável, promovendo melhorias significativas em áreas como mobilidade, conectividade e gestão urbana inteligente. Algumas delas são:

O **Explore Porto** foi instalado em 2021, trata-se de uma plataforma digital que serve como um guia alternativo para explorar a cidade. O acesso a esta ferramenta dá-se através de equipamentos de sinalização espalhados em locais estratégicos, os pontos/*beacons* azuis (figura 65) e também QR Codes nas paragens de autocarro (figura 66) (Câmara Municipal do Porto, 2023).



Figura 65: Pontos/*beacons* azuis (Câmara Municipal do Porto, s. d.).



Figura 66: QR Code na paragem de autocarro (Câmara Municipal do Porto, s. d.).

Utilizando dados em tempo real, a ferramenta oferece informações detalhadas sobre pontos de interesse cultural, histórico e turístico, além de auxiliar na navegação pelos serviços de transporte público, traçando rotas e informando horários exatos da passagem de autocarros. (Câmara Municipal do Porto, s. d.).

Segundo a Câmara Municipal do Porto (2023), já foram registados mais de 1,2 milhões de acessos à ferramenta, com aproximadamente 230 mil

utilizadores regulares, dos quais cerca de 15% são turistas.

C-roads é um projeto que tem como objetivo desenvolver e implementar sistemas de Cooperação de Veículos e Infraestruturas (C-ITS) para melhorar a segurança rodoviária e a eficiência no trânsito. A participação da cidade no projeto começou em 2017 com o objetivo de testar e promover a interoperabilidade das tecnologias de comunicação entre veículos e infraestruturas de transporte, como semáforos e painéis de mensagem (Câmara Municipal do Porto, s.d.).

O Porto atua como um dos laboratórios vivos, avaliando o impacto das tecnologias C-ITS em cenários reais e melhorando a mobilidade urbana. A comunicação entre veículos e infraestrutura, que inclui sensores e câmeras, fornece informações em tempo real sobre as condições do tráfego, alertas de segurança e avisos de emergência (C-Roads, s. d.).

Essa iniciativa está alinhada com os objetivos de descarbonização e eficiência na gestão da mobilidade urbana, contribuindo também para a transição digital da cidade.

O **Porto Free Wi-Fi** (Rede Porto Digital) é uma iniciativa do município do Porto que visa consolidar e expandir a infraestrutura de comunicações públicas da cidade. Desde 2018, a rede já conectou mais de 2,5 milhões de dispositivos e possui uma rede de fibra ótica que supera 4.000 quilómetros, sendo uma das mais extensas do país e na Europa (Associação Porto Digital, s. d.).

Em 2020, a rede foi renomeada para *Porto Free Wi-Fi*, acompanhada por uma plataforma de comunicação bilíngue que informa cidadãos e visitantes sobre eventos na cidade (Câmara Municipal do Porto, 2023).

Atualmente, a rede de fibra ótica abrange mais de 220 edifícios, incluindo instituições municipais, escolas, universidades, centros de saúde e habitações em bairros sociais. Além disso, a infraestrutura já está integrada com sensores e semáforos, demonstrando a crescente digitalização da cidade (Câmara Municipal do Porto, 2023).

Estas iniciativas trazem passos significativos rumo ao desenvolvimento do Porto como uma CI. A rede de Wi-Fi gratuita amplia a conectividade e facilita o acesso à informação, beneficiando tanto moradores quanto visitantes. O projeto C-Roads não apenas melhora a segurança e a eficiência do trânsito, mas também contribui para a sustentabilidade urbana, indo de encontro com as metas de descarbonização. Por sua vez, a plataforma Explore Porto promove uma experiência interativa para os cidadãos e turistas, trazendo informações relevantes sobre a cidade. Juntas, essas iniciativas não apenas modernizam a infraestrutura urbana, mas também incentivam a colaboração entre cidadãos, governo e empresas, estabelecendo o Porto como um exemplo de inovação tecnológica e gestão urbana inteligente.

4.3. Mobiliário urbano inteligente em Porto.

A cidade do Porto tem se consolidado, ao longo das últimas décadas, como uma referência no desenvolvimento sustentável, especialmente por meio de iniciativas ligadas ao conceito de CIs (Guerra *et al.*, 2017). Desde 2004, a cidade tem investido de forma contínua e significativa em projetos inovadores que promovem um ecossistema urbano mais conectado, eficiente e inclusivo. Esse progresso tem sido impulsionado pela criação de associações como a Porto Digital e a *ScaleUp* Porto, já mencionadas anteriormente, que desempenham papéis cruciais não só na implementação de soluções tecnológicas, mas também na constante busca pelo desenvolvimento de novas ideias, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Grande parte das iniciativas adotadas no Porto busca resolver problemáticas urbanas específicas, como a gestão da mobilidade, a conectividade e a segurança. Isso tem trazido oportunidades para a introdução e expansão de mobiliários urbanos inteligentes. Entre os exemplos práticos já implementados, destacam-se projetos como o Explore Porto e o Porto. *Free Wi-Fi*, que ilustram o compromisso da cidade em adotar tecnologias de ponta que facilitam o dia a dia dos seus habitantes e visitantes.

Os projetos analisados na revisão bibliográfica representam apenas o início de um leque de iniciativas que destacam o potencial do Porto em se consolidar como um laboratório vivo para a implementação de tecnologias urbanas inovadoras. Embora seja evidente, através dessa revisão, que a aplicação de soluções inteligentes ainda é relativamente limitada na cidade, o contexto atual revela inúmeras oportunidades para o desenvolvimento e expansão para novas soluções. A escassez de tais mobiliários até o momento não deve ser vista como uma limitação, mas como um espaço para o avanço destas inovações.

4.3.1. Comparativo entre os mobiliários implementados.

Embora a cidade do Porto tenha se destacado por suas iniciativas no campo das CIs, observa-se que a implementação de mobiliários urbanos inteligentes ainda é limitada em comparação com outras cidades europeias que lideram essa transformação. No capítulo anterior, foram detalhados exemplos de mobiliários inteligentes que já estão presentes em diferentes regiões do mundo, oferecendo soluções inovadoras para a mobilidade urbana, sustentabilidade e conectividade.

No entanto, ao observar o panorama do Porto, nota-se que a maioria dos mobiliários urbanos inteligentes ainda estão em fase inicial ou são projetos piloto, e por isso não há uma disseminação por toda a cidade. Os poucos equipamentos disponíveis, como os abrigos de autocarros, os *beacons* azuis informativos e até mesmo as máquinas de pagamento para

estacionamento de rua, contrastam com as soluções mais avançadas encontradas em outras cidades, que incluem tecnologias como bancos equipados com sensores ambientais, quiosques interativos, uso de energias renováveis e sistemas de gestão de resíduos inteligentes.

Foi feita uma comparação entre os mobiliários urbanos inteligentes implementados no Porto e aqueles discutidos anteriormente, destacando as principais diferenças em termos de funcionalidades, benefícios e integração com a infraestrutura urbana. Com essa análise procurou-se identificar os pontos fortes e os desafios que o Porto enfrenta para se consolidar como uma cidade verdadeiramente inteligente e conectada.

Ao compararmos os quiosques e pontos de informações interativos mencionados anteriormente com os *beacons* azuis espalhados pela cidade, percebemos similaridades funcionais importantes. Os *beacons* permitem a leitura de *QR codes* para aceder a informações sobre a cidade e traçar rotas de forma compacta e com menor poluição visual em comparação aos quiosques citados. Essa abordagem reduz o impacto visual e integra-se harmoniosamente com a identidade visual adotada pela cidade do Porto desde 2014. Além disso, ao contrário dos quiosques, que exigem a presença contínua do usuário, os *beacons* permitem que os cidadãos continuem as suas jornadas com as informações no telemóvel, proporcionando maior flexibilidade e liberdade de movimento. No qual pode ser encontrados em diferentes aplicações, como mostram as figuras 67, 68 e 69.



Figura 67: Beacon azul aplicado em poste (UserCentricCities, 2022).



Figura 68: Beacon azul aplicado na paragem de autocarro (Município do Porto, s.d.).



Figura 69: QR Code aplicado na paragem de autocarro (Município do Porto, s.d.).

Esta iniciativa também traz um impacto mais sustentável, tendo em conta que o equipamento opera sem a necessidade de consumo de energia externa.

Em relação às novas paragens de autocarros, instaladas em 2023 por toda a cidade, representam certo avanço tecnológico, sendo equipadas com tecnologias de informação voltadas à inclusão e acessibilidade dos utilizadores da rede de autocarros da cidade (Câmara Municipal do Porto, 2024). Estes novos mobiliários (Figuras 70, 71 e 72) fazem parte de uma concessão firmada em 2022, em que empresas assumem a responsabilidade pela instalação e manutenção em troca dos direitos de publicidade exibida nos próprios equipamentos (Global News, 2022).



Figura 70: Paragem de autocarro em Campanhã (fotografia própria).



Figura 71: Paragem de autocarro na rotunda da Boavista (fotografia própria).



Figura 72: Paragem de autocarro na Av. da França (fotografia própria).

Alguns dos novos abrigos são equipados com tecnologia de voz, ecrãs informativos/publicitários, suporte USB para carregamento de dispositivos eletrónicos e suportes para *tablets* que oferecem informações atualizadas pela STCP (Sociedade de Transportes Coletivos do Porto).

Apesar de algumas paragens já contarem com entradas USB para o carregamento de dispositivos eletrónicos (figura 73), a localização dessas portas em alguns casos apresenta um problema significativo já que, em determinadas paragens, elas estão situadas na parte externa do mobiliário (figura 74). Considerando que o Porto é uma cidade onde a chuva é frequente, isso acaba inviabilizando o uso desta ferramenta em dias chuvosos, criando uma barreira para os utilizadores fazerem uso destas funcionalidades. O reposicionamento dessas entradas poderia vir a proteger e garantir a utilização independente das condições climáticas. Em algumas delas é possível ver que a utilização de tampas foram implementadas (figuras 75 e 76).



Figura 73: Suportes USB existente na parte interna, localizado na Av. de França (fotografia própria).



Figura 74: Suportes USB existente na parte externa sem tampas, localizado na Rua de Cedofeita (fotografia própria).



Figura 75: Suportes USB existente na parte externa com tampas de acrílico, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

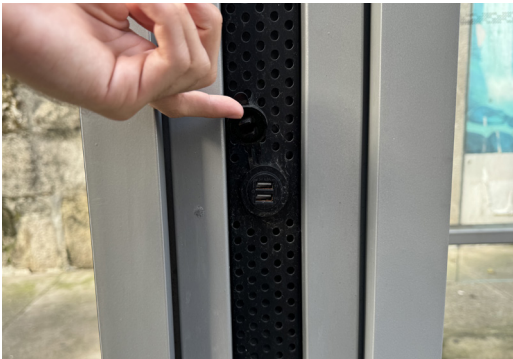


Figura 76: Suportes USB existente na parte externa com tampas de borracha, localizado na Rua do Rosário (fotografia própria).

Quando comparamos essas novas paragens às citadas no capítulo anterior, notamos uma diferença na escala tecnológica, por exemplo, o *tablet* (figura 77) utiliza da tecnologia *e-paper*, que fornece informações em tempo real sobre os horários e as rotas dos autocarros (figura 78). Apesar desta tecnologia ser eficiente em termos de consumo de energia, a sua visualização pode ser prejudicada de acordo com as condições de iluminação. Além disso, só é possível localizar sua implementação em algumas paragens, como uma das encontradas na rotunda da Boavista.

Nas demais paragens, geralmente, há um cartaz do “Explore Porto” no lugar do *tablet*, como mostra a figura 79.

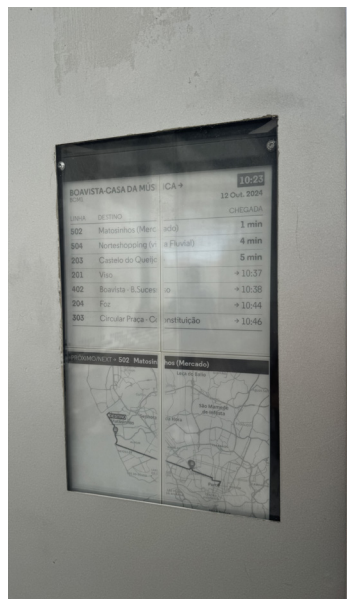


Figura 77: *tablet e-paper* com horário dos autocarros, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

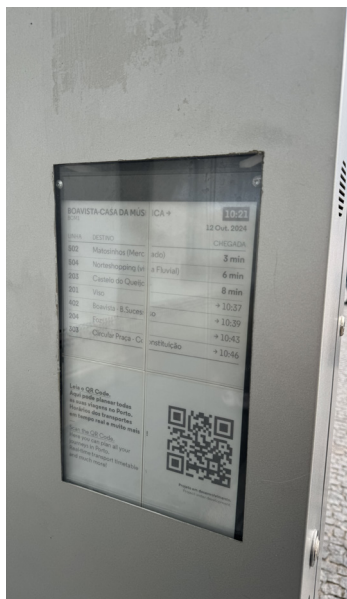


Figura 78: *Tablet e-paper* com adição do percurso dos autocarros, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).



Figura 79: poster do explore Porto no local do *tablet* (fotografia própria).

Em algumas dessas novas paragens, estão sendo realizados estudos sobre acessibilidade e inclusão. Os dispositivos instalados incluem um botão destinado a pessoas com deficiência visual, que ao ser acionado, emite uma mensagem de áudio informando a previsão de chegada do próximo autocarro (figuras 80 e 81). Esse recurso visa facilitar o acesso de todos os cidadãos ao transporte público, garantindo uma maior inclusão e autonomia para pessoas com limitações visuais. No entanto, apesar de ser uma iniciativa positiva, na paragem localizada na rotunda da Boavista, foi observado que a função não estava ativa ou estava avariada, já que quando acionado o botão, não foi possível perceber nenhum som.



Figura 80: saída de som próximo ao *tablet*, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).



Figura 81: botão para ativação para mensagem de áudio, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Em alguns pontos onde esses novos equipamentos foram implementados, surgiram críticas da população devido à orientação da instalação destas paragens (Martins, 2022). Em vez de estarem voltadas para a rua, o vidro que normalmente forma a parte posterior da paragem foi instalado virado para a estrada, assim como os assentos (figura 82), fazendo com que os utilizadores fiquem de costas para a rua, dificultando a visualização dos autocarros que se aproximam. Segundo a Câmara Municipal da Cidade do Porto, este modelo é inspirado em exemplos do Reino Unido e da Irlanda, onde busca proteger os utilizadores da água projetada pelos veículos em circulação (Martins, 2022). Outro problema apontado é que o totem com as informações de horários foi posicionado do lado de onde os autocarros chegam (figura 83), o que compromete a visibilidade dos passageiros por impedir a visualização dos veículos que chegam, enquanto na outra extremidade não existe nenhuma proteção para os utilizadores em dias chuvosos (Figura 84).



Figura 82: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira (fotografia própria).



Figura 83: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira (fotografia própria).



Figura 84: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira (fotografia própria).

Outro ponto de crítica entre os utilizadores é a falta de bancos em algumas paragens de autocarro, que foram substituídos por barras de apoio (figura 85), apenas permitindo que os cidadãos se encostem enquanto aguardam o transporte. Esse tipo de mobiliário não só compromete o conforto dos utilizadores, mas também prejudica a acessibilidade de pessoas que têm dificuldade em permanecer de pé por longos períodos enquanto esperam pelo transporte público.

Figura 85: Paragem de autocarro com barras de apoio (fotografia própria).

É possível observar uma lacuna na ausência de fontes de energia renováveis, como os painéis solares, solução presente em diversos dos projetos estudados. A dependência de energia não renovável desses equipamentos acaba sendo uma oportunidade perdida de tornar o mobiliário mais sustentável e eficiente energeticamente.

As máquinas de pagamento de estacionamento em vias públicas são um exemplo de mobiliário urbano que utiliza painéis solares para garantir autonomia energética. Esses dispositivos permitem que os condutores efetuem o pagamento diretamente na máquina para a permanência de seus veículos nas ruas da cidade. Complementando essa solução, foi desenvolvida a aplicação *Telpark*, que possibilita o pagamento digital pelo telemóvel, replicando as funções das máquinas físicas e facilitando o processo para os utilizadores (figuras 86 e 87).



Figura 86: máquina de pagamento de estacionamento (fotografia própria).



Figura 87: máquina de pagamento de estacionamento (fotografia própria).

Através deste levantamento, é possível ver que a implementação destes mobiliários urbanos inteligentes ainda é relativamente reduzida, dado o número limitado desses equipamentos na cidade. No entanto, percebe-se que a aplicação de tecnologias vem avançando gradualmente ao longo dos anos. Mesmo assim, quando comparado com exemplos globais, fica evidente que ainda há um longo caminho a percorrer para otimizar essas soluções. Críticas relacionadas ao uso, posicionamento e informações sobre as utilidades destes equipamentos, mostram a necessidade de ajustes em colaboração como os utilizadores. Além disso, é essencial promover meios mais eficazes de comunicação com a população e adotar um processo de tomada de decisão mais participativa, de forma que as soluções implantadas estejam alinhadas com as necessidades reais dos cidadãos.

4.3.2. Pesquisa de percepção sobre os mobiliários urbanos inteligentes implementados na cidade do Porto.

Tendo como o objetivo, avaliar a percepção dos cidadãos sobre os mobiliários urbanos inteligentes existentes na cidade do Porto, foi desenvolvido um formulário *online*. Os participantes foram escolhidos aleatoriamente através da partilha do formulário do experimento pela plataforma *WhatsApp* de amigos e colegas de trabalho, redes sociais e também para discentes da Escola Superior de Artes e Design (ESAD) com amostragem não probabilística e por conveniência.

O formulário foi estruturado em quatro blocos principais. O primeiro bloco teve como objetivo caracterizar os participantes e, para isso, foram recolhidas informações demográficas como idade, género e residência. Além disso, procurou-se identificar se os respondentes possuíam algum conhecimento prévio sobre o conceito de cidades inteligentes e mobiliários urbanos inteligentes. No segundo bloco foi feita uma breve explicação sobre esses conceitos para garantir uma mínima compreensão sobre o tema antes de prosseguir para as perguntas. Este bloco teve como objetivo entender a questão da utilização dos mobiliários urbanos inteligentes já implementados no Porto. Para isso, foi necessário apresentar imagens de dois exemplos, como as novas paragens de autocarro e os *beacons* azuis, para assim avaliar o reconhecimento desses equipamentos e a frequência de uso pelos respondentes, caso seja o caso. O terceiro bloco procurou entender a importância e o impacto que esses mobiliários têm para os participantes, além de identificar barreiras que possam impedi-los de utilizá-los. No quarto e último bloco foi aberto um espaço para respostas abertas, onde os respondentes puderam sugerir melhorias e apresentar novas ideias para a implementação de equipamentos urbanos inteligentes, bem como sugerir formas de facilitar o uso dos mesmos.

Como apresentado, o formulário *online* contém questões objetivas e descritivas, que buscam avaliar os seguintes pontos:

1. O nível de conhecimento sobre os mobiliários urbanos inteligentes – para determinar se a população reconhece e utiliza esses dispositivos em seu dia a dia;
2. A percepção sobre o impacto e utilidade dos equipamentos – para entender como a população avalia o impacto desses mobiliários em termos de funcionalidade, estética e acessibilidade;
3. Sugestões para futuras implementações – coletando ideias e sugestões dos cidadãos para o desenvolvimento de novas soluções ou adaptações de tecnologias já existentes.

Com base na pesquisa realizada através do formulário *online*, foram obtidas 146 respostas, sendo que 102 (69,9%) de participantes vivem na cidade do Porto e 44 (30,1%) são residentes na zona metropolitana do Porto.

Foram obtidas respostas de 5 grupos de faixas etárias, sendo 4 (2,7%) pessoas menores de 18 anos, 48 (32,9%) entre 18 e 25 anos, 71 (48,6%) entre 26 e 35 anos, 12 (8,2%) entre 36 e 50 anos e 11 (7,5%) entre 51 e 65 anos. Quanto à relação de género, 81 (55,5%) dos cidadãos identificam-se com o género feminino, 62 (42,5%) com o género masculino, 2 (1,4%) não se identificaram e 1 (0,7%) identificou-se como não binário. Em termos de grupos etários, a sua distribuição está identificada no gráfico 1, enquanto a referente ao género está identificada no gráfico 2.

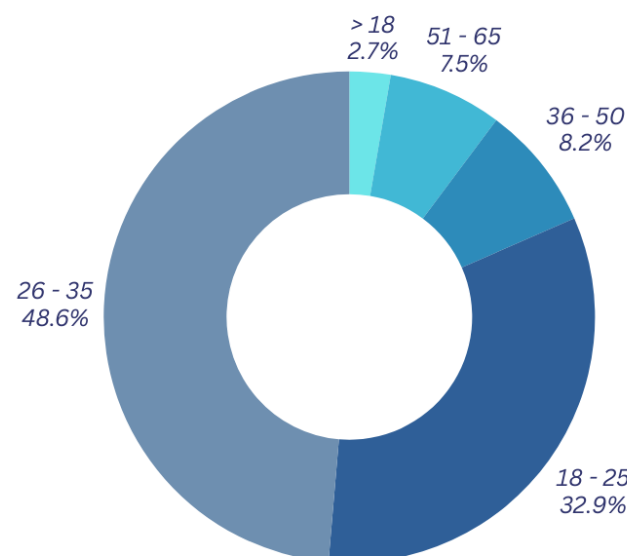


Gráfico 1: Percentagem de respondentes em função dos grupos etários (elaboração própria).

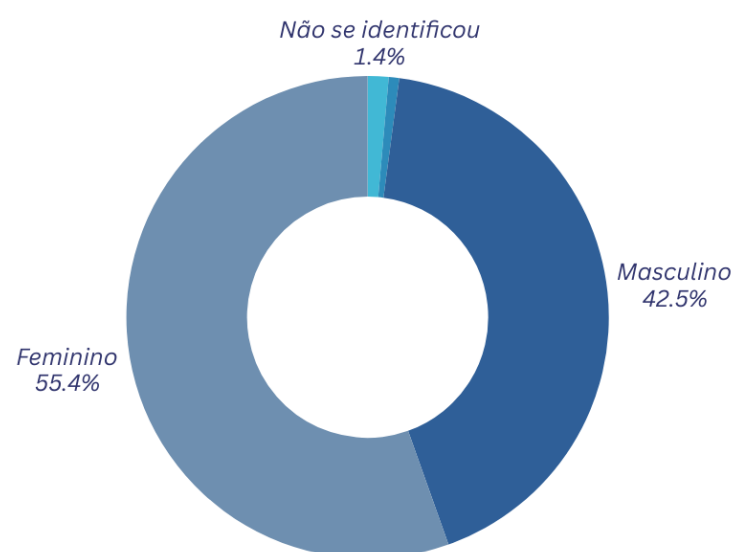


Gráfico 2: Percentagem de respondentes em função de género (elaboração própria).

Quando questionados sobre o conceito de cidades inteligentes, 47 (32,2%) participantes tinham conhecimento sobre o tema, 62 (42,5%)

tinham um breve conhecimento sobre o tema, mas não tinham a certeza, e 37 (25,3%) não tinham conhecimento algum, como identificado no gráfico 3. Com relação ao mobiliário urbano inteligente, 32 (21,9%) dos participantes têm conhecimento, 51 (35%) tinham um breve conhecimento sobre o tema, mas não tinham a certeza, e 63 (43,2%) desconhecem, como identificado no gráfico 4.

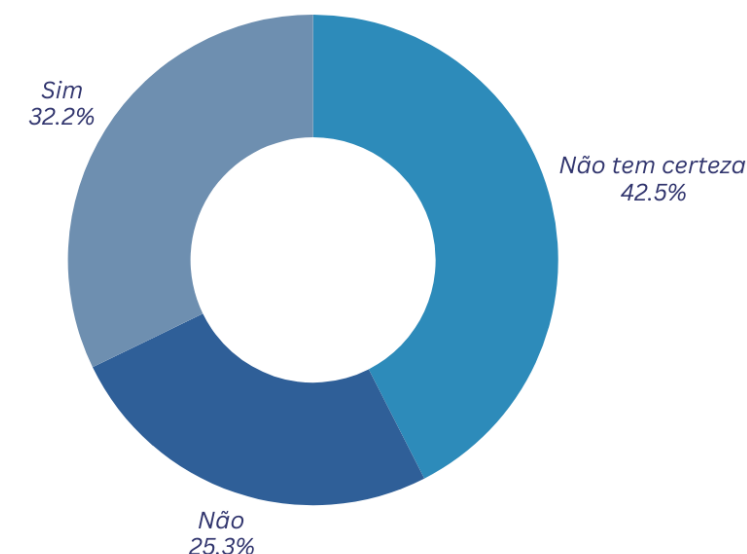


Gráfico 3: Percentagem de respondentes em função do conhecimento do conceito de cidades inteligentes (elaboração própria).

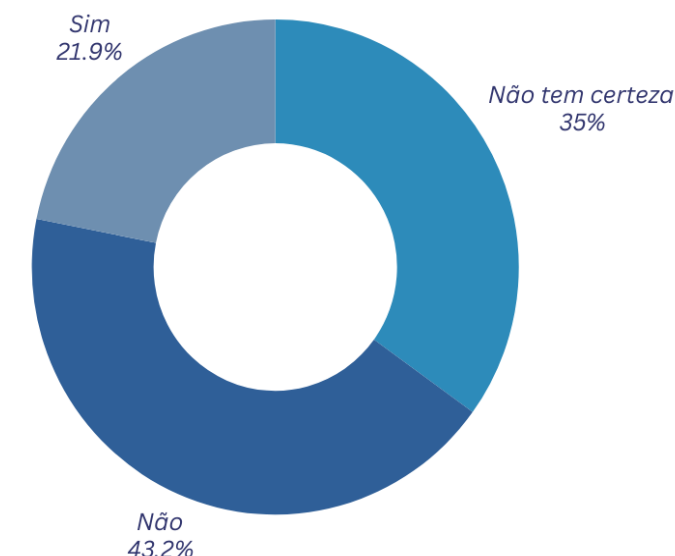


Gráfico 4: Percentagem de respondentes em função do conhecimento do conceito de mobiliário urbano inteligente (elaboração própria).

Relativamente à questão sobre se já haviam utilizado algum mobiliário urbano inteligente na cidade do Porto, 56 (38,9%) referem ter utilizado, 38 (26%) não tem a certeza, e 52 (35,6%) nunca fizeram uso.

Quando demonstrados, através de imagens, os dois exemplos de mobiliários inteligente implementados na cidade, obtiveram-se os seguintes dados:

- Em relação às **paragens de autocarro inteligentes**, 48 (32,9%) participantes têm conhecimento delas e 98 (67,1%) desconhecem as funcionalidades adicionais das novas paragens, como identificado no gráfico 7. Embora esses equipamentos ofereçam ferramentas úteis, como informações de horários em tempo real e carregamento de eletrônicos, apenas 7 (6,4%) dos respondentes utilizam diariamente, 16 (14,5%) utilizam semanalmente, 22 (20%) raramente utilizam, e 65 (59,1%) nunca utilizaram essas funcionalidades, como identificado no gráfico 8. Con-
vém evidenciar que algumas dessas funcionalidades ainda estão em fase de ensaios e, por isso, nem sempre é possível encontrar todas as funcionalidades instaladas.

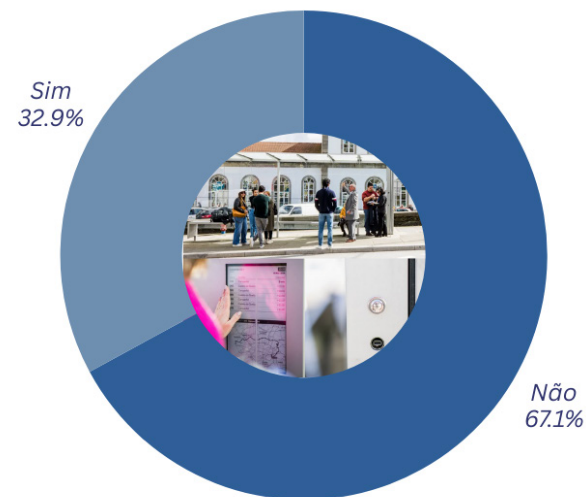


Gráfico 5: Percentagem de respondentes em função do conhecimento da paragem de autocarro (elaboração própria).

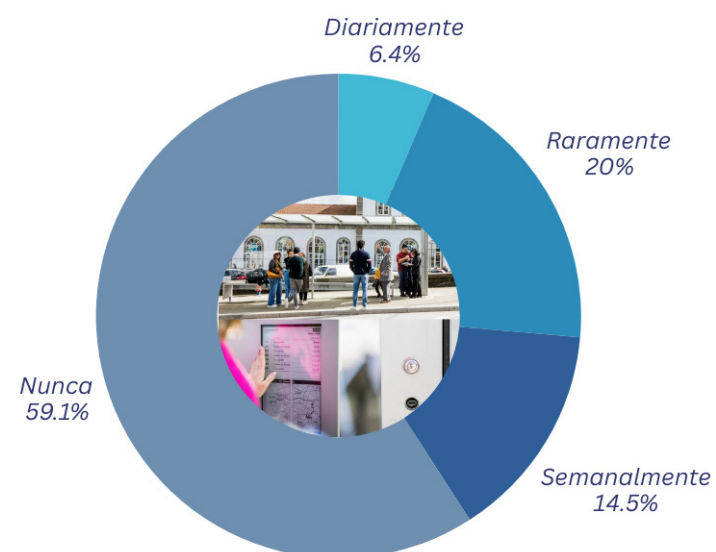


Gráfico 6: Percentagem de respondentes em função ao uso do equipamento (elaboração própria).

- Em relação aos *beacons* azuis, 90 (61,6%) participantes afirmam que sabem da sua existência, contra 56 (38,3%) que não conheciam, como identificado no gráfico 5. Quando questionados sobre a utilização, 8 (6,3%) dos respondentes dizem utilizar diariamente, 15 (11,9%) semanalmente, 42 (33,3%) raramente, e 61 (48,4%) nunca utilizaram, como identificado no gráfico 6. Vale a pena ressaltar que este equipamento acaba sendo direcionado para o âmbito de turismo, talvez por isso a falta de interesse dos residentes da cidade.

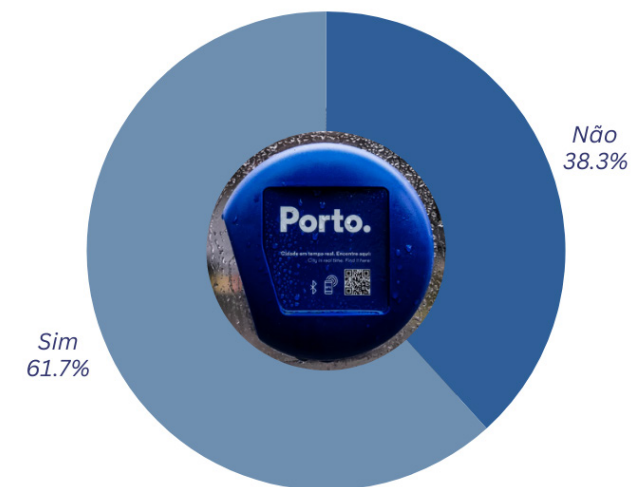


Gráfico 7: Percentagem de respondentes em função do conhecimento do explore Porto (elaboração própria).



Gráfico 8: Percentagem de respondentes em função ao uso do equipamento (elaboração própria).

Apesar do baixo número de participantes que utilizam os equipamentos apresentados, 127 (87%) deles acreditam que a implementação de mobiliários inteligentes nos espaços públicos podem melhorar sua experiência urbana. Destacaram mapas digitais, informações turísticas, *Wi-Fi*, pontos

de carregamento de eletrónicos e a sustentabilidade como benefícios importantes que estes equipamentos podem oferecer. Apesar disso, é possível identificar que existem barreiras que impedem a utilização desses equipamentos por mais pessoas na cidade. Foram apontadas quatro possíveis barreiras, destacando-se duas. A com maior destaque é a falta de conhecimento sobre as funcionalidades, que foi apontado por 65 (44,5%) dos participantes e, em seguida, a ausência de informações claras sobre como utilizá-las, referido por 47 (32,2%). Outras duas opções de barreiras apontadas foram a baixa acessibilidade (design pouco amigável) selecionado por 22 (15,1%) participantes, como também a falta de interesse, por 12 (8,2%) participantes, conforme identificado no gráfico 9. Mesmo com estas barreiras, 89% dos participantes afirmam que a cidade deveria continuar a investir na implementação de mobiliários urbanos inteligentes.

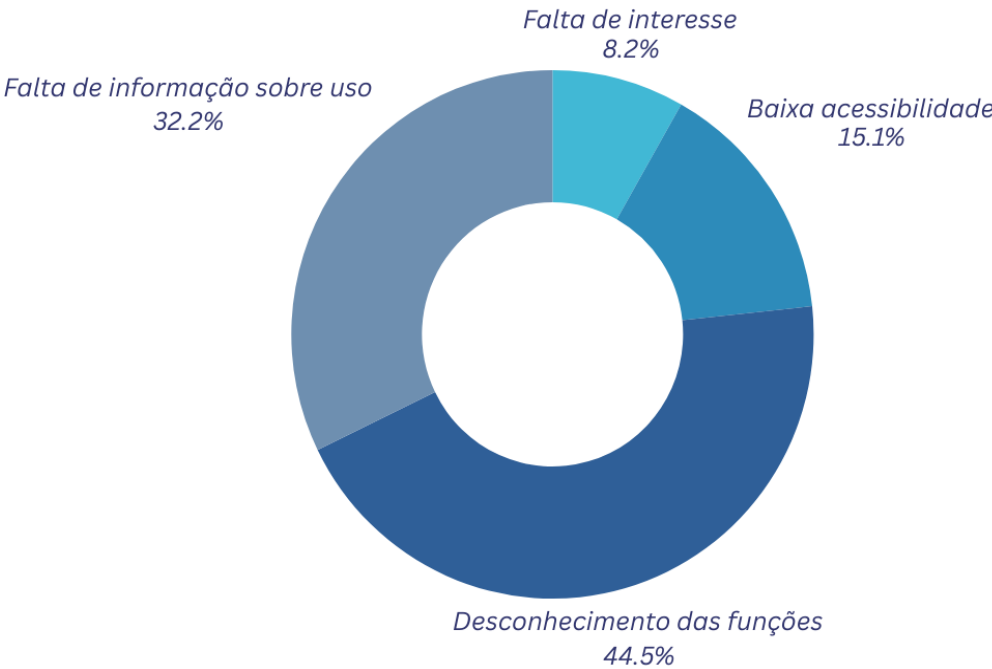


Gráfico 9: Percentagem de respondentes em função de barreiras ao uso (elaboração própria).

Quando aberto um espaço para os respondentes contribuírem com sugestões de novos mobiliários urbanos inteligentes que poderiam ser implementados na cidade, bem como melhorias para aprimorar a experiência com os já existentes, as respostas demonstraram um interesse claro em soluções tecnológicas que atendam tanto às necessidades dos residentes quanto dos turistas. Como demonstrado a seguir, das sugestões enviadas pelos participantes, foi possível identificar e dividi-los em três pilares principais: sustentabilidade, usabilidade e acessibilidade.

Sustentabilidade.

- Muitos deles citam a inclusão do uso de painéis solares nos equipamentos, para criar autonomia energética para as funcionalidades dos próprios equipamentos;
- A inclusão de mobiliários que possam gerar energia de forma lúdica, como bicicletas que alimentam postes de luz ou até paragens de autocarro;
- Formas de incluir mais verdes nos mobiliário;
- A instalação de sensores que medem a qualidade do ar, disponibilizando os dados por *QR codes*, foi citado como uma ferramenta útil para incentivar investigações e aumentar a conscientização ambiental;
- Instalações de lixeiras inteligentes em todos os pontos da cidade. Uma solução citada para resolver a quantidade de lixo que é descartado fora dos contentores, que acabam tendo de ser jogados nas ruas.
- Um ponto interessante foi a ideia de máquinas de recolha de garrafas e latas, onde os consumidores poderiam depositar as embalagens em troca de um valor monetário, incentivando a reciclagem e a conscientização ambiental.

Usabilidade.

- A inclusão de mais pontos de *Wi-Fi*, espalhados em pontos estratégicos da cidade, como em paragens e praças, onde neles existam estações de carregamento para telemóveis;
- Mapas digitais e interativos nas estações de metro e paragens de autocarro, além de informações mais corretas sobre os horários dos transportes públicos e até aplicações que mostram o percurso em tempo real destes transportes, nos quais foram consideradas importantes para facilitar a mobilidade urbana;
- A implementação de uma aplicação e até melhora no serviços de compra e venda de bilhetes de transportes foi considerada como urgente.
- A inclusão de sensores, onde seria possível visualizar informações como o número de pessoas que já passaram por uma parada, quantidade de espaço livre existente nos autocarros, quantidade de autocarros em circulação ou quantidade de lixo coletado em tempo real. Estas informações poderiam aumentar o conhecimento sobre o funcionamento da cidade.
- Maior segurança a partir da aplicação de vídeo-vigilância inteligente e mupis espalhados pela cidade;

Acessibilidade.

- Mobiliários voltados para a acessibilidade de pessoas com limitações físicas também foram sugeridos, como dispositivos que facilitem o deslocamento em subidas/descidas;
- Paragens de autocarro com maior visibilidade e iluminação;
- Passadeiras e semáforos com maior acessibilidade.

Quando se trata das sugestões dos respondentes sobre como melhorar a experiência dos usuários, a maioria destacou que o primeiro passo seria fornecer melhor informação e divulgação sobre o uso dos mobiliários urbanos inteligentes. Muitos acreditam que apenas uma indicação simples acompanhada por instruções claras e acessíveis de como utilizar esses equipamentos, poderia aumentar o interesse e incentivar os cidadãos a explorarem melhor seus recursos. O uso de meios de comunicação também trariam um grande suporte para o reconhecimento destas funcionalidades.

Considerando que o Porto possui uma população significativamente idosa, foi também mencionada a necessidade de incluir tecnologias e plataformas mais amplamente disseminadas, que já sejam familiares para essa faixa etária. Além disso, a criação de interfaces mais simples e intuitivas também foi sugerida, facilitando a navegação e o uso por pessoas de diferentes níveis de familiaridade com a tecnologia.

A análise dos resultados do formulário revela que pouco menos da metade dos participantes têm conhecimento sobre a existência dos mobiliários urbanos inteligentes, e uma parcela significativa dos respondentes não os utiliza. Isso evidencia uma lacuna clara de informação entre os cidadãos e os recursos disponíveis. Embora a cidade do Porto tenha adotado iniciativas para implementar equipamentos inteligentes, a falta de comunicação eficaz sobre suas funcionalidades, aliada à ausência de uma participação ativa da população no processo decisório, limita o uso completo desses recursos, levando alguns equipamentos a tornarem-se subutilizados ou até mesmo obsoletos.

Com base nas sugestões apresentadas pelos respondentes, fica claro que os cidadãos sabem identificar as suas necessidades diárias, muitas das quais poderiam ser atendidas por soluções tecnológicas. Isso reforça a importância de uma abordagem mais participativa na escolha e na implementação desses equipamentos. Além disso, a preocupação com o meio ambiente e a busca por soluções mais sustentáveis destacam-se entre as sugestões, sugerindo que uma abordagem focada na sustentabilidade pode despertar um maior interesse nos cidadãos.

Conclui-se, portanto, que a disseminação adequada de informações, aliada à aplicação de tecnologias mais inclusivas e sustentáveis, pode transformar o Porto numa cidade que, através de mobiliários inteligentes, melhora significativamente a experiência urbana dos seus cidadãos.

4.3.3. Oportunidades existentes.

Como descrito, o Porto tem-se empenhado na implementação de soluções inovadoras, com um ambiente que favorece o desenvolvimento de *startups* e projetos tecnológicos. Este ambiente cria oportunidades para expandir o uso de mobiliários urbanos inteligentes, que podem incluir tecnologias adaptadas às necessidades locais.

A cidade pode beneficiar de parcerias público-privadas, como o modelo da JCDecaux, que financia e mantém mobiliários urbanos em troca da exploração de espaços publicitários, um modelo no qual a cidade já segue, o que aumenta a viabilidade de projetos em larga escala focados na melhoria da qualidade de vida e na sustentabilidade.

Apesar dos avanços, o Porto enfrenta desafios climáticos que podem ser transformados em oportunidades de inovação. A cidade, com suas frequentes chuvas e ventos fortes, poderia investir em mobiliários resistentes às intempéries, como abrigos de autocarros inteligentes equipados com sensores climáticos que ajustam a iluminação ou oferecem proteção adicional durante condições meteorológicas adversas. Um exemplo de aproveitamento destas intempéries é o projeto da empresa Omniflow, que utiliza energia eólica para alimentar postes de iluminação, aproveitando os ventos fortes da região.

O reaproveitamento da água da chuva também pode ser integrado nos mobiliários urbanos, com sistemas que armazenem água para irrigar telhados verdes em paragens de autocarro, como o design inovador desenvolvido por Florent Plat, antes citado, que aumenta a presença de espaços verdes na cidade.

Outro fator importante a ser considerado é a estrutura demográfica do Porto, que conta com uma população significativamente envelhecida. Isso exige mobiliários urbanos adaptados às necessidades dos idosos, como a implementação de assentos ergonómicos e acessíveis, trazendo um maior conforto e segurança.

A inclusão de tecnologias nos mobiliários urbanos direcionados para esta faixa etária é também um aspeto importante. Levando em conta que muitos idosos têm pouco conhecimento sobre o uso de tecnologias digitais, sugeriram a implementação de assistentes de voz, integrando IA nos mobiliários, fazendo com que assim possam interagir verbalmente com a tecnologia, facilitando o acesso às informações e serviços existentes nestes equipamentos. Essa adaptação não só aumentaria o seu uso, como também promoveria a inclusão social e digital, oferecendo uma experiência mais intuitiva e acessível à população idosa.

Considerando que a cidade do Porto é bastante turística e que muitos visitantes utilizam os transportes públicos, a inclusão de mapas interativos nas estações de metro, especialmente com a nova linha em implementação, seria uma excelente iniciativa para ajudar na orientação e facilitar sua locomoção pela cidade. Estes mapas poderiam trazer informações em diversas línguas e viabilizar que seus utilizadores planeiem as suas rotas de forma mais rápida e eficiente, trazendo também informações de pontos turísticos próximos, restaurantes e hotéis. Esta iniciativa não só melhoraria as experiências dos visitantes, como também uma percepção de uma imagem mais

moderna e conectada da cidade.

Ao caminhar pela cidade, é possível encontrar contentores de lixo cheios, no qual seguem com uma escala de coleta baseado em dias. Como visto antes, sensores vêm sendo instalados nestes equipamentos, tornando o processo de coleta mais eficiente e sustentável. A implementação desta tecnologia nos equipamentos da cidade seria extremamente valiosa, dado que, além de sinalizar quando os contentores atingem sua capacidade máxima, ela também permite o planeamento de rotas de coleta mais eficientes, reduzindo custos e emissões de poluentes. Além disso, facilita o estudo de áreas que podem necessitar de mais contentores, contribuindo para um ambiente urbano mais limpo e sustentável.

Outro ponto relevante é o descarte frequente de roupas e calçados encontrados próximos aos contentores de lixo na cidade. Já existem iniciativas na cidade de instalação de equipamentos voltados exclusivamente para a coleta de peças de vestuário e calçados, os quais são, posteriormente, direcionados a pontos de doação. A implementação de mais pontos de coleta em áreas estratégicas da cidade seria uma grande mais-valia. Esses dispositivos promoveriam uma gestão mais sustentável e solidária, facilitando a doação e reaproveitamento dessas peças.

As oportunidades para o desenvolvimento e implementação de mobiliários urbanos inteligentes no Porto são vastas e promissoras. O investimento contínuo em inovação, aliado às soluções adaptáveis aos desafios climáticos e demográficos da cidade coloca o Porto numa posição privilegiada para evoluir como uma cidade conectada, eficiente e acessível. O potencial para a criação de um ambiente urbano mais sustentável e inclusivo é significativo, e as soluções adaptadas ao contexto local podem transformar o Porto num exemplo global de inovação e qualidade de vida urbana.

4.4. Análise do impacto no desenvolvimento sustentável.

Através desta pesquisa, é possível perceber que a introdução de conceitos de cidades inteligentes vem com o intuito de integrar tecnologias para melhorar a eficiência dos serviços públicos, promover a conectividade, otimizar recursos e a qualidade de vida dos cidadãos, mostrando que esses objetivos não são apenas alcançados através de tecnologias, mas também com a integração de um dos elementos mais importantes de uma cidade, a sua população, as suas gentes. O que leva que a sua conexão com o desenvolvimento sustentável, a partir de seus fatores ambientais, sociais e económicos, devem estar alinhados para garantir um crescimento urbano equilibrado e responsável.

Num cenário global onde a busca por um planeta mais sustentável

se apresenta como uma das preocupações políticas e socioeconómicas, os conceitos de cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável trazem perspectivas promissoras para mitigar parte desses desafios. Através dessa pesquisa, foi possível perceber que essas temáticas ainda vêm sendo discutidas e desenvolvidas juntamente com os avanços das tecnologias, e por isso, são conceitos ainda em construção. Neste sentido, abordou-se como objeto de pesquisa o mobiliário urbano inteligente, temática pertinente para o contexto atual da cidade do Porto, visto que veem investindo no desenvolvimento e implementação de iniciativas para tornar o ambiente da cidade cada vez mais tecnológico e inteligente.

Por meio desta pesquisa, percebe-se que a adoção do conceito de cidades inteligentes tem como objetivo integrar tecnologias para melhorar a eficiência dos serviços públicos, promover a conectividade, otimizar recursos e elevar a qualidade de vida dos cidadãos. A participação da população neste contexto é determinante e reforça a conexão das cidades inteligentes com o desenvolvimento sustentável, onde dimensões como fatores ambientais, sociais e económicos precisam estar alinhados para garantir um crescimento urbano equilibrado e responsável com a participação de quem as habita.

A análise realizada neste estudo permitiu identificar um problema recorrente também observado em outras cidades do mundo quando se trata da implementação de mobiliários urbanos inteligentes: a falta de estudo sobre as carências locais. A pesquisa revelou que, assim como em Londres e Glasgow, a cidade do Porto tem introduzido esses equipamentos, porém nem sempre estão atendendo diretamente às reais necessidades da população. Além disso, mesmo quando essas necessidades são contempladas, a falta de informações claras sobre o uso dos equipamentos faz com que a sua utilização efetiva seja limitada. Isso reflete uma oportunidade perdida no sentido de maximizar o impacto dessas tecnologias no quotidiano dos cidadãos, destacando a importância de reforçar a governança participativa, um dos pilares das cidades inteligentes.

As parcerias público-privadas tornam a implementação de tecnologias inteligentes mais viável, o que beneficia a cidade, dado que a possível implementação de uma nova gama de mobiliários urbanos inteligentes implicaria elevados custos. Além disso, a adaptação de mobiliários já existentes com funcionalidades inteligentes ou a modernização gradual desses equipamentos pode promover uma mudança sustentável e energeticamente eficiente na cidade. A partir dos pontos analisados na pesquisa referentes a este tema, fica evidente que essa abordagem permite uma transição mais acessível, garantindo que as melhorias tecnológicas avancem sem a necessidade da substituição completa e custos dos equipamentos.

Quando sem fala da implementação dos novos equipamentos na ci-

dade do Porto, como novas paragens de autocarro, máquinas de pagamento de estacionamento ou *beacons* azuis, deve-se ter em consideração a estética local e a leitura visual do ambiente urbano em sintonia com a arquitetura histórica da cidade. Quando falamos de cidades históricas, é fundamental ter em mente a preservação de seu património visual e cultural. Grande parte da cidade é considerada património mundial, o que requer uma abordagem cuidadosa na implementação de novos equipamentos.

Ao analisar a implementação dos mobiliários urbanos inteligentes na cidade, foi possível avaliar o seu impacto nos cidadãos do Porto, bem como identificar de que forma essas soluções contribuem para a construção de uma cidade mais sustentável dentro do conceito de cidades inteligentes. Após a análise, fica evidente que, embora a cidade venha investindo em iniciativas tecnológicas, a presença de mobiliários urbanos inteligentes voltados diretamente para o uso dos cidadãos ainda é limitada. Desde 2004, esses esforços têm sido feitos, mas o foco nesse tipo de mobiliário, acessível e palpável para a população, ainda é escasso no espaço urbano.

Com a recolha de dados da presente pesquisa, foi possível analisar o nível de consciência dos cidadãos em relação aos equipamentos já implementados na cidade. Foi revelado através da análise do formulário *online* que menos da metade da população tem conhecimento sobre estes mobiliários mas não utiliza esses equipamentos de forma adequada. Isso destaca que a falta de compreensão sobre as reais necessidades da população pode não estar sendo levada em consideração no planeamento ou, ainda, que a disseminação insuficiente de informações sobre as funcionalidades dessas tecnologias impede que os cidadãos usufruam completa e adequadamente os recursos oferecidos. Essa lacuna reafirma a importância de uma comunicação mais eficaz e de uma participação ativa da população para maximizar o impacto positivo desses mobiliários na vida urbana. A partir das sugestões apontadas pelos cidadãos no formulário *online*, é possível identificar uma conscientização da população quanto à inclusão social e à sustentabilidade. Propostas como o uso de energias renováveis, utilização de intempéries para soluções funcionais, a implementação de tecnologias para promover a inclusão digital da população idosa, reforçam princípios dos conceitos discutidos ao longo deste trabalho.

Após todo o processo de investigação, é possível perceber que uma parcela da população não tem participação direta no desenvolvimento desses projetos e/ou não tem conhecimento total da implantação de mobiliários urbanos inteligentes na cidade. No entanto, como não foi possível coletar informações com as associações que pesquisam e implementam novos projetos de tecnologia na cidade, fica uma lacuna com relação à realidade da participação dos cidadãos no desenvolvimento dos mesmos e da distribuição de informação referente a usabilidade destes equipamentos.

Por isso, ainda existe uma oportunidade de pesquisa para entender e aplicar metodologias de desenvolvimento participativo e governança participativa na cidade do Porto. Outras limitações da pesquisa foram o número de respondentes do formulário *online* aplicado, visto ser uma amostragem não probabilística, por conveniência, e também o baixo número de equipamentos já implementados na cidade. Além disso, a pesquisa se mostrou positiva quanto a participação da população, visto que essa abertura mostra a percepção do cidadão sobre as reais necessidades do meio urbano. Com isso, mostra-se proveitoso que outras pesquisas sejam realizadas em todas as vertentes do desenvolvimento urbano.

Conclusão.

Através desta pesquisa, é possível perceber que a chegada dos conceitos de cidades inteligentes vem com o intuito de integrar tecnologias para melhorar a eficiência dos serviços públicos, promover a conectividade, otimizar recursos e a qualidade de vida dos cidadãos, mostrando que esses objetivos não são apenas alcançados através de tecnologias, mas também com a integração de um dos pontos mais importantes de uma cidade, sua população. O que leva a sua conexão com o desenvolvimento sustentável dela, a partir de seus fatores ambientais, sociais e econômicos que devem estar alinhados para garantir um crescimento urbano equilibrado e responsável.

Num cenário global onde a busca por um planeta mais sustentável se apresenta uma das preocupações políticas e socioeconômicas, os conceitos de cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável trazem perspectivas promissoras para mitigar parte desses desafios. Através dessa pesquisa, foi possível perceber que essas temáticas ainda vêm sendo discutidas e desenvolvidas juntamente com os avanços das tecnologias, e por isso, são conceitos em construção. Neste sentido, abordou-se como objeto de pesquisa o mobiliário urbano inteligente, temática pertinente para o contexto atual da cidade do Porto visto que vêm investindo no desenvolvimento e implementação de iniciativas para tornar o ambiente da cidade cada vez mais tecnológico e inteligente.

Por meio desta pesquisa, percebe-se que a adoção do conceito de cidades inteligentes tem como objetivo integrar tecnologias para melhorar a eficiência dos serviços públicos, promover a conectividade, otimizar recursos e elevar a qualidade de vida dos cidadãos. A participação da população neste contexto é determinante e reforça a conexão das cidades inteligentes com o desenvolvimento sustentável, onde dimensões como fatores ambientais, sociais e econômicos precisam estar alinhados para garantir um crescimento urbano equilibrado e responsável, nos quais se mostram possíveis com a participação de quem as habita.

A análise realizada neste estudo permitiu identificar um problema recorrente também observado em outras cidades ao redor do mundo quando se trata da implementação de mobiliários urbanos inteligentes: a falta de estudo sobre as carências locais. A pesquisa revelou que, assim como em Londres e Glasgow, a cidade do Porto tem introduzido esses equipamentos, porém eles nem sempre estão atendendo diretamente às reais necessidades da população. Além disso, mesmo quando essas necessidades são contempladas, a falta de informações claras sobre o uso dos equipamentos faz com que a sua utilização efetiva seja limitada. Isso reflete uma oportunidade perdida de maximizar o impacto dessas tecnologias no cotidiano dos cidadãos, destacando a importância de reforçar a governança participativa, um dos pilares das cidades inteligentes.

As parcerias público-privadas tornam a implementação de tecnologias inteligentes mais viável, o que beneficia a cidade, dado que a possível implementação de uma nova gama de mobiliários urbanos inteligentes implicaria em altos custos. Além disso, a adaptação de mobiliários já existentes com funcionalidades inteligentes ou a modernização gradual desses equipamentos pode promover uma mudança sustentável e energeticamente eficiente na cidade. A partir dos pontos analisados na pesquisa referentes a este tema, fica evidente que essa abordagem permite uma transição mais acessível, garantindo que as melhorias tecnológicas avancem sem a necessidade da substituição completa e custosa dos equipamentos.

Quando falamos da implementação dos novos equipamentos na cidade do Porto, como as novas paragens de autocarro, as máquinas de pagamento de estacionamento e os *beacons* azuis, deve-se levar em consideração a estética local e a leitura visual do ambiente urbano, como a arquitetura histórica da cidade. Quando falamos de cidades históricas, é fundamental ter em mente a preservação de seu patrimônio visual e cultural. Grande parte da cidade é tombada, o que requer uma abordagem cuidadosa na implementação de novos equipamentos.

Ao analisar a implementação dos mobiliários urbanos inteligentes na cidade, foi possível analisar seu impacto nos cidadãos do Porto, bem como identificar de que forma essas soluções contribuem para a construção de uma cidade mais sustentável dentro do conceito de cidades inteligentes. Após a análise, fica evidente que, embora a cidade venha investindo em iniciativas tecnológicas, a presença de mobiliários urbanos inteligentes voltados diretamente para o uso dos cidadãos ainda é limitada. Desde 2004, esses esforços têm sido feitos, mas o foco nesse tipo de mobiliário, acessível e palpável para a população, ainda é escasso no espaço urbano.

Com a recolha de dados da presente pesquisa, foi possível analisar a o nível de consciência dos cidadãos em relação aos equipamentos já implementados na cidade, foi revelado através da análise do formulário *online* que menos da metade da população tem conhecimento sobre estes mobiliários e, conseqüentemente, não utiliza esses equipamentos de forma adequada. Isso destaca que a falta de compreensão sobre as reais necessidades da população pode não estar sendo levada em consideração no planejamento ou, ainda, que a disseminação insuficiente de informações sobre as funcionalidades dessas tecnologias, impede que os cidadãos usufruam completamente dos recursos oferecidos. Essa lacuna reafirma a importância de uma comunicação mais eficaz e de uma participação ativa da população para maximizar o impacto positivo desses mobiliários na vida urbana. A partir das sugestões apontadas pelos cidadãos no formulário *online*, é possível identificar uma conscientização da população quanto à inclusão social e à sustentabilidade. Propostas como o uso de energias re-

nováveis, utilização de intempéries para soluções funcionais, a implementação de tecnologias para promover a inclusão digital da população idosa, reforçam princípios dos conceitos discutidos ao longo deste trabalho.

Após todo o processo de investigação, é possível perceber que uma parcela da população não tem participação direta no desenvolvimento destes projetos e/ou não tem conhecimento total da implantação de mobiliários urbanos inteligentes na cidade. No entanto, como não foi possível coletar informações com as associações que pesquisam e implementam novos projetos de tecnologia na cidade, fica uma lacuna com relação à realidade da participação dos cidadãos nos desenvolvimentos dos mesmos e da distribuição de informação referente a usabilidade destes equipamentos. Por isso, ainda existe uma oportunidade de pesquisa para entender e aplicar metodologias de desenvolvimento participativo e governança participativa na cidade do Porto. Outras limitações da pesquisa foram o número de respondentes do formulário *online* aplicado, visto que tem uma amostragem não probabilística, por conveniência, e também o baixo número de equipamentos já implementados na cidade. Além disso, a pesquisa se mostrou positiva quanto a participação da população, visto que essa abertura mostra a percepção do cidadão sobre as reais necessidades do meio urbano. Com isso, mostra-se proveitoso que outras pesquisas surjam no âmbito dos profissionais que atuam no desenvolvimento urbano.

Referências.

Abbasi, M., Plaza-Hernández, M., Prieto, J., & Corchado, J. M. (2022). Security in the internet of things application layer: requirements, threats, and solutions. *IEEE Access*, 10, 97197-97216.

Abdala, L. N., Schreiner, T., da Costa, E. M., & dos Santos, N. (2014). Como as cidades inteligentes contribuem para o desenvolvimento de cidades sustentáveis?: Uma revisão sistemática de literatura. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*, 3(5), 98-120.

Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and *smart cities*? *Cities*, 60, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>.

Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). *Smart cities*: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>

Allameh, E., & Heidari, M. (2020). Sustainable street furniture. *Periodica Polytechnica Architecture*, 51(1), 65-74. <https://doi.org/10.3311/PPar.12674>

Associação Porto Digital. (s.d.). Porto. Free Wi-Fi. Disponível em: <https://www.portodigital.pt/porto-free-wi-fi/>

Aurigi, A. (2005). *Making the Digital City: The Early Shaping of Urban Internet Space*. Ashgate Publishing Company.

AMP - Área Metropolitana do Porto. Município do Porto. Disponível em: http://portal.amp.pt/pt/4/municipios/porto/#FOCO_4

Azevedo, A. (2020). Mobiliário urbano—Sua importância para as cidades. LinkedIn. <https://pt.linkedin.com/pulse/mobili%C3%A1rio-urbano-inspira%C3%A7%C3%B5es-inovadoras-pelo-mundo-angela>

Barbosa, G. S. (2008). O desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Visões*, 4(1), Jan/Jun 2008.

Barros, A. T. de. (2008). A informação ambiental nos estudos de jornalismo: análise de investigações realizadas no Brasil e em Portugal. *Bdigital.ufp.pt*.

Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). *Smart cities of the future*. *The European Physical Journal Special Topics*, 214, 481-518.

Belissent, J., & Frederic, G. (2013). Service providers accelerate smart city projects. Technical Report. Forrester Research Report.

Bombarda Digital. (s.d.). Bombarda Digital. Disponível em: <https://bombardadigital.pt/>

Born, R. H. (2006). Agenda 21 e a biodiversidade. Livroaberto. <https://livroaberto.ibict.br/handle/1/749>

Bragalli, C., Neri, M., & Toth, E. (2019). Effectiveness of smart meter-based urban water loss assessment in a real network with synchronous and incomplete readings. *Environmental Modelling & Software*, 112, 128-142. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.10.010>

Brock, K., den Ouden, E., van der Klauw, K., Podoynitsyna, K., & Langerak, F. (2019). Light the way for *smart cities*: Lessons from Philips Lighting. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 194-209.

Bulut, Y., Atabeyoglu, O., & Yesil, P., (2008). A Study on the Evaluation of Ergonomic Situations of the Equipment Elements in the Centre of Erzurum City. *Tarim Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, vol.14, no.2, 131-138.

Buss, P. M., Ferreira, J. R., Hoisch, C., & Mantida, Á. H. (2012). Desenvolvimento sustentável e governança global em saúde: da Rio+20 aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pós-2015. *RECIIS - Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, 6(3), 636pt. <https://doi.org/10.3395/reciis.v6i3.636pt>

Butsch, C., Kumar, S., Wagner, P. D., Kroll, M., Kantakumar, L. N., Bharucha, E., ... & Kraas, F. (2017). Growing 'smart'? Urbanization processes in the Pune urban agglomeration. *Sustainability*, 9(12), 2335.

C-Roads. (s.d.). C-Roads Cooperative Streets - Portugal. Disponível em: <https://www.c-roads.eu/deployments/core-members/portugal/Partner/project/show/c-roads-cooperative-streets.html>

Caragliu, A.; Del Bo, C.; Nijkamp, P. (2011) *Smart Cities in Europe*. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82. doi:10.1080/10630732.2011.601117, 2011.

Câmara Municipal do Porto (2024). Disponível em: <http://www.cm-porto.pt/>

Câmara Municipal do Porto. (2024, fevereiro 27). Está a decorrer pela cidade a instalação dos novos abrigos da STCP. Porto. pt. Disponível em: <https://www.porto.pt/pt/noticia/esta-a-decorrer-pela-cidade-a-instalacao-dos-novos-abrigos-da-stcp>

Câmara Municipal do Porto. (n.d.). Pessoas idosas. Coesão Social. Disponível em: <https://coesaosocial.cm-porto.pt/pessoas-idosas/pessoas-idosas#:~:text=Os%20Censos%20de%202021%20registam,100%20jovens%2C%20existem%2027%20idosos>.

Cebreiros, J., & Gulín, M. P. (2014). *Guia Smart Cities "Cidades com Futuro": agenda digital local Galícia – Norte Portugal*. Disponível em: http://antigua.eixoatlantico.com/sites/default/files/GuiaSmart_Completa_PT.pdf

Ciaramella, A., Bellintani, S., Savio, L., Carbonaro, C., Pagani, R., Pennacchio, R., ... & Thiebat, F. (2018). Smart furniture and smart city. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 2, p. 022012). IOP Publishing.

Contreras, G., & Platania, F. (2019). Economic and policy uncertainty in climate change mitigation: The London smart city case scenario. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 384-393.

Cortese, T. T. P. Coutinho, S. V., Vasconcellos, M. da P., & Buckeridge, M. S. (2019). Tecnologias e sustentabilidade nas cidades. *Estudos Avançados*, 33(97), 137-150. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.008>

Deore, M. K., Raj, D. B., Srinivasan, N., Vandana, P., & Vignesh, M. (2021). Smart bus and bus stop management system using IoT technology. In *2021 International Conference on Design Innovations for 3Cs Compute Communicate Control (ICDI3C)* (pp. 197-202). IEEE.

Drysdale, D., Vad Mathiesen, B., & Lund, H. (2019). From carbon calculators to energy system analysis in cities. *Energies*, 12(12), 2307. <https://doi.org/10.3390/>

Eaton, C., Deroos, D., Deutsch, T., Lapis, G. and Zikopoulos, P.C.. (2011). Understanding big data: Analytics for enterprise class hadoop and streaming data. McGraw-Hill Osborne Media

EnGoPlanet. (s.d.). What is *smart solar bench*. EnGoPlanet. Disponível em: <https://www.engoplanet.com/single-post/what-is-smart-solar-bench>

Errigo, M. F. (2018). The Adapting City. Resilience through water design in Rotterdam. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 11(1), 51-64.

European Commission (2015). *Open innovation yearbook 2015*. Luxembourg.

European Commission. (s.d.). Climate-neutral and *smart cities*. Research and Innovation.

Fares, R. (2011). O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*.

Fernandes, M. T. D. da S. P. (2016). Cidades inteligentes: Um novo paradigma urbano: Estudo de caso da cidade do Porto (Trabalho final de dissertação de mestrado, Universidade Católica Portuguesa).

Fitzgerald, J. (2010). *Emerald Cities: Urban sustainability and economic development*. Oxford University Press.

Fiware. (2015). Porto: A city that has become a real-time guide. Fiware. Disponível em: <https://www.fiware.org/2015/11/20/porto-a-city-that-has-become-a-real-time-guide/>

Gajitz. (s.d.). Ingenious integrated garbage bins & solar lights prettify city. Gajitz. Disponível em: <https://gajitz.com/ingenious-integrated-garbage-binssolar-lights-prettify-city/>

Gehl, J. (2007). Public spaces for a changing public life. In *Open space: People space* (pp. 23-30). Taylor & Francis.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Vienna: Centre of Regional Science, Vienna University of Technology.

Global News. (2022). Instalação de novas paragens da STCP decorre até 2023. Global News. Disponível em: <https://globalnews.pt/sociedade/instalacao-de-novas-paragens-da-stcp-decorre-ate-2023/#:~:text=Esta%20substitui%C3%A7%C3%A3o%20n%C3%A3o%20ser%C3%A1%20apenas,-do%20primeiro%20trimestre%20de%202023>.

Guerra, I., Borges, F., Padrão, J., Tavares, J., & Padrao, M. H. (2017). *Smart cities, smart tourism? The case of the city of Porto*. *Revista Galega de Economía*, 26(2), 129-142.

Harrison, C., & Donnelly, I. A. (2011). A theory of *smart cities*. In Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS-2011, Hull, UK.

Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszcak, J., & Williams, P. (2010). Foundations for smarter cities. IBM Journal of research and development, 54(4), 1-16.

Harrold, R., & Mennie, D. (Eds.). (2003). IESNA Lighting Ready Reference: A Compendium of Materials from The IESNA Lighting Handbook: Lighting Fundamentals, Vision and Color, Light Sources, Illuminance Selection and Design Guide, Calculation Data and Design Guide, Energy Management Considerations, Lighting Economics, Definitions. Illuminating Engineering Society of North America.

Hayat, P. (2016). *Smart cities*: A global perspective. India Quarterly, 72(2), 177–191. <https://doi.org/10.1177/0974928416637930>

Hollands, R. G. (2020). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive, or entrepreneurial? In The Routledge Companion to *Smart Cities* (pp. 179–199). Routledge.

InvestPorto. (2024, August 2). Economic output in the Porto region is now 16.2% of Fnational GDP. InvestPorto. Disponível em: <https://www.investporto.pt/en/news/economic-output-in-the-porto-region-is-now-16-2-of-national-gdp/>

Intelligent Cities Challenge. (2020). Intelligent Cities Challenge. Disponível em: <https://www.intelligentcitieschallenge.eu/>

Instituto Nacional de Estatística. (2023). Censos 2021: Resultados definitivos (versão corrigida em 06-01-2023). https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_produtos&xpid=CENSOS21&xlang=pt

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. Sustainable Operations and Computers, 3, 203-217.

Jokanović, V. (2020). Smart healthcare in *smart cities*. In Towards Smart World (pp. 45-72). Chapman and Hall/CRC.

Kelly, R., & Moles, R. (2000). Towards sustainable development in the midwest region of Ireland. Environmental Management and Health, 11(5), 422–432.

Klinsky, S., Roberts, T., Huq, S., Okereke, C., Newell, P., Dauvergne, P., ... & Bauer, S. (2017). Why equity is fundamental in climate change policy research.

Kogan, N., & Lee, K. J. (2014). Exploratory Research on the Success Factors and Challenges of Smart City Projects. Asia Pacific Journal of Information Systems, 24(2), 141–189. <https://doi.org/10.14329/apjis.2014.24.2.141>

Krejcar, O., Maresova, P., Selamat, A., Melero, F. J., Barakovic, S., Husic, J. B., ... & Kuca, K. (2019). Smart furniture as a component of a smart city—definition based on key technologies specification. IEEE Access, 7, 94822-94839.

Leone, M., et al. (2018). Smart Furniture and Smart City. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 365(2), 022012. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022012>

Lotta, G. S., Klanovichs, H. ., Favareto, A. (2024). Arranjos institucionais, formas de coordenação e problemas complexos internacionais: um olhar sobre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Revista Do Serviço Público, 75(1), 80-101. Recuperado de

Manholm, L., Fridén, J., & Olsson, B. E. (2015). Deployment considerations for 60 GHz backhaul using smart street furniture. In 2015 9th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (pp. 1-3). IEEE.

Martins P. (2022, 1 de setembro). Substituição de paragens de autocarros da STCP causa desagrado entre portuenses. Público. Disponível em: <https://www.publico.pt/2022/09/01/local/noticia/substituicao-paragens-autocarros-stcp-causa-desagrado-portuenses-2018905>

Muradoğlu, S. N. (2021). Analyzing core components of *smart cities* by focusing on the renewable energy: Case study of sustainable urban furniture for Çorlu Republic Park (Master's thesis, İzmir Ekonomi Üniversitesi).

Muradoğlu, S. N., & Deniz, D. (2022). Smart Energy Applications and Integration of Urban Furniture into Smart Systems in Cities. International Journal of Energy Production and Management, 7(2), 127–139.

Nassar, M. A., et al. (2019). The Current and Future Role of Smart Street Furniture in *Smart Cities*. IEEE Communications Magazine, 57(6), 68–73.

Nateghi, R., & Aven, T. (2021). Risk analysis in the age of big data: The promises and pitfalls. Risk Analysis, 41(10), 1751–1758.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. Cities, 38, 25-36.

Obringer, R., & Nateghi, R. (2021). What makes a city 'smart' in the Anthropocene? A critical review of *smart cities* under climate change. Sustainable Cities and Society, 75, 103278.

Oc, T., & Tiesdell, S. (2007). Urban design: Ornament and decoration. Routledge.

Orçamento da Câmara Municipal do Porto 2016 (2016). Câmara Municipal do Porto. http://www.cm-porto.pt/assets/misc/documentos/Dire%C3%A7%C3%B5es%20municipais/Finan%C3%A7as/relatorio_orcamento_2016.pdf

Pichler-Milanovic, N., Meijers, E. (2007). *Smart Cities*: Ranking of European Medium-Sized Cities. Vienna: Centre of Regional Science, Vienna University of Technology.

Pimenta, M. F. F., & Nardelli, A. M. B. (2015). Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio+20 e os desafios para os próximos 20 anos. Perspectiva, 33(3), 1257–1277. <https://doi.org/10.5007/2175-795X.2015v-33n3p1257>

Pinch, T. J., & Bijker, W. E. (1984). The social construction of facts and artefacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. Social studies of science, 14(3), 399-441.

Porto Digital (2024). Disponível em: <http://www.portodigital.pt/>

Porto Digital. (2021). Plano estratégico geral 2020-2022.

Porto Digital. (s.d.). Porto Digital. Porto Digital. Disponível em: <https://www.portodigital.pt/porto-digital/>

Porto Innovation Hub. Disponível em: <http://www.portoinnovationhub.pt/>

Porto. (2019). Investimento na inovação em 2020 serve o propósito da cidade inteligente. Porto.pt. Disponível em: <https://www.porto.pt/pt/noticia/investimento-na-inovacao-em-2020-serve-o-proposito-da-cidade-inteligente>

Porto. (2020). Mais de 2,5 milhões de dispositivos já se ligaram à rede Wi-Fi pública do Porto. Porto.pt. Disponível em: <https://www.porto.pt/pt/noticia/mais-de-25-milhoes-de-dispositivos-ja-se-ligaram-a-rede-wi-fi-publica-do-porto>

Porto. (2020). Porto e mais cidades da UE unem esforços para liderar a transformação digital. Porto.pt. Disponível em: <https://www.porto.pt/pt/noticia/porto-e-mais-cidades-da-ue-unem-esforcos-para-liderar-a-transformacao-digital>

Porto. (2021). Integração no projeto Route 25 coloca o Porto na linha da frente da mobilidade para o futuro. Porto.pt. Disponível em: <https://pactoparaoclima.portodigital.pt/?p=16072>

Poslad, S. (2011). Ubiquitous computing: Smart devices, environments, and interactions. John Wiley & Sons.

SACHS, I. (1993). Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986. Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel.

Santos, B. P., Silva, L. A., Celes, C. S. F. S., Borges, J. B., Neto, B. S. P., Vieira, M. A. M., ... & Loureiro, A. (2016). Internet das coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC - Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 31, 16.

ScaleUp Porto. (s.d.). ScaleUp Porto. Disponível em: <https://ScaleUpporto.pt/pt/sobre/>

Scorpio, M., Laffi, R., Masullo, M., Ciampi, G., Rosato, A., Maffei, L., & Sibilio, S. (2020). Virtual reality for smart urban lighting design: Review, applications and opportunities. Energies, 13(15), 3809.

Shelton, T., Zook, M., & Wiig, A. (2015). The 'actually existing smart city'. Cambridge journal of regions, economy and society, 8(1), 13-25.

Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable *smart cities*: A review of trends, architectures, components, and open challenges in *smart cities*. Sustainable cities and society, 38, 697-713.

Sinha, K. C., Labi, S., & Agbelie, B. R. (2017). Transportation infrastructure asset management in the new millennium: continuing issues, and emerging challenges and opportunities. Transportmetrica A: transport science, 13(7), 591-606.

Song, L. (2024). The Street Space Planning and Design of Artificial Intelligence-assisted Deep Learning Neural Network in the Internet of Things. Heliyon.

Su, K., Li, J., & Fu, H. (2011, September). Smart city and the applications. In 2011 international conference on electronics, communications and control (ICECC) (pp. 1028-1031). IEEE.

Su, K., Li, J., & Fu, H. (2011, September). Smart city and the applications. In 2011 international conference on electronics, communications and control (ICECC) (pp. 1028-1031). IEEE.

Sungur, C., Babaoglu, I., & Sungur, A. (2015). Smart bus station-passenger information system. In 2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering (pp. 921-925). IEEE.

Słomiński, S., & Krupiński, R. (2018). Luminance distribution projection method for reducing glare and solving object-floodlighting certification problems. *Building and Environment*, 134, 87-101.

Tambo, E., Duo-Quan, W., & Zhou, X. N. (2016). Tackling air pollution and extreme climate changes in China: Implementing the Paris climate change agreement. *Environment International*, 95, 152-156.

Thomas, F., Sabel, C. E., Morton, K., Hiscock, R., & Depledge, M. H. (2014). Extended impacts of climate change on health and wellbeing. *Environmental Science & Policy*, 44, 271-278.

Toli, A. M., & Murtagh, N. (2020). The Concept of Sustainability in Smart City Definitions. *Frontiers in Built Environment*, 6(June), 1–10.

United Nations Human Settlement Programme (Un-Habitat) Annual Report 2022. 19 May 2023.

Vaida, C., Gherman, B., Dragomir, M., Iamandi, O., Banyai, D., & Popescu, D. (2014). Smart furniture - Quo vadis. In *Proceedings of the International Conference on Production Research – Africa, Europe, Middle East* (pp. 493–498).

Veiga, J. E. da. (2015). *Desenvolvimento sustentável. Valor económico*. São Paulo: Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Universidade de São Paulo. Recuperado de http://www.zeeli.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/205_-Desenv_Sust_-_28jul15.pdf

Weiss, M. C., Bernardes, R. C., & Consoni, F. L. (2017). Cidades inteligentes: casos e perspectivas para as cidades brasileiras. *Revista tecnológica da Fatec americana*, 5(1), 01-13.

Wessels, B., Humphry, J., Gangneux, J., Hanchard, M., Cheshier, C., Joss, S., ... & Horst, H. (2020). *Smart Publics: Public Perceptions of Smart Street Furniture in London and Glasgow: Insights for Policy and Practice*.

Xue, Q. (2010). Smart healthcare: applications of the internet of things in medical treatment and health. *Information Construction*, 2010(5), 56-58.

Yanagihara, T., Sakakibara, H., Ohsawa, R., Ideuchi, M., Kohtake, N., Masayuki, I., ... & Tokuda, H. (2005). A self configurable topology-aware network for smart materials. In *25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops* (pp. 469-474). IEEE.

Yang, Z., Zhang, L., & Wu, Z. (2022). Research on performance evaluation of urban furniture function design based on Internet of Things digitization. *IEEE Access*, 10, 72895–72906.

Yıldızci, A. C. (2001). The Concept of City Furniture and City furniture in İstanbul. I. Uluslararası Kent Mobilyaları Sempozyumu.

Z. Yuan. (2021) Method analysis of urban road landscape design Taking Hexiang West Road in Xiamen as an example, *Modern Horticulture*, vol. 44, no. 20, pp. 3233, doi: 10.14051/J.CNKI.XDYY.2021.20.012

Zhang, Z. (s.d.). CitiLite 2.0 [Portfólio de design]. Coroflot. Disponível em: <https://www.coroflot.com/ericzzr/CitiLite-20>

Zhang, B., & Pan, Y. (2021). A Study on the Renewal of Urban Public Facilities by Interaction Design in the Context of *Smart Cities*. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 57(Supplement-2), K6-K6.

Índice de Figuras

- Figura 1:** 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS Portugal, 2015.
- Figura 2:** Pilares para uma cidade inteligente. Fonte:(elaboração própria).
- Figura 3:** Refletores luminosos na autoestrada (Ruichen, 2019a).
- Figura 4:** Refletores luminosos em passadeiras (Ruichen, 2019b).
- Figura 5:** Refletor luminoso (Ruichen, s.d.).
- Figura 6:** Passadeira com painéis de LED (Stepvial, 2019).
- Figura 7:** Passadeira com painéis de LED (Stepvial, 2019).
- Figura 8:** Balizadores com feixe de luz indicadores para passagem de pedestres (Jilaxzone, 2018).
- Figura 9:** Balizadores com feixe de luz indicadores para passagem de pedestres (Kowalewski, s.d.).
- Figura 10:** Piso tátil com luz integrada para indicar para passagem de pedestres (Morby, 2016).
- Figura 11:** Piso tátil com luz integrada para indicar para passagem de pedestres (Brightside, s.d.).
- Figura 12:** Poste de luz *City Context* (Gajitz, 2011).
- Figura 13:** Diferenciação de resíduos por lixeiro (Gajitz, 2011).
- Figura 14:** Esquema de liberação de acesso aos compartimentos (Gajitz, 2011)
- Figura 15:** Poste de luz *CityLite 2.0* (Zhang, s.d.).
- Figura 16:** Informações fornecidas pelo equipamento (Zhang, s.d.).
- Figura 17:** Componentes da estação de carregamento para veículos (Torres, 2024).
- Figura 18:** Banco *Smart Bench 1* (Strawberry, 2021).
- Figura 19:** Indicação de disponibilizados pelo banco (Strawberry, 2022).
- Figura 20:** Aplicação de publicidade no banco (Strawberry, 2022).
- Figura 21:** Banco “*Smart Solar Bench*” e suas funções (EnGoPlanet, 2023).
- Figura 22:** Modelo de banco com encosto (Zano, s.d.).
- Figura 23:** Modelo de banco com apoio de bicicleta (Zano, s.d.).
- Figura 24:** Estação de carregamento existente no banco (Zano, s.d.).
- Figura 25:** Bancos *Fluid Cube* e *City Snake* (Hello Wood, 2019).
- Figura 26:** Banco *Fluid Cube* (Hello Wood, 2019).
- Figura 27:** Visão interna do banco *Fluid Cube* (Cube.Hello Wood, 2019).
- Figura 28:** Painéis solares existentes no *City Snake* (Hello Wood, 2019).
- Figura 29:** Estação de carregamento existente no *City Snake* (Hello Wood, 2019).
- Figura 30:** Aplicações existentes nos quiosques inteligentes (elaboração própria).
- Figura 31:** Quiosques InLink nas ruas de Southampton (Daily Echo, 2019).
- Figura 32:** Quiosques InLink sendo utilizado nas ruas de Southampton (Daily Echo, 2019).
- Figura 33:** *Display* do quiosques InLink (BBC, 2018).
- Figura 34:** Quiosques *Boston Wayfinding* (DCL, s.d.).

- Figura 35:** Identidade visual dos mapas existentes no quiosque *Boston Wayfinding* (DCL, s.d.).
- Figura 36:** Identidade visual dos mapas existentes no quiosque *Boston Wayfinding* (DCL, s.d.).
- Figura 37:** Painel solar existente no *Kiosk Boston Wayfinding* (DCL, s.d.).
- Figura 38:** Quiosque MAESTRO (Moobo, 2020).
- Figura 39:** Iluminação única (Moobo, 2020).
- Figura 40:** Iluminação dupla (Moobo, 2020).
- Figura 41:** Informativo (Moobo, 2020).
- Figura 42:** Painel solar (Moobo, 2020).
- Figura 43:** Solução simples (Moobo, 2020).
- Figura 44:** Esquema do uso da ferramenta existente nas lixeiras inteligentes (elaboração própria).
- Figura 45:** Lixeira inteligente Bin-e (Bin-e, s.d.).
- Figura 46:** Bin-e com ecrã e personalização (Bin-e, s.d.).
- Figura 47:** Lixeira direcionada para lixos eletrônicos e outros usos (Bin-e, s.d.).
- Figura 48:** Sensor pello (Pello, 2023).
- Figura 49:** Implementação do sensor em lixeira existente (Pello, 2023).
- Figura 50:** Paragem de autocarro “*Vegetal Bus Stop*” (Florent prat, 2009).
- Figura 51:** Vista da área coberta (Florent prat, 2009).
- Figura 52:** Esquema de corte. (Florent prat, 2009).
- Figura 53:** *Project Bus Stop* (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 54:** Terminal de carregador de telemóvel (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 55:** Biblioteca de livros, *e-books* e baloiço (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 56:** Ecrãs inteligentes e interativos (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 57:** Ecrãs para rotas e horários de autocarros (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 58:** Telhado verde e painéis solares (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 59:** Estacionamento para bicicletas (Land Transport Guru, 2016).
- Figura 60:** Estações de carregamento em Nova York (Pensa, s.d.).
- Figura 61:** Apoio da estação de carregamento (Pensa, s.d.).
- Figura 62:** Modelo com mictório único (GreenPee, s.d.).
- Figura 63:** Modelo com mictório duplo (GreenPee, s.d.).
- Figura 64:** Modelo com mictório de canto (GreenPee, s.d.).
- Figura 65:** Pontos/*beacons* azuis (Câmara Municipal do Porto, s. d.).
- Figura 66:** *QR Code* na paragem de autocarro (Câmara Municipal do Porto, s. d.).
- Figura 67:** *Beacon* azul aplicado em poste (UserCentriCities, 2022).
- Figura 68:** *Beacon* azul aplicado na paragem de autocarro (Município do Porto, s.d.).
- Figura 69:** *QR Code* aplicado na paragem de autocarro (Município do Porto, s.d.).

Figura 70: Paragem de autocarro em Campanhã (fotografia própria).

Figura 71: Paragem de autocarro na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 72: Paragem de autocarro na Av. da França (fotografia própria).

Figura 73: Suportes USB existente na parte interna, localizado na Av. de França (fotografia própria).

Figura 74: Suportes USB existente na parte externa sem tampas, localizado na Rua de Cedofeita (fotografia própria).

Figura 75: Suportes USB existente na parte externa com tampas de acrílico, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 76: Suportes USB existente na parte externa com tampas de borracha, localizado na Rua do Rosário (fotografia própria)

Figura 77: *Tablet e-paper* com horário dos autocarros, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 78: *Tablet e-paper* com adição do percurso dos autocarros, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 79: Poster do explore Porto no local do *tablet* (fotografia própria).

Figura 80: Saída de som próximo ao *tablet*, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 81: Botão para ativação para mensagem de áudio, localizado na rotunda da Boavista (fotografia própria).

Figura 82: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira. (fotografia própria).

Figura 83: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira.(fotografia própria).

Figura 84: Paragem de autocarro invertida, localizada na Rua de Sá da Bandeira. (fotografia própria).

Figura 85: Paragem de autocarro com barras de apoio (fotografia própria).

Figura 86: Máquina de pagamento de estacionamento (fotografia própria).

Figura 87: Máquina de pagamento de estacionamento (fotografia própria)

Índice de Tabelas

- Tabela 1** - Diferentes definições sobre *Smart Cities* (tabela traduzida autoralmente). (Obringer & Nateghi, 2021).
- Tabela 2:** Classificação de mobiliários urbanos de acordo com sua função (tabela traduzida autoralmente) (Yildizci, 2001).
- Tabela 3:** Tipos de aplicações de iluminação inteligente em CIs (tabela traduzida autoralmente) (Scorpio *et al.*, 2020).
- Tabela 4** - Sensores e tecnologias utilizados em lixeiras inteligentes e seu papel (tabela traduzida autoralmente) (Nassar *et al.*, 2019).
- Tabela 5** - Vencedores do concurso Desafios Porto e suas propostas (tabela elaborada autoralmente) (Porto Digital, s.d.).

Índice de Gráficos

- Gráfico 1:** Percentagem de respondentes em função dos grupos etários (elaboração própria).
- Gráfico 2:** Percentagem de respondentes em função de género (elaboração própria).
- Gráfico 3:** Percentagem de respondentes em função do conhecimento do conceito de cidades inteligentes (elaboração própria).
- Gráfico 4:** Percentagem de respondentes em função do conhecimento do conceito de mobiliário urbano inteligente (elaboração própria).
- Gráfico 5:** Percentagem de respondentes em função do conhecimento do explore Porto (elaboração própria).
- Gráfico 6:** Percentagem de respondentes em função ao uso do equipamento (elaboração própria).
- Gráfico 7:** Percentagem de respondentes em função do conhecimento da paragem de autocarro (elaboração própria).
- Gráfico 8:** Percentagem de respondentes em função ao uso do equipamento (elaboração própria).
- Gráfico 9:** Percentagem de respondentes em função de barreiras ao uso (elaboração própria).

Lista de Siglas

- CIIs - Cidades Inteligentes
- SC - *Smart Cities*
- ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- DSDG - Divisão para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- UNDESA - Departamento de Assuntos Económicos e Sociais das Nações Unidas
- TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação
- CO₂ - Dióxido de Carbono
- IoT - *Internet* das Coisas
- ONU - Organização das Nações Unidas
- IA - Inteligência Artificial
- CNC - Controle Numérico Computadorizado
- SCOT - *Social Construction of Technology*
- PIB - Produto Interno Bruto
- OSAC - *Open and Agile Smart Cities*
- UP - Universidade do Porto
- AEP - Associação Empresarial de Portugal
- ICC - *100 Intelligent Cities Challenge*
- C-ITS - Cooperação de Veículos e Infraestruturas
- STCP - Sociedade Transportes Coletivos do Porto
- ESAD - Escola Superior de Artes e Design
- LED - *Light Emitting Diode*

