



ANDRÉ ALVES REVÉS

Licenciado em Ciências da Engenharia Civil

Conceito Net Zero como ferramenta para cidades mais sustentáveis

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Universidade NOVA de Lisboa
Setembro, 2024



Conceito Net Zero como ferramenta para cidades mais sustentáveis

ANDRÉ ALVES REVÉS

Licenciado em Ciências da Engenharia Civil

Orientadora: Ana Catarina Pinto de Sousa da Cruz Lopes,
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa - DEC

Júri:

Presidente: Doutora Carla Alexandra da Cruz Marchão

Arguente: Doutor José Carlos Ferreira

Orientador: Doutora Ana Catarina Pinto de Sousa da Cruz Lopes

Conceito Net Zero como ferramenta para cidades mais sustentáveis

Copyright © André Alves Revés, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Este documento foi criado com o processador de texto Microsoft Word e o template NOVAThesis Word [11].

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação sinaliza o fim desta etapa académica que me trouxe tantas alegrias e experiências extraordinárias que levarei comigo para o resto da minha vida. Resta-me agradecer e exprimir neste segmento da dissertação a minha gratidão para com todos os que me acompanharam ao longo desta jornada.

À minha orientadora, Professora Ana Cruz, gostaria de agradecer a sua paciência, ensinamentos, disponibilidade e atenção ao longo do desenvolvimento da dissertação.

Demonstrar a minha gratidão para com todo o corpo docente da Nova School of Science and Technology, em especial a todos os professores do Departamento de Engenharia Civil que me formaram e guiaram ao longo destes 6 anos.

Agradeço a todos os meus colegas de curso, principalmente ao João Afonso, Duarte Antunes, Duarte Appleton, Tiago Neves e Tomás Luz por todo o companheirismo e amizade.

Um agradecimento aos meus amigos Miguel Pires e Afonso Pimenta pelo conhecimento e auxílio prestado na fase de desenvolvimento da dissertação.

À Marta, agradecer a dedicação, motivação, paciência e compreensão ao longo do meu percurso académico.

À minha família, em especial aos meus pais, Ana e Luís, agradecer todo o apoio, sacrifício e fé depositado em mim. Obrigado por acreditarem no André.

RESUMO

Este trabalho inicia-se com a contextualização do Desenvolvimento Sustentável, analisando a sua evolução, relevância e impacto a nível global. Realça a forma como este influenciou a definição e processamento do planeamento urbano e alguns elementos adicionados a este contexto oriundos da conceituação do Desenvolvimento Sustentável.

De seguida, explora-se o conceito Net Zero, abordando a sua origem, definição e a necessidade do mesmo, fundamentada por estudos e projeções científicas indicadores do insucesso das medidas impostas até à data na luta contra as alterações climáticas. Apresentam-se guias práticos desenvolvidos por entidades especialistas com diretrizes relevantes e compreensivas de como os países devem agir no processo de integração Net Zero. De modo a exemplificar a manifestação de medidas alinhadas com o conceito Net Zero em meio urbano o estudo inclui duas cidades de referência dentro deste âmbito, Barcelona e Singapura. Apresenta o enquadramento histórico das cidades, a evolução de gases antropogénicos das mesmas, assim como as práticas Net Zero em vigor nos respetivos contextos.

Por último, indica medidas e estratégias consideradas indispensáveis para a integração do conceito Net Zero, acompanhadas de um cronograma de implementação, cuja formulação foi considerada de fatores relevantes para uma transição ecológica, transparente e exequível independentemente do nível de desenvolvimento urbano em questão.

Concluindo, o cronograma e as medidas propostas preveem uma transição gradual, mas contínua, com ajustes constantes por forma a acompanhar avanços tecnológicos, adaptações legislativas e novos desafios climáticos. Apesar de se tratar de um processo moroso, a implementação Net Zero é crucial para assegurar urbanizações eficientes, resilientes e sustentáveis.

Palavras chave: Sustentabilidade, Net Zero, Desenvolvimento Sustentável, Urbanismo, Planejamento, Emissões GEE, Políticas Climáticas, Estratégias Urbanas, Resiliência Climática, Implementação Net Zero

ABSTRACT

This work begins with the contextualization of Sustainable Development, analyzing its evolution, relevance, and global impact. It highlights how it has influenced the definition and processing of urban planning and some elements added to this context derived from the concept of Sustainable Development.

Next, the Net Zero concept is explored, addressing its origin, definition, and the need for it, based on studies and scientific projections indicating the failure of measures imposed so far in the fight against climate change. Practical guides developed by expert entities are presented, with relevant and comprehensive guidelines on how countries should act in the process of integrating Net Zero. To exemplify the manifestation of measures aligned with the Net Zero concept in urban settings, the study includes two reference cities within this scope, Barcelona and Singapore. It presents the historical framework of the cities, the evolution of anthropogenic gases in them, as well as the Net Zero practices in place in their respective contexts.

Finally, indispensable measures and strategies for the integration of the Net Zero concept are indicated, accompanied by an implementation timeline, whose formulation was based on relevant factors for an ecological, transparent, and feasible transition, regardless of the level of urban development in question.

In conclusion, the proposed timeline and measures foresee a gradual but continuous transition, with constant adjustments to keep up with technological advances, legislative adaptations, and new climate challenges. Although it is a lengthy process, the implementation of Net Zero is crucial to ensure efficient, resilient, and sustainable urbanization.

Keywords: Sustainability, Net Zero, Sustainable Development, Urbanism, Planning, GHG Emissions, Climate Policies, Urban Strategies, Climate Resilience, Net Zero Implementation.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Metodologia de pesquisa.....	2
1.4	Estruturação do documento.....	3
2	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	5
2.1	Origem de conceito	5
2.2	Evolução do conceito.....	6
2.3	Planeamento Urbano Sustentável.....	12
2.3.1	Princípios de Planeamento Urbano Sustentável.....	12
2.3.2	Gestão de recursos hídricos	13
2.3.3	Gestão Energética.....	14
2.3.4	Mobilidade e Acessibilidade	15
2.3.5	Infraestrutura Verde	17
3	CONCEITO NET-ZERO	19
3.1	Definição e princípios básicos	19
3.2	Necessidade de utilização do conceito Net Zero.....	23
3.3	Casos de Referência	32
3.3.1	Barcelona, Espanha	33
3.3.2	Singapura.....	54

4	MEDIDAS E ESTRATÉGIAS PARA CIDADES NET ZERO	79
4.1	Eficiência Energética em Edifícios.....	80
4.1.1	Incentivos Fiscais e Financeiros.....	81
4.2	Transporte Sustentável e Mobilidade Urbana	82
4.2.1	Investimento em Infraestrutura de Transporte Público	84
4.2.2	Incentivos Financeiros e Fiscais promotores de Mobilidade Sustentável.....	84
4.2.3	Políticas e Regulamentações.....	85
4.2.4	Promoção de Modos de Transporte Ativo	86
4.3	Infraestrutura Verde	88
4.3.1	Eficiência Energética de Edifícios Verdes.....	88
4.3.2	Resiliência Climática	90
4.3.3	Mobilidade Urbana Verde.....	92
4.3.4	Planeamento Urbano Verde.....	93
5	IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO NET ZERO.....	97
5.1	Análise de Viabilidade	97
5.1.1	Aspectos Técnicos	97
5.1.2	Aspectos Económicos	99
5.2	Monitorização e Avaliação de Desempenho	100
5.3	Implementação em Contexto Urbano	102
5.4	Conclusão	104
6	CONCLUSÕES FINAIS	105
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
	ANEXOS	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1- Gráfico referente à quantidade de emissões geradas por cada setor desde 1990 até 2022.....	24
Figura 3.2- Aumento percentual de emissões de GEE por setor económico.....	25
Figura 3.3- Emissões de GEE por setor em 2020.....	25
Figura 3.4- Aumento de temperatura média global derivado de atividade antropogénica face a níveis pré-industriais.....	27
Figura 3.5- Localização geográfica de Barcelona, Espanha.....	33
Figura 3.6- Malha urbana da cidade de Barcelona em 1806.....	34
Figura 3.7- Ruas de Barcelona (1850).....	35
Figura 3.8- Muralhas circundantes de Barcelona.....	35
Figura 3.9- Projeto original do Plano Cerdà apresentado por Ildefons Cerdà (1859).....	36
Figura 3.10- Configuração de dois quarteirões em formato ortogonal de acordo com o Plano de Cerdà (1863) («Plano Cerdà», 2021b).....	36
Figura 3.11- Historial de emissões GEE de Barcelona 1990-2022.....	38
Figura 3.12- Gráfico referente a contribuição expressa em percentagem por atividade de emissões GEE; Barcelona (2022).....	39
Figura 3.13- Gráfico de barras referente a fontes de consumo energético Barcelona (2022).....	40
Figura 3.14- Evolução de emissões de GEE por habitante até 2050 em Barcelona.....	47
Figura 3.15- Zona de Baixas Emissões da cidade de Barcelona.....	48
Figura 3.16- Sinalização referente à entrada em zona de baixas emissões.....	48
Figura 3.17- Cartão verde metropolitano da cidade de Barcelona.....	49
Figura 3.18- Central de dessalinização de Barcelona "Desalinizadora del Prat".....	51
Figura 3.19- Mapa energético de Barcelona.....	52
Figura 3.20- Potencial energético de edifício de acordo com Mapa Energético de Barcelona.....	53

Figura 3.21- Localização geográfica de Singapura.....	54
Figura 3.22- Forte de Canning visualizado desde o rio de Singapura no final do século 19....	56
Figura 3.23- Campo Padang em Singapura	56
Figura 3.24- Jardim Sundial, Singapura.....	56
Figura 3.25- Plano da cidade de Raffles (1882).....	57
Figura 3.26- Mapeamento urbano da Zona Sul de Singapura no plano de 1958.....	58
Figura 3.27- Mapeamento da zona Nordeste de Singapura no plano de 1958.....	58
Figura 3.28- Estrutura do Plano Conceptual desenvolvido em 1971	60
Figura 3.29- Plano Conceptual de Singapura Revisto (1991)	61
Figura 3.30- Fontes de energia utilizadas para atividades antropogénicas em 2021; Singapura	63
Figura 3.31- Centro de refinaria petrolífera da Shell situado na ilha de Pulau Bukom, Singapura	64
Figura 3.32- Perfil de emissões por setor em Singapura (2021).....	65
Figura 3.33- Gráfico referente às emissões de CO2 territoriais e baseadas no consumo da cidade de Singapura (1985-2022).....	66
Figura 3.34- Lago artificial de Reservatório MacRitchie, Singapura (<i>MacRitchie Reservoir Park</i> , sem data).....	68
Figura 3.35- Marina Barrage, Singapura («Marina Barrage», sem data).....	69
Figura 3.36- Oasia Hotel Downtown, Singapura (<i>Oasia Hotel Downtown, Singapore</i> , sem data)	69
Figura 3.37- Rotas de trilhos, circuitos e corredores de parques naturais da ilha de Singapura	70
Figura 3.38- Rede metropolitana singapurense	71
Figura 3.39- Parque de bicicletas da estação de Bendemeer, Singapura	72
Figura 3.40- Painéis solares equipados na estação de Gali Batu, Singapura.....	72
Figura 3.41- Floresta de Mangais localizada em Sungei Buloh, Singapura.....	73
Figura 3.42- Pólder híbrido situado em Pulau Tekong, Singapura.....	74
Figura 3.43- Sistema flutuante de painéis fotovoltaicos do reservatório de Tengeh, Singapura	75
Figura 3.44- Vista aérea de sistema flutuante de painéis fotovoltaicos do reservatório de Tengeh, Singapura	75
Figura 3.45- Sistema de armazenamento energético Sembcorp na ilha Jurong, Singapura.....	76

Figura 4.1- Pegada de carbono por passageiro-quilómetro de meios de transporte no Reino Unido (2022).....	83
Figura 4.2- Mapa de ciclovias em Lisboa.....	86
Figura 4.3- Ligação intermodal entre ciclovia e estação de metro em Nova Iorque, Estados Unidos.....	87
Figura 4.4- Complementação de modo de transporte ativo com rede de metro em Nova Iorque, Estados Unidos.....	87
Figura 4.5- Fachada verde Singapura, Singapura.....	89
Figura 4.6- Cobertura e terraços verdes, Singapura (<i>Rooftop Greenery</i> , sem data).....	89
Figura 4.7- Sistema construtivo de cobertura verde.....	89
Figura 4.8- Sistema construtivo de fachada verde.....	90
Figura 4.9- Legenda de Sistema Construtivo de fachada verde (Chàfer et al., 2021).....	90
Figura 4.10- Parque urbano olímpico de Pequim, China.....	91
Figura 4.11- Reservatório ampliado de East River, Estados Unidos.....	91
Figura 4.12- Lago artificial de Parque Ibirapuera, Brasil.....	92
Figura 4.13- Ciclovias de Central Park, Estados Unidos.....	93
Figura 4.14- Parque del Buen Retiro, Espanha.....	93
Figura 4.15- Songdo, Coreia do Sul.....	93
Figura 4.16- Central Park Songdo, Coreia do Sul (<i>Songdo</i> , 2021).....	93
Figura 4.17- Mobilidade Urbana de Songdo, Coreia do Sul.....	94
Figura 4.18- Rio de Central Park Songdo, Coreia do Sul («Songdo Central Park», 2024).....	94
Figura 4.19- Ciclovias e zonas pedonais Grand Park Songdo, Coreia do Sul (<i>Incheon Grand Park - All You Need to Know BEFORE You Go (2024)</i> , sem data).....	94
Figura 4.20- Planeamento Urbano de Songdo, Coreia do Sul.....	95
Figura 5.1- Diagrama de análise técnica de Implementação Net Zero.....	98
Figura 5.2- Diagrama de análise económica de Implementação Net Zero.....	99
Figura 5.3- Ciclo Contínuo de Monitorização e Divulgação Net Zero.....	101
Figura 5.4- Processo de Implementação Net Zero.....	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Limitações ou reduções de emissões de GEE expressas em percentagem estipuladas para os países industrializados e economias em transição com base nos valores de 1990.....	9
Tabela 3.1- Sumário de cenários alvos de estudo para avaliação de disparidade de emissões.(United Nations Environment Programme, 2023)	31
Tabela 3.2- Tabela referente a projeções de emissões globais de GEE em 2030,2035 e 2050 assim como as diferenças estimadas para os diferentes cenários.....	31
Tabela 3.3- Projeções de consumo energético até 2030.	44
Tabela 3.4- Projeções de emissões de GEE até 2030.....	45

SIGLAS

DS	Desenvolvimento Sustentável
EDGAR	Emissions Database for Global Atmospheric Research
GEE	Gases de efeito estufa
ONU	Organização das Nações Unidas
SIT	Singapore Improvement Trust
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Na era atual de constante evolução, as questões relacionadas com as mudanças climáticas e a sustentabilidade urbana tornam-se essenciais para definir o futuro das sociedades. Dentro desse contexto, nasce o conceito Net Zero, um movimento revolucionário que visa não só mitigar os impactos ambientais gerados nas áreas urbanas, como também as procura tornar agentes ativos na promoção de resiliência climática.

O conceito Net Zero representa uma abordagem inovadora e completa para o design urbano, onde a procura pela neutralidade de carbono se torna o objetivo para todo o tipo de estratégias de planeamento a implementar. O propósito do conceito visa o equilíbrio entre as emissões de gases de efeito estufa gerados pelas cidades, e a quantidade de emissões absorvidas ou compensadas através de metodologias sustentáveis incorporadas nesses espaços urbanos. Estas medidas resultam numa harmonia sustentável entre o crescimento populacional, o desenvolvimento económico e a conservação do ambiente.

A presente dissertação procura explorar a viabilidade, os desafios e as oportunidades associadas à transição para as Cidades Net Zero. Abordagens tecnológicas, práticas arquitetónicas e as políticas urbanas necessárias à transformação de centros urbanos em áreas sustentáveis e climaticamente equilibradas serão alvo de estudo no decorrer da dissertação.

Posto isto, esta dissertação assume uma importância inegável devido à urgente necessidade de abordar as mudanças climáticas e promover o Desenvolvimento Sustentável. Assim, esta

tese contribuirá para a compreensão das necessidades e desafios inerentes a uma transição realista das práticas atuais da sociedade, para uma abordagem Net Zero, impulsionando a adoção de medidas concretas e sustentáveis em direção a um futuro ambientalmente equilibrado.

1.2 Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo analisar o conceito Net Zero e a forma como este se manifesta por intermédio de medidas e estratégias urbanas mitigadoras de emissões antropogénicas. Pretende demonstrar o impacto que políticas alinhadas com este conceito têm nos panoramas de emissões, assim como apresentar casos de referência que apesar de suscetíveis a consequências gravosas derivadas dos aumentos de temperatura resultantes da presença de gases antropogénicos na atmosfera, prosperam neste âmbito.

Por fim, demonstrar uma proposta exequível de implementação com base numa análise de viabilidade considerada de fatores relevantes à integração Net Zero no contexto urbano.

1.3 Metodologia de pesquisa

A metodologia de pesquisa baseou-se na análise de documentos, estudos e artigos no âmbito da dissertação.

No primeiro capítulo, referente ao Desenvolvimento Sustentável, recorreu-se à consulta de relatórios, protocolos, tratados e conferências promovidas pela ONU, assim como artigos académicos relativos às alterações e perspetivas inovadoras de abordagem ao Planeamento Urbano Sustentável.

No segundo capítulo, analisaram-se relatórios de emissões desenvolvidos pela ONU e gráficos da EDGAR por forma a fundamentar a importância e necessidade do conceito Net Zero, objeto de estudo ao longo da dissertação. Para a pesquisa bibliográfica realizada nos casos de referência, analisaram-se planos de ação climática e estatísticas referentes à evolução da presença de GEE fornecidos pelos respetivos governos e municípios. Quanto às práticas Net

Zero em vigor, recorreu-se à consulta de artigos e jornais científicos, assim como a medidas apresentadas em portais online dos respetivos governos.

Com base no entendimento e compreensão das matérias tratadas previamente, procedeu-se ao desenvolvimento da proposta. Por forma a fundamentar a escolha das medidas apresentadas, além das referidas nos casos de referência do capítulo anterior, recorreu-se a estudos académicos, com o objetivo de reforçar a sua validade. O cronograma desenvolvido no âmbito da proposta de implementação Net Zero baseou-se nos casos avaliados ao longo do estado de arte, recorrendo a mecanismos de cooperação identificados em capítulos anteriores.

1.4 Estruturação do documento

A estrutura da presente dissertação foi desenvolvida por forma a garantir uma progressão lógica e coesa das matérias a tratar. Desde a contextualização teórica e análise do panorama climático global até ao desenvolvimento da proposta de medidas práticas para a implementação de medidas Net Zero, cada capítulo contribui para a construção do argumento principal, oferecendo uma base sólida para a discussão e fundamentação dos objetivos propostos. Posto isto, a estruturação da dissertação é organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 1:** Introduce a dissertação através do seu enquadramento teórico, metodologia de pesquisa considerada e estruturação geral e sucinta do documento.
- **Capítulo 2:** Explora a origem e evolução do conceito, referindo as primeiras perceções e formalizações dos problemas relativos à poluição ambiental e os seus impactos futuros. Esta análise inclui a apresentação de relatórios e protocolos introduzidos ao longo do tempo que marcaram a trajetória do Desenvolvimento Sustentável. A partir da contextualização histórica, é possível entender a influência do conceito na formulação de práticas sustentáveis e a integração de medidas e estratégias climáticas em projeções urbanas atuais. Esta análise pretende demonstrar como o crescente reconhecimento de questões ambientais, agregado ao desenvolvimento do termo "Desenvolvimento Sustentável", influenciou e motivou o estabelecimento de futuros conceitos alinhados

com medidas e estratégias urbanas ecológicas, levando à origem da abordagem Net Zero, alvo de estudo ao longo da dissertação.

- **Capítulo 3:** Contextualiza o cenário climático atual através de estudos desenvolvidos que fundamentam a necessidade do Conceito Net Zero nas práticas e políticas urbanas propostas. Apresenta casos de referência dentro deste âmbito e a forma como, apesar da sua suscetibilidade e contexto frágil face a alterações climáticas, prosperam através da integração de medidas Net Zero nos respetivos contextos urbanos. Através da síntese das práticas Net Zero em vigor nos casos de referência objeto de estudo, assim como consolidação das matérias discutidas previamente, é possível destacar medidas e estratégias Net Zero essenciais a um meio urbano sustentável.
- **Capítulo 4:** Sintetiza as medidas e estratégias Net Zero consideradas indispensáveis para uma implementação efetiva, assim como destaca a importância do nível de comprometimento das entidades responsáveis pela alteração do contexto de emissões afetadas ao meio urbano. Após definição de medidas e estratégias imprescindíveis a uma implementação alinhada ecologicamente, desenvolve-se uma proposta de implementação Net Zero.
- **Capítulo 5:** Apresenta uma proposta de implementação Net Zero, assim como considerações relevantes para proceder com a mesma através de uma análise de viabilidade considerada de aspetos relevantes à correta integração Net Zero nos meios urbanos.
- **Capítulo 6:** Finaliza a dissertação por meio de conclusões finais, destacando as principais contribuições e implicações das estratégias Net Zero discutidas, alinhadas com os desafios e soluções apresentadas ao longo do trabalho.

2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O atual capítulo trata de enfatizar a importância do Desenvolvimento Sustentável (DS) como um princípio orientador na procura por um futuro equilibrado e próspero. Para este efeito será abordada a sua origem e evolução, desde a sua introdução como ideologia até ao seu estabelecimento como elemento essencial em acordos internacionais importantes. Ao explorar a história e alguns dos princípios fundamentais do Desenvolvimento Sustentável, este capítulo visa destacar a sua influência na forma como são enfrentados os desafios ambientais, económicos e sociais. Pretende demonstrar a relevância do conceito e como este se terá tornado numa base fundamental à origem de novas práticas e políticas em desenvolvimento. Através da relação intrínseca entre o desenvolvimento económico, social e ambiental, e a cooperação entre as várias entidades responsáveis, as metas ambiciosas, estabelecidas no âmbito da luta contra as alterações climáticas, podem tornar-se realidade.

2.1 Origem de conceito

O conceito de DS surgiu inicialmente no ano de 1987 com a publicação do relatório de Brundtland, "Our Common Future", pela Organização das Nações Unidas (ONU). O documento afirmava que os problemas ambientais, a nível global, eram principalmente resultado da pobreza do Sul e das práticas não sustentáveis de consumo e produção do Norte. O que se registava era uma tendência económica crescente em detrimento do ambiente e dos recursos naturais, assim como injustiça social e problemas de inclusão. Posto isto, o relatório menciona a necessidade de implementação de uma estratégia que une o desenvolvimento e o ambiente, com o objetivo de conjugar os avanços da sociedade com uma abordagem sustentável no âmbito económico, social e ambiental. Daí surge, com maior relevância, o termo Desenvolvimento Sustentável, que toma por definição o seguinte: "Development that meets the needs of

the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"¹ (Report of the World Commission on Environment and Development, 1987).

2.2 Evolução do conceito

Após a publicação do relatório de Brundtland, o conceito de DS foi um tema sonante na seguinte conferência organizada pela ONU no Rio de Janeiro em 1992 (Whitfield, 2015). A United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) ou Earth Summit, reuniu líderes políticos, cientistas e representantes de ONG de 179 países com o intuito de realçar o impacto que as atividades socioeconômicas têm no ambiente. A conferência tinha como principal objetivo a definição de um plano de ação internacional que permitisse conjugar o desenvolvimento dos vários pilares da sociedade com práticas sustentáveis através da correta gestão e conservação de recursos (Whitfield, 2015).

Daí surge a Agenda 21, um marco significativo no panorama global da sustentabilidade e do DS. Este documento simbólico foi concebido no pretexto de dar uma resposta aos desafios ambientais, sociais e econômicos que o planeta enfrenta. O plano de ação representa um compromisso internacional apelando às boas práticas de desenvolvimento, respeitosas dos limites dos recursos naturais, de modo a assegurar um futuro viável para as futuras e presentes gerações. A Agenda 21 é composta por um conjunto abrangente de recomendações e diretrizes que visam orientar a formulação de políticas e a implementação de ações em setores chave como energia, transportes, agricultura, gestão de resíduos e educação ambiental. Objetivando a promoção de práticas sustentáveis e eficientes, algumas das medidas que tomam destaque são as seguintes:

- Recomendação de implementação de normas e regulamentações para garantir a eficiência energética em edifícios, promovendo o uso de materiais e tecnologias sustentáveis, bem como a concepção de edifícios com baixo consumo energético (United Nations Conference on Environment & Development, 1992).

¹ Tradução livre pelo autor: " Desenvolvimento que pretende responder às necessidades presentes sem comprometer a capacidade do planeta de atender às gerações futuras".

- Encorajamento à promoção de formas de transporte público eficientes e acessíveis, como metro, autocarros e comboios, bem como o desenvolvimento de infraestruturas adequadas para peões e ciclistas, reduzindo a dependência de veículos particulares e mitigando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (United Nations Conference on Environment & Development, 1992).
- Implementação de programas de gestão de resíduos sólidos, incluindo reciclagem, compostagem, e redução do desperdício, com o objetivo de minimizar a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários e promover a economia circular (United Nations Conference on Environment & Development, 1992).
- Incentivos para a adoção de medidas para redução do consumo de água potável, como a utilização de sistemas de reutilização de água, a promoção de práticas de irrigação eficientes e a implementação de tecnologias de conservação de água em edifícios e espaços públicos (United Nations Conference on Environment & Development, 1992).
- Promoção do consumo responsável procurando sensibilizar a população para a importância de um consumo consciente e informado, incentivando a compra de produtos locais, orgânicos e sustentáveis, bem como a redução do consumo de recursos não renováveis e a minimização do desperdício (United Nations Conference on Environment & Development, 1992).

Além do plano de ação, a conferência introduziu novas medidas e princípios referentes ao DS como a Declaração do Rio, documento que reconhece aos Estados o direito ao desenvolvimento social e económico, em que constam 27 princípios de DS que devem ambicionar de modo a atingir este mesmo crescimento, demonstrando respeito e integridade pelo ambiente. Uma das medidas mais impactantes introduzida no documento trata-se do princípio 16, "Poluidor Paga", que visa cobrar à entidade poluidora a responsabilidade de controlar a quantidade de emissões que gera de modo a evitar danos à saúde humana ou ao ambiente (United Nations Conference on Environment & Development, 1992). Entre outras medidas inovativas, a conferência revelou-se uma base inegável para um conceito em crescimento, originando o ponto de partida de vários movimentos promotores do DS.

Desde 1992 em diante, o conceito DS foi tomando maior destaque nos debates e ações internacionais. As conferências organizadas posteriormente, como as realizadas pela ONU, têm consistentemente reforçado a importância do DS, remetendo frequentemente para o plano de ação estabelecido durante o Earth Summit, Agenda 21. Esses eventos têm reafirmado o compromisso das Nações Unidas com o DS e enfatizando a necessidade de promovê-lo à escala global.

Nesse contexto, surge o Protocolo de Quioto, um programa com o objetivo concreto de enfrentar um dos maiores desafios ambientais da atualidade, as mudanças climáticas (*What Is the Quioto Protocol?* | UNFCCC, n.d.). O Protocolo de Quioto adotado em 1997 durante a terceira sessão da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, representa um marco significativo na cooperação internacional para enfrentar as alterações climáticas e emissões de GEE. Este acordo histórico estabeleceu metas vinculativas de redução de GEE para os países desenvolvidos, considerando o historial de cada país na produção de emissões e a sua capacidade económica para enfrentar o problema. Este documento foi o primeiro tratado internacional a estabelecer compromissos quantificados de redução de emissões, com o objetivo de limitar o aquecimento global e as consequências inerentes às emissões de GEE. O documento define os setores de emissões alvo de reduções, assim como constante referência para a responsabilidade de cada país assegurar que os valores estipulados de emissões permitidas são cumpridos. Com a implementação destas medidas, como meta ambicionava-se uma redução total de 5% no agregado de emissões antropogénicas prevista ocorrer entre os anos 2008 a 2012 face aos valores registados em 1990. A tabela seguinte apresenta as metas estipuladas para um desenvolvimento económico equilibrado entre os países participantes, expresso em percentagem de limitação ou redução de emissões face a 1990 (Ki-moon, 2008):

Tabela 2.1 - Limitações ou reduções de emissões de GEE expressas em percentagem estipuladas para os países industrializados e economias em transição com base nos valores de 1990.

(Ki-moon, 2008)

Annex I Parties ^a	Emission limitation or reduction (expressed in relation to total GHG emissions in the base year or period inscribed in Annex B to the Kyoto Protocol) ^b
Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Estonia, European Community, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, Monaco, Netherlands, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	-8 %
United States of America ^c	-7 %
Canada, Hungary, Japan, Poland	-6 %
Croatia	-5 %
New Zealand, Russian Federation, Ukraine	0
Norway	+1 %
Australia	+8 %
Iceland	+10 %

^a At the time of publication of this manual, the amendment to the Kyoto Protocol that contains an emissions target for Belarus (-8%) had not been ratified by a sufficient number of Parties for it to enter into force.

^b Countries with economies in transition have flexibility in the choice of base year.

^c Country which has declared its intention not to ratify the Kyoto Protocol.

Com o objetivo de alcançar essas metas ambiciosas, o Protocolo de Quioto propôs a implementação de mecanismos inovadores que promovem a cooperação entre os países participantes. Esses mecanismos visam não só reduzir as emissões de GEE, mas também estimular o desenvolvimento económico com base em práticas sustentáveis (Ki-moon, 2008).

De modo a permitir uma abordagem mais eficiente e flexível para a redução de emissões, os mecanismos de flexibilidade definidos no protocolo permitiam que os países encontrassem a melhor relação possível entre o crescimento económico e as reduções impostas sem a necessidade de seguir restrições rígidas (Ki-moon, 2008).

As duas medidas fundamentais para o alcance desta relação foram o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

De forma a quantificar a redução de GEE alcançada por um determinado projeto ou atividade, criou-se o conceito de crédito de emissão ou unidades de redução certificada de emissões (URCE). Cada crédito representa uma tonelada métrica de dióxido de carbono, ou o seu equivalente em outros GEE, que não foi emitida para a atmosfera derivado da implementação de medidas de redução de emissões. Ao gerar esta nova "moeda de emissões", surge um comércio de emissões que consentia aos países a compra e venda de créditos de emissão. Isto

permitia aos países que alcançassem as suas metas de redução de emissões venderem os seus créditos excedentes para os países que necessitavam de mais créditos, de modo a cumprirem os seus objetivos económicos e compensarem as suas próprias emissões (Ki-moon, 2008).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) permitiu que países industrializados financiassem projetos de redução de emissões localizados em nações em desenvolvimento, podendo obter créditos de emissão, contribuindo para o cumprimento das suas próprias metas. Projetos como, por exemplo, adoção de tecnologias mais limpas, melhorias de eficiência energética ou implementação de práticas agrícolas sustentáveis foram concebidos, não só para alcançar as metas estipuladas ajudando outros países, mas também para instruir princípios de DS nos países em desenvolvimento. Através do financiamento destes projetos, não só se reduziram as quantidades de emissões geradas, como também se desencadearam melhorias significativas nos setores: económico, social e ambiental através de práticas sustentáveis. Criação de empregos, o acesso a energia limpa e proteção de recursos naturais são alguns exemplos de oportunidades estimuladas pela introdução do MDL (Ki-moon, 2008).

Entre outras conferências, práticas de Desenvolvimento Sustentável são debatidas em todas as ações internacionais. Estes documentos tornaram-se bases incontornáveis quanto a tópicos relacionados com o ambiente e desenvolvimento socioeconómico. A conferência do Rio, como introdução de conceito, e o protocolo de Quioto, como uma das primeiras tentativas concretas de redução de emissões GEE, traduziram os princípios de DS e inspiraram o desenvolvimento de acordos fundamentados na base da cooperação, responsabilidade e ética. Com a necessidade de uma abordagem mais ambiciosa, derivado do agravamento da situação climática e da abundância de GEE presentes na atmosfera, surge o Acordo de Paris.

Adotado em 2015, durante a vigésima primeira Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, o Acordo de Paris é um "tratado internacional juridicamente vinculativo sobre alterações climáticas". O acordo visava fortalecer a resposta à ameaça das alterações climáticas no contexto do desenvolvimento sustentável. Segundo a ONU, os objetivos principais do Acordo eram os seguintes (Unfccc, 2015):

- "Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2 °C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os impactos das alterações climáticas;" (Unfccc, 2015)

- "Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e promover a resiliência climática e o desenvolvimento com baixas emissões de gases com efeito de estufa, de uma forma que não ameace a produção de alimentos;" (Unfccc, 2015)
- "Tornar os fluxos financeiros consistentes com um caminho rumo à redução das emissões de gases com efeito de estufa e ao desenvolvimento resiliente às alterações climáticas" (Unfccc, 2015).

Através de mecanismos e abordagens introduzidas em conferências passadas, novos acordos são adotados com base nestes princípios. Sempre com o conceito Desenvolvimento Sustentável como núcleo das várias medidas e projetos desenvolvidos pelos vários movimentos motivados pelo combate às emissões de GEE. Como o Acordo de Paris, o mais recente acordo apresentado pela ONU, outros conceitos vão despertando com o objetivo de atingir metas ambiciosas na luta contra as alterações climáticas.

Em suma, o Desenvolvimento Sustentável é uma peça fundamental na forma como se abordam os desafios ambientais, económicos e sociais. Desde a sua origem até à sua consagração em acordos internacionais, foi possível testemunhar a sua evolução desde uma ideia visionária para uma base inegável no contexto global na luta contra as alterações climáticas. Através da cooperação internacional, foi possível criar uma série de compromissos tangíveis e ações concretas. Esta colaboração não só motivou a criação de políticas e regulamentações ambientais, como desenvolveu tecnologias sustentáveis inspiradoras à elaboração de novos conceitos e abordagens na luta contra as emissões de GEE.

2.3 Planeamento Urbano Sustentável

No contexto atual de crescimento populacional acelerado e da intensificação da urbanização, o planeamento urbano assume um papel crucial no âmbito do DS. As cidades tornaram-se epicentros de atividade humana e consequentemente alvo de desafios ambientais, sociais e económicos complexos. Posto isto, o Planeamento Urbano Sustentável surge como uma abordagem integral e orientada para o futuro, que procura conciliar o crescimento urbano com a conservação de recursos naturais, igualdade social e o desenvolvimento económico.

2.3.1 Princípios de Planeamento Urbano Sustentável

O Planeamento Urbano Sustentável tem como objetivo projetar cidades não só economicamente rentáveis, como associar a esse desenvolvimento económico uma qualidade de vida equilibrada entre as necessidades sociais e ambientais das comunidades abrangentes. Projetada com base no DS, procura combinar estratégias de redução de poluição e conservação de recursos com a melhoria de atividades associadas ao dia a dia cidadão. Como os transportes, habitação, segurança, saúde pública entre outros («Sustainable Urban Development», 2014).

Como referido nos vários documentos apresentados, esta revolução no âmbito de projeção urbana requer uma abordagem que integre os vários elementos das comunidades, por forma a assegurar que os objetivos definidos se tornem numa realidade alcançável. Algumas das medidas essenciais à mudança necessária no contexto de urbanização devem garantir uma relação intrínseca, como por exemplo, programas de renovação urbana devem ser combinados com medidas que promovam a educação, desenvolvimento económico, inclusão social e proteção ambiental. Dadas as alterações climáticas vividas na atualidade derivadas de atividades antropogénicas e das emissões inerentes às mesmas, a tarefa do planeamento urbano tornou-se uma tarefa de carácter incerto e imprevisível. Como referido por (A. Brown & Kernaghan, 2011)), "a incerteza que surge derivada das mudanças climáticas provoca alterações ao modo e ao contexto em que as cidades se desenvolvem, sendo que, as abordagens de planeamento urbano que dependem de projeções muito precisas, perderam relevância dada a complexidade e imprevisibilidade de possíveis impactos relacionados com o clima". De modo geral, a estratégia e planeamento, uma vez considerada única e abrangente a todos os casos e situações,

teve de ser abandonada dadas as circunstâncias atuais. Surge a necessidade de alterar os hábitos de projeção urbana, adicionando medidas pró-ambientais aos vários elementos agregados ao seu planeamento. Gestão de ambos, recursos e ocupação de terreno são dois dos pontos focais na tarefa de Planeamento Urbano Sustentável, que devem ser abordados dentro do panorama económico, social e ambiental da área urbana em questão (A. Brown & Kernaghan, 2011).

2.3.2 Gestão de recursos hídricos

As várias organizações afetas ao Desenvolvimento Sustentável no campo de gestão de recursos hídricos apelam ao seguinte: "Gestão de utilização de água de modo a minimizar a utilização e reduzir desperdícios de água ao ponto de toda a utilização do recurso ser naturalmente reposta através de processos naturais" (GWP, 2000).

Para este efeito, estratégias de gestão de água são fundamentais para a correta utilização deste recurso. Por forma a estas medidas se tornarem práticas consistentes, primeiramente é necessária a ação de membros de governos no âmbito da criação de novas políticas e de um melhor planeamento do sistema hídrico regional. Através da construção de pontos de captação de águas superficiais como albufeiras e barragens, não só se obtém fontes de reservas do recurso, como a água captada pode ser utilizada para outros fins como produção de energia hídrica entre outros (*Address by Irina Bokova, Director-General of UNESCO on the occasion of the 6th World Water Forum, Launching Ceremony of the 4th World Water Development Report; Marseille, 12 March 2012 - UNESCO Digital Library, 2012*).

A tecnologia como ferramenta de gestão de recursos tem revolucionado e revitalizado o modo como se ambiciona práticas sustentáveis. Não só aumentando a capacidade de abastecimento de água, como assegurando a qualidade da mesma, tornou-se numa peça indispensável à sociedade no domínio do abastecimento de água. A capacidade de tratar águas provenientes de: esgotos, fontes naturais entre outros, cimentou a tecnologia e a gestão de recursos hídricos como inegáveis dentro da revolução infraestrutural inerente a um Planeamento Urbano Sustentável. Com a utilização desmedida do recurso, processos de dessalinização tomaram iniciativa. Inicialmente processos que geravam grandes quantidades de emissões, derivado do avanço tecnológico e do conhecimento ecológico, atualmente são alimentados através de fontes de energia renováveis tornando-se uma ferramenta sustentável e essencial para regiões e áreas urbanas escassas de recursos hídricos (*The Organization, internal*

operation and programmes of services responsible for the scientific study of natural resources from the point of view of their conservation - UNESCO Digital Library, 2006). Agregado a este avanço tecnológico, mecanismos de transvase de recursos de forma a atender às necessidades dos vários centros urbanos, é mais um exemplo de práticas emergentes dos avanços da engenharia associada ao Desenvolvimento Sustentável (*The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world - UNESCO Digital Library, 2015*).

Entre outras, estratégias de gestão de recursos hídricos são fundamentais a uma projeção eficiente, ecológica e integral de qualquer Planeamento Urbano Sustentável ambicionado.

2.3.3 Gestão Energética

O setor energético e a sua infraestrutura intrinsecamente dependente da utilização de recursos não renováveis como carvão, petróleo e gás natural torna-o no setor com maiores contribuições de GEE. De acordo com um estudo realizado pela ONU, as cidades são responsáveis pelo consumo de 78% da energia mundial e produzem mais de 60% das emissões de GEE presentes na atmosfera. Com a intensificação da urbanização à escala global e com as projeções sugestivas de um aumento em cerca de 2,5 biliões de residentes urbanos até 2050, é evidente a necessidade de uma revolução do setor energético e da sua infraestrutura (*World Urbanization Prospects The 2018 Revision, 2018*).

Para este efeito, enfatizado pelos vários movimentos e organizações associados à luta contra as alterações climáticas e com a evolução tecnológica, sugeriu-se a utilização de "energias limpas" ou energias geradas por fontes de energias renováveis. Com o avanço da tecnologia, têm surgido alternativas ao consumo de combustíveis fósseis para efeitos de produção de energia. As principais alternativas são as seguintes:

- Energia Solar;
- Energia Eólica;
- Energia Geotérmica;
- Energia Hídrica;
- Energia dos Oceanos;
- BioEnergia.

A utilização de energia proveniente destas fontes reduz em massa as quantidades de emissões geradas pelo processo de produção de energia. As entidades responsáveis remetem para o uso deste tipo de energias o quanto possível, existindo vários incentivos financeiros em diversos países para a implementação de tecnologias que possibilitem um consumo limpo de energias (REN21, 2020).

Sendo que o setor energético é o mais prejudicial ao ambiente, várias medidas continuam a emergir com o intuito de revolucionar as práticas desta infraestrutura essencial à sociedade.

2.3.4 Mobilidade e Acessibilidade

Atualmente, dos aspetos mais importantes no âmbito de um planeamento sustentável e eficiente trata-se da acessibilidade entre os vários meios de mobilidade e serviços existentes dentro do contexto urbano. Vários fatores inerentes ao quotidiano citadino influenciam as condições de acessibilidade dos seus residentes. Fatores como: distribuição populacional, atividades económicas, serviços públicos e a configuração da rede de transportes são determinantes para assegurar uma melhor qualidade de vida. Posto isto, é necessária uma abordagem holística e ponderada quanto às atividades desempenhadas pelos cidadãos, por forma a tornar o quotidiano dos residentes acessível, dinâmico e eficiente (Pereira & Herszenhut, 2023). Dentro deste campo de ação, é necessário sintetizar os parâmetros a abordar.

2.3.4.1 Infraestrutura de Transporte

A Infraestrutura Urbana é uma temática fundamental no âmbito de uma projeção equilibrada, acessível e sustentável. O acesso a atividades depende na sua essência de um planeamento otimizado e eficiente da infraestrutura e serviços de transporte da cidade. Determinadas condições devem ser cumpridas de forma a garantir uma mobilidade urbana eficiente. Condições como (Pereira & Herszenhut, 2023):

- Cobertura espacial abrangente;
- Conexão entre os vários meios de transporte público;
- Redes rodoviárias inteligentes e eficazes;
- Existência de serviços de transporte rápidos como comboios e metros.

Como referido em vários programas de Projeções Urbanas Sustentáveis, como o Programa de Ação de Cidades da ONU (UCLG), o Plano de Ação Climática de Copenhaga, entre outros, uma cidade suportada por infraestruturas orientadas para práticas sustentáveis é propícia à otimização do dia a dia dos seus residentes.

2.3.4.2 Uso do Solo

A utilização do solo dentro do contexto urbano é a base para todas as projeções de acessibilidade previstas para uma cidade. O modo como determinado terreno é utilizado ou inutilizado afeta diretamente a possibilidade de atender ou não às necessidades dos residentes. Através de políticas motivadas pelas entidades governamentais, surgiram medidas inerentes ao solo urbano e à sua ocupação.

Com a introdução de Políticas de Utilização de Solo Urbano, vários problemas recorrentes à sociedade urbana no âmbito da utilização de terrenos foram devidamente abordados. Com o incremento da urbanização à escala global, sem acesso a regulamentação adequada, os centros urbanos tendencialmente expandem de forma desorganizada, levando à ocupação de terrenos impróprios a esses fins (Satterthwaite, 2016). Áreas de preservação ambiental, terrenos inclinados, zonas propícias a desastres naturais entre outros são alguns exemplos de solos indevidamente utilizados, potenciando consequências negativas para ambos: ambiente e segurança dos utilizadores. A utilização desadequada de solo urbano pode levar à escassez de recursos naturais, como água e solo fértil, assim como, em casos extremos, sobrecarregar a infraestrutura existente como: sistemas de transporte, abastecimento de água, tratamento de esgotos e serviços de saúde (Open Knowledge Repository, 2010). Este uso inadequado pode resultar em congestionamentos, poluição, falta de acesso a serviços básicos e degradação ambiental. A desigualdade e escassez de definição de prioridades no setor de utilização de solo, socialmente, pode levar a implicações graves. A pobre gestão de utilização de solo pode levar à segregação e exclusão de certos grupos da sociedade. Comunidades de menor poderio financeiro, minorias étnicas entre outros grupos sociais, derivado desta gestão desigual, podem ser sujeitas a exclusão para áreas periféricas mal servidas pela infraestrutura, serviços básicos inacessíveis entre outras necessidades básicas ao quotidiano. Esta segregação, motivada pela má gestão do solo urbano, leva a desigualdades no acesso a oportunidades de emprego, educação, saúde e fomenta casos de pobreza e marginalização (Gilbert, 2012).

A introdução de políticas de utilização do solo urbano nas constituições dos vários países visam promover um desenvolvimento urbano equilibrado, sustentável e inclusivo. Através de medidas que visam tratar estas temáticas de forma integrada, os objetivos definidos por organizações como a ONU no campo de desenvolvimento urbano sustentável, procuram melhorar a qualidade de vida dos residentes urbanos.

Ao objetivar um Planeamento Urbano Sustentável, várias iniciativas para o desenvolvimento urbano remetem diretamente ou indiretamente para o conceito Acessibilidade e a forma como este é tratado, procurando responder às necessidades económicas, sociais e ambientais inerentes à sociedade de forma integral. Dada a importância da igualdade de oportunidade, acesso a serviços públicos entre outros, estudos concretos relativos à acessibilidade urbana são realizados de forma a auxiliar a definição e projeção de um Planeamento Urbano Sustentável ótimo, eficaz e ecológico. Procurando satisfazer as medidas acima referidas, estes estudos definem níveis de acessibilidade a cada localidade considerando os serviços disponíveis no raio de ação dos utentes. Através desta definição, auxilia as organizações responsáveis no processo de toma de ações em conformidade com as necessidades de determinadas localidades, por forma a igualar os níveis de acessibilidade urbana de todas as localidades abrangentes. A partir de mecanismos de avaliação urbana é possível mitigar problemáticas associadas ao Urbanismo e como este se desenvolve (Pereira & Herszenhut, 2023).

2.3.5 Infraestrutura Verde

A Infraestrutura Verde consiste numa abordagem estratégica e planeada, preconizada como redes interligadas de áreas naturais com outras características ambientais, projetadas para fornecer benefícios económicos, sociais e ambientais aos utentes e ecossistemas gerados pela infraestrutura. As áreas urbanas podem conter uma variedade de espaços verdes e azuis a diferentes escalas. Exemplos como: parques, espaços abertos, parques de bolso, lagos, rios, hortas, assim como ruas de árvores, coberturas e fachadas verdes são algumas soluções associadas a este tipo de projeção infraestrutural (US EPA, 2015). Como ferramenta estratégica de alocação de espaços, a Infraestrutura Verde responde a várias problemáticas associadas ao

quotidiano urbano. Contribui para a mitigação de efeitos das alterações climáticas dada a natureza das soluções e os processos de remoção de emissões passivos inerentes à sua implementação, regula as temperaturas da rede urbana, melhora o desempenho térmico dos edifícios através de soluções construtivas inovadoras como coberturas e fachadas verdes e melhora a qualidade do ar (Barton & Pretty, 2010).

Socialmente, os espaços verdes e abertos motivam a prática de atividades recreacionais, desportivas, interativas e de lazer. Potenciando a conexão entre vários grupos sociais e comunidades, medidas de combate a problemas urbanos como exclusão social e marginalização surgem de forma natural (*Urban green infrastructure planning and nature-based solutions — English, 2023*).

Projeções desta natureza visam incorporar conceitos inovadores, eficientes e ecológicos promotores de objetivos alinhados com o Desenvolvimento Sustentável. De acordo com as organizações impulsionadoras de tais metodologias, ao introduzir este tipo de infraestrutura, prevê-se a melhoria de condições de vida dos residentes, maior nível de oportunidade no contexto de inclusão social dentro dos vários setores da sociedade, assim como atração de modelos de negócio geradores de emprego estimuladores da economia local (*Green Infrastructure - European Commission, 2024*).

CONCEITO NET-ZERO

O presente capítulo tem como objetivo sintetizar o conceito Net Zero, apresentando vários pontos chave à sua compreensão e à sua contribuição na luta contra as emissões de GEE. Primeiramente, a definição concreta do conceito e os princípios pelos quais se rege, seguido das metas e objetivos estipulados com o pretexto de integrar de forma prática e eficiente o conceito Net Zero na infraestrutura da sociedade atual. Pretende também revelar alguns casos em que o conceito já entrou em vigor e analisar os resultados obtidos. Por fim concluir com algumas observações a viabilidade das soluções em prática nos diferentes casos.

3.1 Definição e princípios básicos

O conceito Net Zero surgiu como resposta à crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade urgente de reduzir as emissões de GEE. Com o avanço de estudos científicos ficou claro que as atividades humanas inerentes ao funcionamento da sociedade tinham um enorme contributo na presença de GEE na atmosfera. Tornou-se evidente a necessidade de reduzir estas emissões de modo a evitar impactos catastróficos, como o aumento da temperatura média global, acidificação dos oceanos entre outros eventos climáticos extremos (*Greenhouse Gas Emission Intensity of Electricity Generation in Europe, 2023*).

Ao longo da década passada, várias medidas objetivaram a redução de emissões de GEE. Os termos "Neutralidade de Carbono", "Orçamento de Carbono", "Captura de Carbono", "Pegada de Carbono", eram ideologias e conceitos cada vez mais presentes nas várias conferências organizadas no âmbito do combate às alterações climáticas. Apesar do Dióxido de Carbono se tratar do gás com maior presença dentro do contexto de gases efeito estufa, era necessário definir uma estratégia abrangente a todos os gases gerados através de atividades antropogénicas.

Com esse pretexto desenvolveu-se o conceito Net Zero, que toma por definição o seguinte: "Condition in which human-caused residual Green House Gases emissions are

balanced by human led removals over a specified period and within specified boundaries"² (Net Zero Guidelines, 2022). Como indica a definição, o conceito Net Zero, na sua essência, refere-se ao equilíbrio entre as emissões de gases de efeito estufa produzidas e as retiradas da atmosfera, de modo que o resultado líquido entre estas seja nulo. Os resultados desejados não são plausíveis dentro de um contexto imediato, mas através de princípios e guias de implementação é possível tornar esta noção num projeto real e tangível.

Com a evolução da tecnologia e o desenvolvimento dos estudos científicos nas várias matérias inerentes às alterações climáticas, o panorama global no âmbito de emissões antropogénicas está sujeito a uma mudança revolucionária. O cenário atual, apesar de negativo, derivado da gestão de recursos e crescimento económico alheios à ética ecológica e práticas sustentáveis, também é válida a sugestão de falta de alternativas e diretrizes sustentáveis nas várias frentes da economia (Ipcc, 2022). Dentro desse contexto, surge a necessidade de um documento que especifique as abordagens a tomar e como cada entidade organizacional deve tratar as suas emissões.

Por intermédio de princípios debatidos e discutidos entre as entidades globais responsáveis pela 27ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, sintetizou-se os princípios chave para se iniciar o processo de inserção de cultura Net Zero à escala global. Para este efeito, aprovado pela ONU, foi lançado o Guia de diretrizes Net Zero pela empresa International Organization for Standardization (ISO) como documento oficial de auxílio para os países participantes no seu desafio de emissões líquidas zero. O documento tem como objetivo principal estabelecer diretrizes claras para alcançar emissões Net Zero. Os temas principais abordados no guia são os seguintes:

- Metas e objetivos: O documento oferece orientações sobre o estabelecimento de metas de emissões Net Zero, incluindo a definição de prazos realistas e a identificação das fontes emissoras a serem tratadas.
- Abordagem Setorial: As diretrizes incentivam a ações em todos os setores económicos, incluindo energia, transporte, indústria, agricultura e uso da terra.

² Tradução livre pelo autor: "Conceito no qual emissões de GEE causadas pelo homem são compensadas por remoções lideradas pelo mesmo durante um período específico e dentro de limites estipulados".

- **Monitoramento e Verificação:** Estabelece diretrizes sobre como assegurar um processo de monitoramento e verificação preciso e confiável.

Transparência e Prestação de Contas: Realça a importância da transparência na definição e implementação de metas Net Zero, incentivando a divulgação pública de informações relativas às emissões e ações de mitigação em vigor.

Os vários conjuntos de normas estipulados no Guia agregam os conceitos essenciais a uma transição transparente, eficaz e ética. Os princípios chave presentes no documento são os seguintes:

- **Alinhamento:** As políticas e orientações implementadas pelas entidades responsáveis devem ir ao encontro dos objetivos delineados pela ONU, especificamente os estabelecidos no Acordo de Paris, assim como qualquer acordo global subsequente ao Acordo de Paris (Net Zero Guidelines, 2022).
- **Urgência:** Necessidade de ações imediatas e contínuas para contribuir de forma eficaz para os esforços globais de manter o aumento de temperatura média consideravelmente abaixo dos 2°C em comparação aos níveis pré-industriais, de modo a atingir o objetivo de limitar o aumento da temperatura a menos de 1,5°C. Para este efeito as organizações devem procurar alcançar Net Zero o mais tardar 2050. Além de metas a longo prazo para atingir Net Zero, as organizações devem estabelecer metas intermediárias de reduções substanciais de emissões que devem ser cumpridas até 2030. Objetivos subsequentes devem representar compromissos persistentes para agir até 2050 (Net Zero Guidelines, 2022).
- **Ambição:** Os objetivos definidos devem ambicionar alcançar Net Zero o mais cedo possível. Organizações de maior capacidade, responsabilidade histórica ou responsáveis por elevadas quantidades de emissões GEE geradas, devem tomar medidas adicionais e ambiciosas de modo a atingir emissões líquidas nulas com maior antecedência face à média global (Net Zero Guidelines, 2022).
- **Prioridades definidas:** As reduções de emissões devem ser prioritárias nos objetivos a médio e longo prazo, só devendo utilizar medidas de remoção de emissões após

assegurar que todas as ações de redução possíveis foram tomadas, de modo a minimizar eventuais emissões residuais (Net Zero Guidelines, 2022).

- Tomada de decisões baseada em estudos científicos e conhecimento local: As decisões tomadas relacionadas com o objetivo Net Zero devem ser baseadas em estudos científicos atualizados e conhecimento local fundamentado. Devem ser alinhadas com os princípios de igualdade e justiça. As decisões devem ser revistas com regularidade e objetivos, políticas e ações devem ser adaptados face à evolução do conhecimento nas matérias a tratar (Net Zero Guidelines, 2022).
- Abordagem à base do Risco: Riscos relacionados com ações de mitigação de alterações climáticas devem ser avaliados e tratados em conformidade. Esta abordagem tem em consideração: incerteza, potenciais impactos negativos, consequências involuntárias e outros riscos de carácter imprevisível. Para efeitos de análise, o risco associado à mitigação de alterações climáticas deve ser comparado ao risco da não tomada de ação. Monitorização de ações de mitigação é recorrente assim como o compromisso de tomar medidas de correção urgentes (Net Zero Guidelines, 2022).
- Credibilidade: As ações de mitigação de emissões, se aplicadas corretamente, demonstram-se eficazes e de alta qualidade. Dando prioridade a reduções significativas de emissões nos vários setores existentes, é possível constatar o sucesso destas ações através de padrões de contabilização internacionalmente aceites (Net Zero Guidelines, 2022).
- Igualdade e Justiça: Os objetivos e ações devem estar em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que visam apoiar a igualdade e a transição para uma economia Net Zero à escala global. Os subsequentes objetivos globais definidos pela ONU que superem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em vigor, devem estar em conformidade com as ações tomadas. As comunidades mais vulneráveis são salvaguardadas por meio de medidas de mitigação centradas no ser humano e as suas necessidades (Net Zero Guidelines, 2022).
- Transparência, integridade e responsabilidade: Informação relacionada com o estado atual de emissões presentes na atmosfera, valores de referência iniciais para efeitos de

comparação, planos e objetivos devem ser reportados publicamente de forma compreensiva e clara. Monitorização independente existirá por forma a garantir que o compromisso de cada interveniente é fundamentado através de ações significativas. Informação relevante relativa ao progresso em direção aos objetivos Net Zero deve ser divulgada ao público com regularidade. A informação divulgada deve ser verdadeira, compreensiva e no momento de divulgação de alcance de objetivos, o discurso não deve ser de caráter falacioso. Progresso para as metas a curto e longo prazo de Net Zero, assim como afirmações de obtenção de estatuto Net Zero serão verificadas por entidades credíveis e competentes não afetas à organização(Net Zero Guidelines, 2022).

- Conquistas e continuação do Net Zero: Ação é tomada nos vários patamares a abordar em conformidade com os princípios de igualdade e justiça. Dentro deste contexto assegurar que todas as medidas de redução de emissões viáveis são implementadas e garantir o equilíbrio das emissões residuais através de remoções permanentes ou suficientemente longo termo ao ponto de contrabalançar as emissões de GEE. Ao atingir Net Zero, ações devem ser tomadas para alcançar emissões negativas de GEE(Net Zero Guidelines, 2022).

3.2 Necessidade de utilização do conceito Net Zero

Apesar dos avanços notáveis e da presença que o termo sustentabilidade passou a ter nas várias ações internacionais, as medidas estipuladas nos vários acordos demonstravam-se escassas face ao desenvolvimento da sociedade e dos consumos e emissões inerentes à sua infraestrutura. Desde 1990, ano que a iniciativa DS começou a ganhar relevância, todos os setores económicos sofreram incrementos notáveis relativamente às emissões de GEE libertadas para a atmosfera.

De acordo com um estudo realizado pela Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), desde 1990 até à atualidade, o panorama global de emissões por setor apresenta uma tendência crescente. Na Figura 3.1, é possível observar a contribuição e evolução da geração de emissões de cada setor económico desde 1990 até 2022.

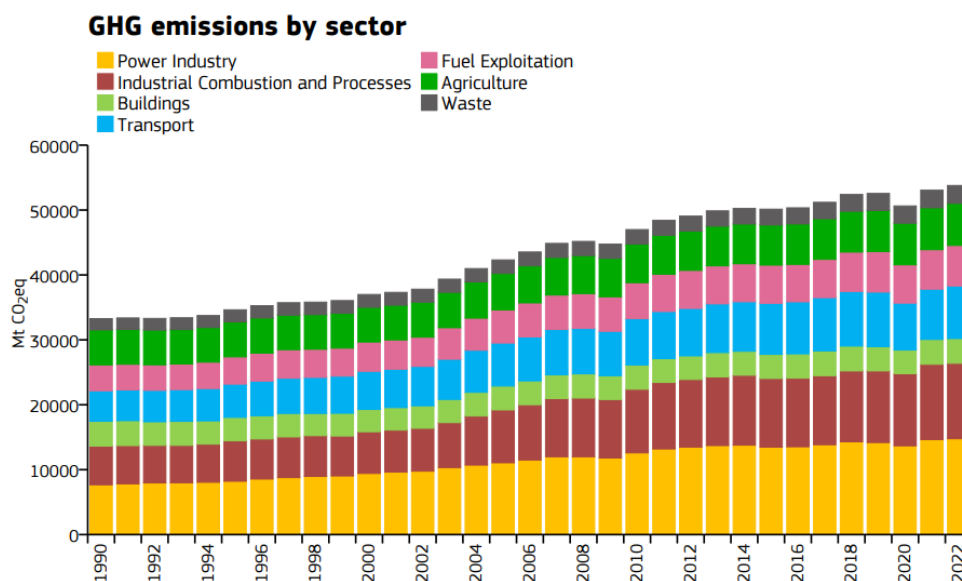


Figura 3.1- Gráfico referente à quantidade de emissões geradas por cada setor desde 1990 até 2022.

(Martin & De Melo, n.d.)

Conclui-se que as emissões GEE tomam uma relação intrínseca com a sociedade e como esta procura desenvolver o seu crescimento económico. Este paradigma é alimentado por várias interações complexas entre políticas, tecnologias, padrões de consumo e modelos de negócio que renegam na sua totalidade práticas sustentáveis e equilibradas não prejudiciais ao ambiente. Com o passar dos anos verificam-se subidas percentuais alarmantes. De acordo com um estudo realizado pela Comissão Europeia de Serviço e Conhecimento, por setor, globalmente, o aumento percentual de emissões de GEE foi o seguinte (Figura 3.2):

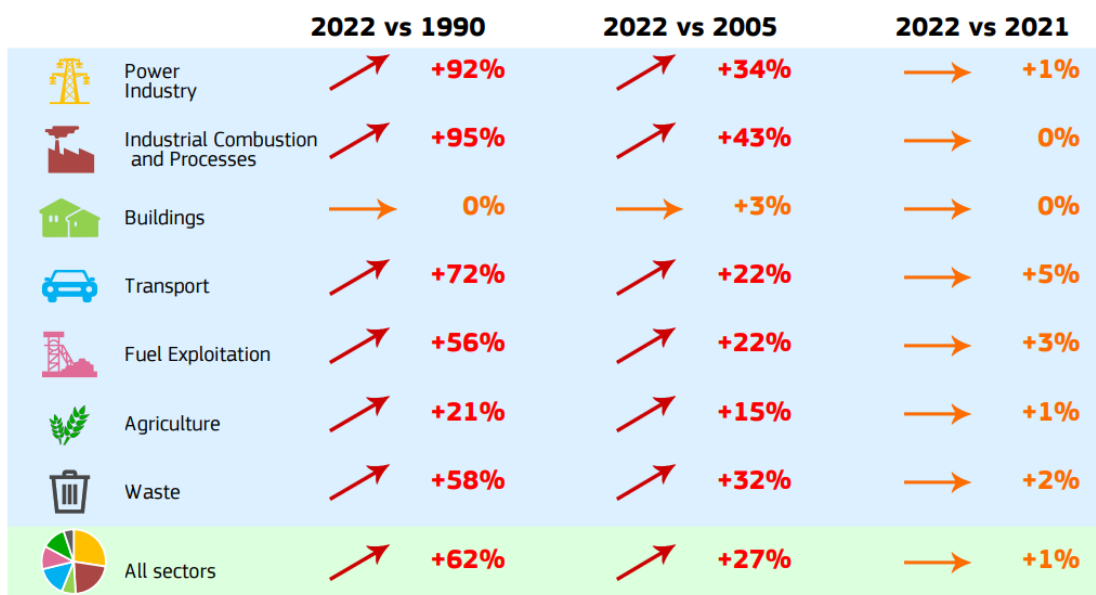


Figura 3.2- Aumento percentual de emissões de GEE por setor económico.

(Martin & De Melo, n.d.)

Face a 1990, verifica-se um consumo quase duas vezes maior nos setores de geração de energia e processos industriais e um aumento bastante significativo no âmbito da exploração e extração de petróleo, processos de combustão de veículos de transporte e na gestão de resíduos. Após 2005, apesar de entrar em vigor o protocolo de Quioto, após retificação de parte dos países participantes, a precariedade do panorama global era evidente (Martin & De Melo, n.d.). De acordo com um estudo realizado pela Climate Watch, no ano de 2020 o setor energético foi responsável por 77% das emissões de GEE presentes na atmosfera. O gráfico seguinte apresenta a percentagem de emissões geradas por cada setor em 2020 (Figura 3.3).

Emissões de GEE por setor em 2020

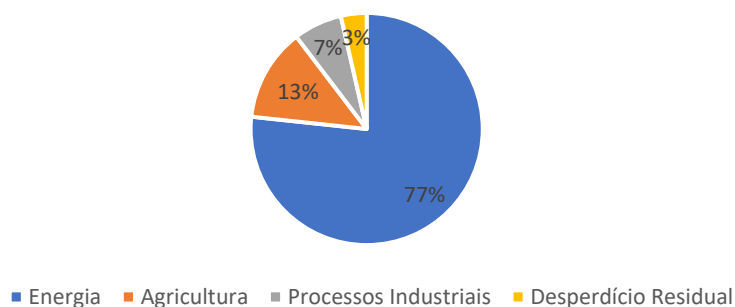


Figura 3.3- Emissões de GEE por setor em 2020.

Adaptado de <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>

O setor energético é amplamente reconhecido como o principal produtor de GEE derivado de uma série de fatores intrínsecos à sua natureza e funcionamento. Primeiramente, o facto de ser um setor em grande parte dependente da queima de recursos não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural para gerar eletricidade, fornecer calor e alimentar processos industriais. A queima destes combustíveis fósseis emite grandes quantidades de GEE para a atmosfera. Além da dependência de combustíveis fósseis, o setor energético envolve processos intensivos de consumo de energia. Processos como: refinamento de petróleo, produção de cimento, fabricação de produtos químicos entre outros acabam por resultar em emissões abundantes de GEE.

A dependência da queima de combustíveis fósseis agregada ao crescimento populacional, necessidade de crescimento económico para os países em desenvolvimento, padrões de consumo, instabilidade política, falta de compromisso por parte das entidades responsáveis, assim como a falta de alternativas sustentáveis, acaba por fundamentar os resultados negativos registados.

Apesar dos esforços efetuados por parte dos países participantes no Acordo de Paris, os resultados obtidos demonstravam-se insuficientes. Passados dois anos após a assinatura do Acordo, o grupo científico "Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas" (IPCC) encarregue de monitorizar e verificar todos os dados associados a alterações climáticas, constatou o seguinte no seu relatório de avaliação "Special Report 1.5 °C" (SR1.5) : "Under emissions in line with current pledges under the Paris Agreement (known as Nationally Determined Contributions, or NDCs), global warming is expected to surpass 1.5°C above pre-industrial levels, even if these pledges are supplemented with very challenging increases in the scale and ambition of mitigation after 2030"³ (Ipcc, 2022). O documento publicado em 2018 relatava a necessidade urgente de alteração de políticas, cooperação global e que a falta de governação no âmbito de transformações energéticas, utilização de solos e aumento do consumo intensivo de recursos eram os principais desafios para o alcance dos objetivos estabelecidos. De acordo com um dos estudos relatados no documento, o panorama de aumento de temperatura média global é o seguinte (Figura 3.4):

³ Tradução livre pelo autor: " Sob as emissões alinhadas com os compromissos atuais do Acordo de Paris (conhecidos como Contribuições Nacionalmente Determinadas, ou NDCs), prevê-se que o aquecimento global ultrapasse 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, mesmo que estes compromissos sejam complementados com aumentos arrojados no percurso ambicioso de mitigações até 2030."

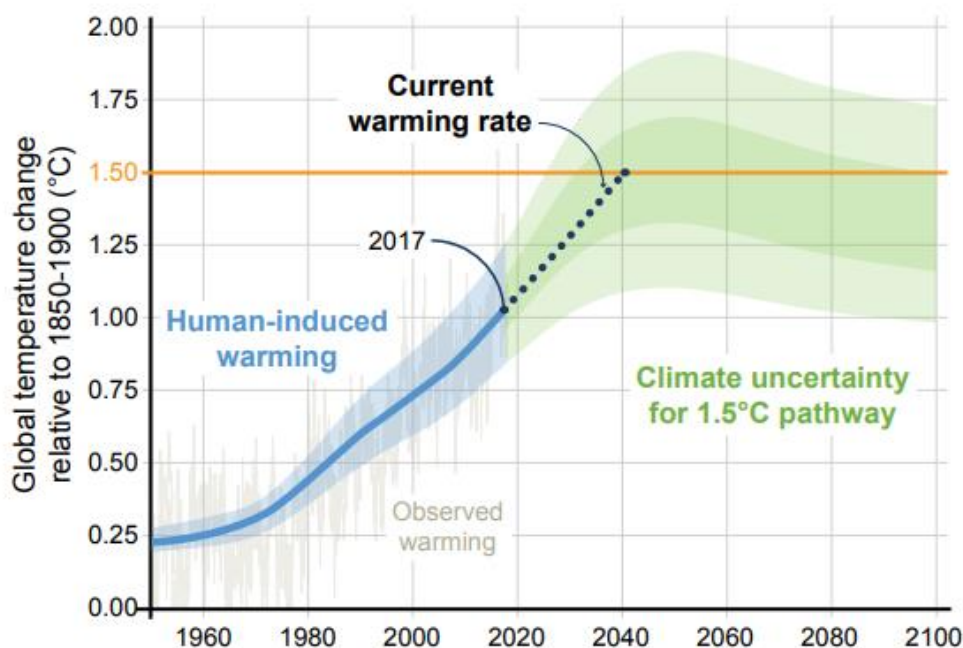


Figura 3.4- Aumento de temperatura média global derivado de atividade antropogénica face a níveis pré-industriais.

(Ippc, 2022)

O gráfico desenvolvido pelo IPCC indica que em 2017 a temperatura global encontrava-se 1°C acima dos valores pré-industriais registados. Observando esta evolução de temperatura, assim como o padrão de consumos de recursos referidos anteriormente, é possível definir a linha de tendência e verificar que esta toma um comportamento crescente com o passar do tempo. De acordo com as projeções efetuadas, mantendo-se os registos de políticas e compromissos por parte dos países emissores, o aumento da temperatura média global deve alcançar os 1,5°C em 2040 (Ippc, 2022).

Perante este cenário, de acordo com o grupo científico IPCC, de modo aos objetivos relacionados com a redução de aumento de temperaturas médias globais serem de carácter realista, a abordagem a tomar para se manter o alinhamento com estas metas deve ser de seguinte natureza: "Limiting warming to 1.5°C implies reaching **net zero** CO2 emissions globally around 2050 and concurrent deep reductions in emissions of non-CO2 forcers, particularly methane"⁴.

⁴ Tradução livre pelo autor: "Limitar o aquecimento ao nível desejado de 1,5°C implica alcançar emissões líquidas zero de CO2 a nível global por volta de 2050, juntamente com reduções significativas dos restantes GEE, particularmente o metano".

Com a aprovação do documento apresentado pela IPCC em 2018, a implementação da estratégia "Net Zero" tornou-se imperativa para atingir os objetivos definidos no Acordo de Paris.

No primeiro "global stocktake" ou balanço global agendado para cada cinco anos relativo ao progresso dos países para os objetivos definidos no Acordo de Paris, apresentado na Conferência das Nações Unidas Sobre as Mudanças Climáticas organizada pela ONU em Setembro de 2023, foi constatado o seguinte: "Two major reports on the first-ever global stocktake warn the world is significantly off track in meeting the goals of the Paris Agreement and urgent action is needed to combat the growing threats posed by climate change"⁵ (Nations, 2023).

O relatório refere que apesar de o Acordo de Paris impulsionar a ação global sobre as alterações climáticas, reduzindo as previsões de aquecimento futuro, permanecia uma grande disparidade face aos objetivos estipulados neste âmbito. O documento relata uma diferença de entre 20,3 a 23,9 gigatoneladas de dióxido de carbono face aos níveis necessários para limitar o aquecimento a 1,5°C até 2030.

As previsões de aumento percentual de emissões de GEE definidas para 2030 diminuíram, desde a assinatura do Acordo, em cerca de 13%, sendo esperado um aumento de emissões em cerca de 3% face aos 16% projetados inicialmente. Por forma a atingir as metas estipuladas para 2030, para o objetivo de manter o aumento de temperatura abaixo dos 2°C face a valores pré-industriais, as emissões devem ser reduzidas cerca de 28%. Enquanto que para o objetivo abaixo dos 1,5°C deve verificar-se uma redução de cerca de 42% (Nations, 2023).

Ao perceber os valores apresentados no relatório, a ONU remete para a importância da transformação e desenvolvimento do setor económico, por forma a este transitar para uma infraestrutura de baixas emissões, assim como a necessidade de países responsáveis por maior número de emissões adotarem medidas mais ambiciosas enquanto auxiliam países em desenvolvimento a alcançar os seus objetivos (Nations, 2023).

⁵ Tradução livre pelo autor: Dois relatórios importantes sobre o primeiro balanço global alertam que o mundo está significativamente fora de rumo para cumprir com os objetivos estipulados no Acordo de Paris, e ações urgentes são necessárias para combater as ameaças crescentes resultantes das alterações climáticas.

De forma a acelerar o processo de redução de emissões, o Acordo de Paris estabeleceu que os 196 países participantes, de cinco em cinco anos, devem apresentar novas medidas de cortes de emissões de curto a médio prazo. Em função dos resultados obtidos no relatório de balanço global, apresentado a cada cinco anos, as medidas devem ser adaptadas de modo a demonstrar compromisso e dedicação por parte dos países participantes em torno do processo de redução de emissões (Nations, 2023). Estas medidas são denominadas de "Nationally Determined Contributions" (NDC) e tomam como definição o seguinte: "(...) national climate pledges that each Party is required to develop that articulate how they will contribute to reducing greenhouse gas (GHG) emissions and adapting to impacts."⁶ (*What Are NDCs and How Do They Drive Climate Action?*, 2023). As NDCs apresentadas pelos países participantes devem detalhar os seguintes conteúdos:

- Informação quantitativa relativa às emissões registadas no ano base (termo de comparação);
- Período de implantação, incluindo data de início e fim;
- Cobertura e alcance do tipo de emissões a tratar;
- Processos de planeamento;
- Pressupostos e abordagens metodológicas, incluindo as utilizadas para estimar e contabilizar emissões antropogénicas de GEE e, conforme aplicável, remoções;
- Justificação do nível de compromisso presente nas NDCs apresentadas;
- Síntese relativa à contribuição das NDCs em questão para atingir os objetivos estipulados pela UNFCC(*ES-2023-10-17 EU submission NDC update.pdf*, 2023);

Dentro deste contexto, o relatório anual apresentado pela ONU referente à disparidade de emissões registadas face às estipuladas nos objetivos do Acordo de Paris, surge como ferramenta de auxílio e previsão de futuros cenários em função das medidas e políticas em vigor. Através do relatório anual de emissões, é possível observar o progresso dos países participantes e conseqüentemente fundamentar futuras NDCs e a necessidade das mesmas. Apesar das NDCs estabelecidas apresentarem algum sucesso, de modo geral, não demonstram grande compromisso por parte dos países participantes. Os resultados obtidos geraram alguma polémica, levantando algumas questões relacionadas com a credibilidade e o compromisso que

⁶ Traduzido pelo autor: "...compromissos climáticos nacionais que cada Parte é obrigada a desenvolver, nos quais articulam como irão contribuir para a redução das emissões de GEE e para a adaptação aos impactos".

alguns países tinham para com os objetivos a que se sujeitaram cumprir. Como refere (G. Victor et al., 2022): "The Paris Agreement established formal machinery for such assessments, but it is unlikely to have much of an impact because it was designed through consensus diplomacy, which is nearly always a recipe for the lowest common denominator of what is agreeable to all"⁷. Derivado do caráter escasso das promessas realizadas durante o Acordo de Paris, e estas refletirem em grande parte, o mínimo esforço que os intervenientes estão dispostos a colocar em prática, os resultados obtidos ao longo dos anos não se verificam satisfatórios e a disparidade de emissões face às desejadas são notórias. Um dos estudos apresentados no relatório anual desenvolvido pelo programa ambiental da ONU, fundamentado em dados registados e com base no historial de emissões geradas globalmente, pretende demonstrar a influência que determinadas políticas e NDCs têm no combate às alterações climáticas. Para este efeito, foram alvo de estudo um leque de cenários com diferentes compromissos de forma a perceber o efeito que uma possível implementação de certas e determinadas promessas nos programas dos intervenientes provocaria no ambiente (United Nations Environment Programme, 2023). Na Tabela 3.1 é possível observar os vários casos de estudo abordados para uma projeção realista e ponderada face às emissões de GEE previstas para 2030, 2035 e 2050, assim como a diferença, expressa em gigatoneladas de dióxido de carbono, face aos objetivos estipulados no Acordo de Paris.

⁷ Tradução livre pelo autor: "O Acordo de Paris estabeleceu mecanismos formais para a definição de NDCs, mas é improvável que estas se demonstrem eficazes, pois foi elaborado por meio de diplomacia consensual, que quase sempre resulta no menor denominador comum do que é aceitável para todos."

Tabela 3.1- Sumário de cenários alvos de estudo para avaliação de disparidade de emissões.(United Nations Environment Programme, 2023)

Category	Scenario cases	Cut-off year	Scenario description
Reference scenario	Current policies	2022	This scenario projects the GHG implications of climate mitigation policies that have been adopted and implemented as at November 2022, including the short-term and midterm socioeconomic impacts of COVID-19. Where necessary, these implications have been adjusted to account for the impact of recent policies, such as the Inflation Reduction Act of the United States of America.
NDC scenarios	Unconditional NDCs	2023	This scenario projects the GHG implications of the full implementation of the most recent NDCs that do not depend on explicit external support (cut-off date: 25 September 2023). When extended beyond 2030, the scenario assumes a continuation of efforts at a similar level of ambition.
	Conditional NDCs	2023	Additional to the unconditional NDCs, this scenario encompasses the most recent NDC targets for which implementation is contingent on receiving international support, such as finance, technology transfer and/or capacity-building (cut-off date: November 2022). When extended beyond 2030, it assumes a continuation of efforts at a similar level of ambition.
Mid-century scenarios	Current policies continuing	2022	This scenario projects GHG implications per the current policies scenario and assumes mitigation policies continue similar reduction efforts when extended beyond 2030 (see appendix C.1).
	Unconditional NDCs plus net-zero pledges using strict criteria	2022	This scenario assumes an extension of the unconditional NDC scenario plus net-zero pledges (including those made in long-term low emissions development strategies) after 2030 that live up to strict criteria regarding the comprehensiveness of implementation plans and current emission trajectories (see also appendix C.1).
	Conditional NDCs plus all net-zero pledges	2022	This is the most optimistic scenario included. It assumes the achievement of the conditional NDC scenario until 2030 and all net-zero or other long-term low emissions development strategy pledges thereafter.

Através de diferentes suposições integradas nos modelos de aproximação, as projeções obtidas para os vários cenários objetos de estudo foram as seguintes (Tabela 3.2):

Tabela 3.2- Tabela referente a projeções de emissões globais de GEE em 2030,2035 e 2050 assim como as diferenças estimadas para os diferentes cenários.

(United Nations Environment Programme, 2023)

Scenario	GHG emissions (GtCO ₂ e)	Estimated gap to least-cost pathways consistent with limiting global warming to specific levels (GtCO ₂ e)		
	Median and range	Below 2°C	Below 1.8°C	Below 1.5°C
2030				
Current policies	56 (52–60)	16 (11–19)	22 (17–25)	24 (19–27)
Unconditional NDCs	55 (54–57)	14 (13–16)	20 (19–22)	22 (21–24)
Conditional NDCs	52 (50–55)	11 (9–15)	17 (15–20)	19 (17–23)
2035				
Current policies continued	56 (45–64)	20 (9–28)	29 (18–37)	31 (20–39)
Unconditional NDCs continued	54 (47–60)	18 (11–25)	27 (20–34)	29 (22–36)
Conditional NDCs continued	51 (43–58)	15 (8–22)	24 (17–31)	26 (19–33)
2050				
Current policies continued	55 (24–72)	35 (4–52)	43 (12–60)	46 (16–63)
Unconditional NDCs and net-zero pledges using strict criteria	44 (26–58)	24 (6–38)	32 (14–46)	36 (18–49)
Conditional NDCs and all net-zero pledges	21 (6–33)	1 (-14–13)	9 (-6–21)	12 (-2–25)

Como refere o documento, perante o cenário atual de políticas e promessas, os objetivos a atingir encontram-se distantes, daí a necessidade de renovar as NDCs propostas inicialmente para promessas ambiciosas. A projeção para um cenário de práticas de NDCs recentemente propostas sem recurso a auxílios financeiros externos, apresenta resultados relativamente melhores, contudo, escassos face às emissões desejadas. Através da introdução de NDCs ambiciosas, os resultados no domínio de redução de emissões estarão mais alinhados com os objetivos estipulados no Acordo de Paris. De modo a preconizar medidas ambiciosas no campo de redução de emissões, será necessário recorrer a fontes de financiamento externas derivados dos custos inerentes à introdução de tecnologias inovadoras e à transição para uma sociedade ecologicamente comportável.

3.3 Casos de Referência

No capítulo seguinte, pretende-se exemplificar alguns casos de áreas urbanas que já contam com medidas Net Zero na sua configuração. O capítulo tem o objetivo de sintetizar o contexto no qual a cidade se insere, o seu historial no âmbito de emissões de GEE e as medidas implementadas por forma a ambicionar uma sociedade ecológica e alcançar emissões líquidas zero. Para cada análise dividir-se-á a mesma em três matérias. O enquadramento histórico da cidade, o seu historial de emissões GEE e as Medidas e Alterações Implementadas no contexto de emissões Net Zero.

3.3.1 Barcelona, Espanha

Localizada na região Nordeste de Espanha (Figura 3.5), Barcelona é a segunda maior cidade espanhola. Com aproximadamente 1,660,000 habitantes, surge como referência no contexto global de cidades sustentáveis, destacando-se pelo seu compromisso incansável com a redução de emissões, apresentando resultados notáveis dentro deste campo. Através do estabelecimento de metas ambiciosas e estratégias eficientes, apesar da sua elevada densidade populacional, as suas entidades camarárias objetivaram desde cedo a eficiência e otimização do contexto urbanístico.



Figura 3.5- Localização geográfica de Barcelona, Espanha
(«Barcelona», 2024)

3.3.1.1 Enquadramento Histórico

Precedente à origem do conceito "Desenvolvimento Sustentável", a cidade da Catalunha apresentava avanços notórios no âmbito de Planeamento Urbanístico e o modo como este se preconizaria futuramente. Em 1858, foi desenvolvido um projeto urbanístico por parte do arquiteto e engenheiro Ildefons Cerdà, que idealizava a criação de uma cidade com ruas largas e espaços verdes. A malha urbana da cidade de Barcelona, que previamente apresentava uma configuração rudimentar, constituída por muralhas levantadas durante os tempos medievais, era extremamente condicionante para a vida urbana e originava grandes problemas para a população, limitando a forma como esta se desenvolveria posteriormente aos descatos militares (Cassou, 2020)(Figura 3.6).



Figura 3.6- Malha urbana da cidade de Barcelona em 1806

(«Plano Cerdá», 2021a)

Os seis quilómetros de muralha circundavam uma área de apenas dois quilómetros quadrados, sendo que se estimava que cerca de 40% do espaço era ocupado por edifícios militares, hospitais, conventos e igrejas (Cerdà, sem data). Derivado da sua localização geográfica, a cidade tornou-se rapidamente um ponto de referência económico, levando a um crescimento acelerado baseado na atividade portuária e indústria têxtil. Perante este panorama, outros problemas como: aumento populacional, epidemias, falta de infraestruturas sanitárias, assim como condições de vida precárias, eram normalizados dentro deste contexto urbano. Derivado da configuração confinante (rodeada por muralhas) da malha urbana da cidade (Figura 3.8), começaram a surgir movimentos de revolta contra as condições de vida às quais os cidadãos eram sujeitos (Figura 3.7).

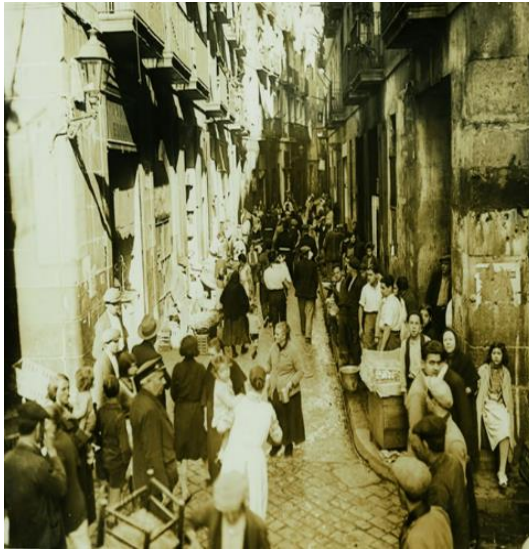


Figura 3.7- Ruas de Barcelona (1850)
(Cerdà, sem data)



Figura 3.8- Muralhas circundantes de Barcelona
(Cerdà, sem data)

Posto isto, em 1841 o Conselho Municipal de Barcelona, atendendo aos movimentos de desagrado demonstrados pela população, lança um concurso para promover a expansão e desenvolvimento urbano da cidade da Catalunha. Em 11 de Setembro de 1841 vence o concurso o médico Pedro Felipe Monlau que apresentou o projeto "Abajo las Murallas", um memorial referente às vantagens e oportunidades que a demolição das muralhas proporcionaria aos residentes de Barcelona (Monlau, 1841). A divulgação do projeto não terá sido vista com bons olhos por parte das entidades militares presentes na cidade, levando a desacatos e confrontos entre a população e as forças armadas. Como resultado, em Outubro de 1842, a fortaleza militar "Ciudadela de Barcelona", com um aspeto peculiar em forma de estrela criada para manter a cidade sobre controlo após a Guerra de Sucessão Espanhola (Figura 3.6), foi destruída. As entidades militares como resposta ao motim, bombardearam a cidade de Barcelona. Por fim, após doze anos em 1854, as muralhas caem e dá-se início à reforma urbanística da cidade catalã.

Em 1858, o "Plano de Cerdà" dá início à expansão urbana da cidade de Barcelona. O plano procurava expandir a cidade em cerca de 7 quilómetros quadrados de área posterior às muralhas originais. O projeto inicial definia uma malha urbana em que a sua configuração geométrica visava a utilização de ruas paralelas e perpendiculares intersetadas por avenidas principais, por sua vez atravessadas transversalmente por passagens diagonais (frenze, 2016). Este desenho urbano baseado numa geometria ortogonal, quarteirões definidos de forma octogonal com os cantos cortados e ruas largas (Figura 3.10), visavam promover a acessibilidade,

melhor circulação e melhor visibilidade para os habitantes da cidade nas suas atividades de mobilidade (Figura 3.9).

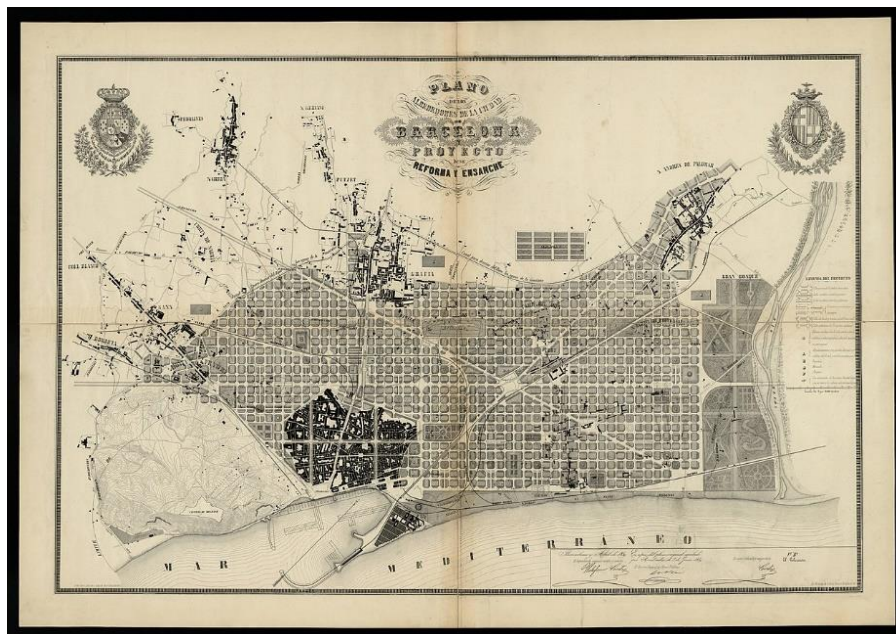


Figura 3.9- Projeto original do Plano Cerdà apresentado por Ildefons Cerdà (1859)
(«Plano Cerdá», 2021a)

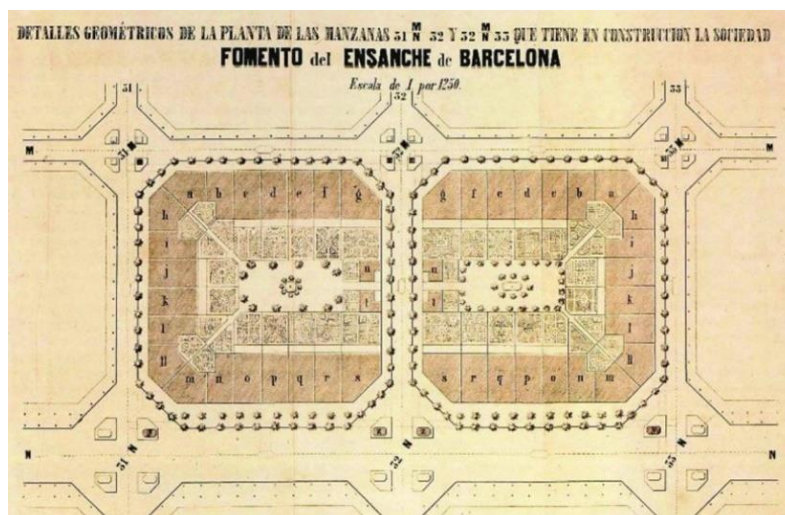


Figura 3.10- Configuração de dois quarteirões em formato ortogonal de acordo com o Plano de Cerdà (1863)
(«Plano Cerdá», 2021b)

Esta configuração de quarteirão (Figura 3.10), além dos cantos chanfrados, possuía saguões no interior dos edificadros, por forma a que os apartamentos recebessem luz, se melhorasse as condições de ventilação dos mesmos e se implementassem espaços verdes como jardins, hortas entre outros. Um pouco à imagem da sua utopia socialista, a configuração homogénea do tecido urbano projetado pretendia eliminar os títulos hierárquicos a nível social e local, assegurando que independentemente da localização de residência dos habitantes todos teriam acesso às mesmas oportunidades. Através da criação de legislação na área da construção, limitou-se a altura máxima do edificado a 16 metros, visto que antigamente edifícios mais altos eram associados a riqueza e posse, entre outras medidas no âmbito de integração social (Cassou, 2020). Agregado ao planeamento de expansão urbana apresentado, Cerdà faz referência à necessidade infraestrutural, especialmente a temáticas relacionadas com a distribuição de água potável e da sua drenagem, mencionando a importância do desenvolvimento de um plano de drenagem de águas a grande escala, assim como a criação de uma rede de distribuição de águas afeta a todos os residentes das comunidades urbanas.

Por volta desta altura começaram a surgir elétricos como meio de transporte público, acredita-se que com estes avanços em consideração, planeou a largura das ruas de forma a acondicionar possíveis inovações e adições ao contexto urbano. De acordo com o grupo empresarial "Permanyer", ao mencionar Cerdà: "He realised there would be some sort of small machines moved by steam that each driver could stop in front of their house"⁸ (Bausells, 2016). Prevendo este avanço no contexto de mobilidade urbana, o projeto inicial contava com ruas de largura de até 20 metros.

De forma a abordar de forma integral os vários desafios impostos pelo desenvolvimento urbano inerente à expansão em vista, Cerdà definiu uma estratégia de acesso a serviços. Inicialmente, o plano previa a existência de um mercado a cada 900 metros, e a cada 1500 metros: um parque, três hospitais, um cemitério, três igrejas e uma floresta (firenze, 2016). Visando a acessibilidade e facilidade de acesso a serviços por parte dos residentes, Cerdà dá os primeiros passos no âmbito da urbanização e da forma como esta se preconizaria futuramente. Através de uma abordagem metódica, considerando uma magnitude de fatores fundamentais ao contexto urbano, Cerdà é considerado como um dos pioneiros do Urbanismo e uma figura eminente no conceito atual de Planeamento e Projecção Urbana.

⁸ Tradução livre pelo autor: "Ele percebeu que, futuramente, existiriam pequenas máquinas movidas a vapor que cada motorista poderia parar à porta de sua casa".

3.3.1.2 Historial de Emissões GEE

Espanha como país tem demonstrado resultados notáveis no âmbito de redução de emissões de GEE. Encontra-se na décima primeira posição no ranking de resultados económicos da União Europeia, e, em 2023, verificou uma redução de emissões em cerca de 4,8 % e um aumento do PIB em cerca de 8% face ao exercício realizado em 2022 (*Statistics / Eurostat*, sem data).

Naturalmente, como referido anteriormente, existe uma relação direta entre as emissões geradas por determinado país ou cidade em função do número de residentes que nela habita. Posto isto, é preciso tratar cada atividade realizada no contexto de cidades populosas de forma minuciosa e holística, de modo a minimizar os impactos ambientais provenientes de más práticas nestes epicentros sociais. Barcelona sendo a segunda maior cidade espanhola, compõe cerca de 3,4% da população. Posto isto, o modo como Barcelona trata as suas emissões tem enorme preponderância no panorama ambiental espanhol. De acordo com um estudo realizado pelo Ministério de Transição Ecológica e do Desafio Demográfico da Catalunha, o historial de emissões GEE da cidade de Barcelona entre 1990 e 2022 toma a seguinte configuração (Figura 3.11):

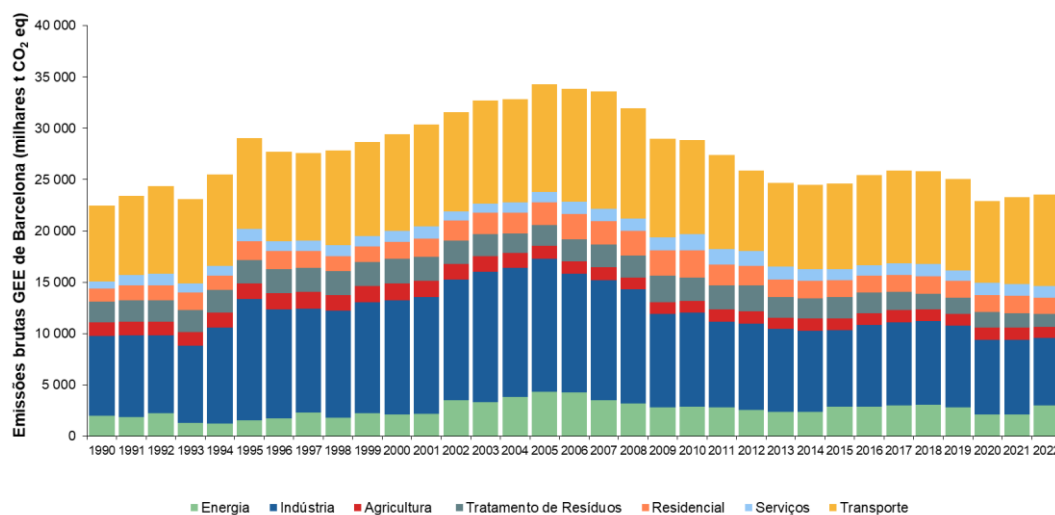


Figura 3.11- Historial de emissões GEE de Barcelona 1990-2022

(*Emisiones de GEI a Cataluña*, sem data)

É possível observar pela linha de tendência delineada pelas colunas representativas dos vários setores constituintes do gráfico, que até ao início do século 21, as emissões antropogénicas apresentavam um desenvolvimento crescente. A partir do ano de 2007, pouco depois do

Protocolo de Quioto entrar em vigor, é possível observar um decréscimo integral relevante. A quantidade excessiva de CO₂ equivalente emitido por atividades do setor industrial, nomeadamente fundamentada por processos energeticamente intensivos como produção de cimento e minerais, sofreu uma redução em cerca de 50% entre o pico de emissões registado em 2005, e os valores alcançados em 2022, refletindo os esforços contínuos em eficiência energética e adoção de tecnologias limpas (*Catalonia GHG Emissions*, sem data). Em 2022, o panorama de emissões por atividade antropogénica tomou a seguinte configuração (Figura 3.12):

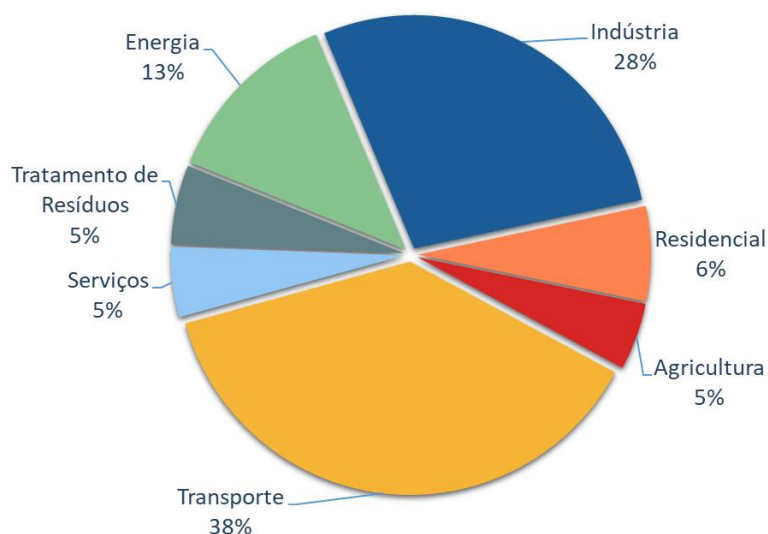


Figura 3.12- Gráfico referente a contribuição expressa em percentagem por atividade de emissões GEE; Barcelona (2022)

Perante o panorama de consumo proveniente do setor de processamento energético que engloba atividades como: transporte, produção de energia, indústria da construção e a atividade residencial, apesar de Barcelona ser das cidades menos emissoras, devido às condições meteorológicas quentes e húmidas da própria da região, a Câmara Municipal de Barcelona remete constantemente para a adoção de boas práticas por forma a não aumentar (ainda mais) a temperatura do ar. Além das altas temperaturas sentidas no Verão, a zona mediterrânica, cada vez mais, sofre de longos períodos de seca (*Barcelona Imposes Severe Water Restrictions during Worst Drought Ever*, 2024). Derivado do panorama precário dentro dos vários campos ambientais vivido em Barcelona, a Câmara Municipal procura sensibilizar os seus residentes para ambos, uma gestão eficiente e sustentável dos seus recursos hídricos e um esforço objetivo para a redução de emissões de GEE (*Balanç_Energia_2022.pdf*, 2022).

Após análise dos valores registados no Balanço Energético de Barcelona em 2022, conclui-se que as preponderâncias de fontes de consumo energético final tomam os seguintes valores (Figura 3.13):

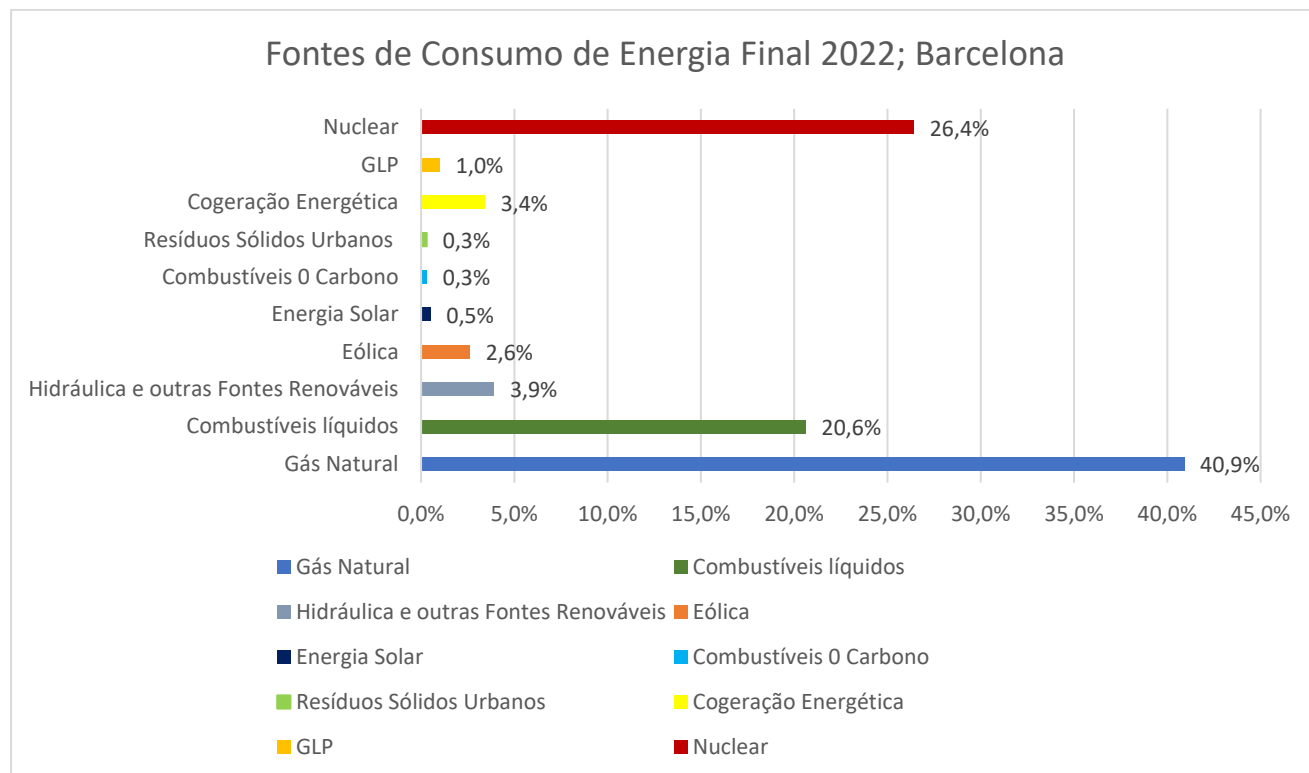


Figura 3.13- Gráfico de barras referente a fontes de consumo energético Barcelona (2022)

Adaptado de: https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/133640/1/Balanc%cc%a7_Energia_2022.pdf

Observa-se que o consumo proveniente de fontes de energia final renováveis corresponde a aproximadamente 7,3% da energia total consumida em Barcelona. Verifica-se que a energia consumida pela cidade se encontra infraestruturalmente dependente de fontes de energia não renováveis. Contudo, as alternativas energéticas utilizadas no contexto citadino de Barcelona, de acordo com um estudo apresentado pela OurWorldinData, tratam-se das soluções mais limpas no âmbito de CO₂ equivalente por Gigawatt-hora (GWh) produzido, ainda que não renováveis (Ritchie & Roser, 2024). Este destaque é atribuído principalmente ao uso de gás natural e energia nuclear, que apresentam valores de emissões de GEE reduzidos comparativamente a outras fontes de energia convencionais.

3.3.1.3 Práticas Net Zero em Vigor

Após especulação e necessidade de alteração de práticas de modo a ambicionar os objetivos estipulados no Acordo de Paris, em 2018, ano que o IPCC publica o relatório reme-
tente à urgência de intensificação de promessas no âmbito de redução de emissões de GEE, a
Câmara Municipal de Barcelona publica um plano de ação climática alinhado com as metas
estipuladas no Acordo de Paris.

O plano de ação prevê a implementação de políticas e medidas sustentáveis com o objetivo
de minimizar o impacto das alterações climáticas na cidade de Barcelona, assim como reduzir
as quantidades de emissões de GEE geradas pelas atividades ocorrentes no plano urbano.
Como referido pela anterior Prefeita da Câmara de Barcelona, Ada Colau, o plano de ação
preconiza, a médio e longo prazo, o seguinte: "It is an ambitious plan that is intended to propel
us towards a 45% reduction in greenhouse gas emissions by 2030 and turn us into a carbon-
neutral city by 2050. A plan which, as you would expect, has been co-produced by hundreds
of the city's organisations and under which we are boosting many of the measures that we had
already started implementing and which prompts us to commit to embarking on many other
initiatives"⁹ (*climate_plan_maig.pdf*, 2018). Com os objetivos definidos em vista, em conjunto
com várias organizações locais, um plano estratégico objetivo e concreto sobre as várias áreas
a abordar foi desenvolvido. O plano climático de Barcelona apresenta dados essenciais à com-
preensão do ponto de situação vivido no âmbito de emissões de GEE e a forma como estes
impactuam o dia a dia dos seus residentes. Relata como as subidas de temperatura conse-
quentes de uma má gestão de recursos e maus hábitos de consumo condicionam os residentes
a nível económico, social e afetam a saúde e bem-estar dos mesmos, enfatizando as comuni-
dades mais vulneráveis como população de faixa etária mais elevada, mais baixa, minorias en-
tre outras. Apresenta estatísticas que demonstram de forma clara a relação entre a "Pobreza

⁹ Tradução livre pelo autor: É um plano ambicioso que pretende levar-nos a uma redução de 45% nas
emissões de GEE até 2030, e transformar-nos numa cidade carbono-neutra até 2050. Um plano que,
como era de se esperar, foi coproduzido por centenas de organizações da cidade e sob o qual estamos
a impulsionar muitas das medidas que já havíamos começado a implementar e que incita a comprometer-
nos com muitas outras iniciativas".

Energética", termo que expressa a necessidade de redução de consumo energético de determinada habitação até se tornar prejudicial à saúde dos seus habitantes por incapacidade financeira (*Energy Poverty*, sem data), e a expectativa de vida dos residentes que sofrem de tais condições. Através de um índice de "Pobreza Energética" associado a cada localidade no interior da cidade de Barcelona, o documento constata o seguinte: "The average life expectancy in Barcelona is 83.9 years, according to the figures for 2015. This index is directly related to economic, social and health levels. If we compare the districts, it can be seen there is a difference of 4.3 years between life expectancy in the district with the lowest figure (Ciutat Vella, 81.4 years) and the one with the highest (Les Corts, 85.7 years)"¹⁰(«Barcelona», 2024).

Entre outras estatísticas apresentadas ao longo do documento dentro de vários campos sociais, económicos e de temáticas relevantes como segurança e saúde, o plano de ação relata os vários efeitos que as alterações climáticas têm nos vários elementos e atividades inerentes à cidade de Barcelona. Menciona problemas aos quais a cidade está diretamente sujeita, como subida do nível médio da água do mar, ondas de calor, escassez de recursos, entre outras consequências de um aumento de temperatura fundamentado por atividades antropogénicas. De modo geral, o plano de ação climático sintetiza as consequências das alterações climáticas no contexto de Barcelona:

- Saúde das pessoas e sobrevivência a alterações climática:
 - Temperaturas altas tem uma relação direta com a mortalidade, especialmente crianças e idosos;
 - Com as Alterações climáticas surgirão vetores biológicos portadores de doenças como Mosquitos Tigres que podem transmitir o seguinte: Dengue, Febre amarela, Febre do Nilo Ocidental, vírus Zika e chikungunya.

- Qualidade de vida e segurança pública:
 - Desconforto derivado de aumento de temperatura;
 - Necessidade de melhorar condições de conforto de habitações;
 - Necessidade de maior número de espaços públicos (Sombreamento, fontes, zonas de arrefecimento);

¹⁰ Tradução livre pelo autor: " A esperança média de vida em Barcelona é de 83,9 anos, de acordo com os dados de 2015. Este índice está diretamente relacionado aos níveis económicos, sociais e de saúde. Ao comparar distritos, é possível observar uma diferença de 4,3 anos entre a expectativa de vida no distrito com valor mais baixo (Ciutat Vella, 81,4 anos) e o com mais alto (Les Corts, 85,7 anos).

- Situações de emergência causadas por ondas de calor, cheias, secas ou incêndios.

- Garantia de necessidades básicas:
 - Falta de água potável derivada de ocorrência de períodos de seca;
 - Alta demanda de energia devido a temperaturas extremas.

- Custos de vida:
 - Preços de água e comida elevados;
 - Mais pobreza.

- Ambiente:
 - Extinção de espécies e desaparecimento de paisagens;
 - Aparecimento de pestes, infestações e espécies invasora;
 - Desaparecimento de praias derivado de subidas de nível do mar.

Perante este cenário precário, e através de projeções futuras considerando diferentes abordagens, foi delineado o plano de ação a seguir nos anos precedentes.

O Plano de Ação Climática de Barcelona prevê uma colaboração integral entre os membros responsáveis do conselho da cidade e os seus cidadãos, assim como a garantia de compromisso de ambas as partes de modo a atingir os objetivos definidos no plano de ação estabelecido. O documento relata os objetivos, estratégias e ações a implementar entre os anos 2018 e 2030 de modo a atingir a meta final, de até 2050, Barcelona se cimentar como uma cidade equilibrada, sustentável e de emissões de carbono líquidas neutras ou Net Zero. Vários estudos dentro do âmbito urbano foram realizados com o intuito de entender qual o rumo a tomar em função do historial de consumo energético e emissões de GEE registado até à atualidade. Para efeitos de projeções foram alvo de estudo os seguintes cenários:

- Cenário de tendência: Toma por base os esforços efetuados até à data que o documento foi desenvolvido (2017) para a elaboração de uma projeção futura.

- Cenário de Ação: Considera os vários esforços e medidas integrados no Plano de Ação Climático de Barcelona e define uma projeção realista com base nestas medidas.

Para as previsões de consumo energético e emissões geradas, o historial das seguintes variáveis foram considerados:

- População;
- PIB;
- Mobilidade;
- Área de implantação;
- Padrões de consumo energético.

No âmbito de consumo energético, até 2030 prevê-se o seguinte (Tabela 3.3):

Tabela 3.3- Projeções de consumo energético até 2030.

Adaptado de: https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/climate_plan_maig.pdf

Cenário de Tendência (até 2030)	Cenário de Ação (até 2030)
Prevê-se um aumento de 0,14% no consumo total energético, enquanto que o consumo por habitante desce em cerca de 1,99% derivado da previsão de aumento populacional.	Ao colocar em prática as medidas que constam no Plano Climático espera-se que o consumo energético por habitante reduza em cerca de 29,48%, que equivale a uma descida de consumo anual em cerca de 2,46% (2016-2030).
<p>Por fonte de energia:</p> <p>Gás Natural: Aumento de consumo em cerca de 9%.</p> <p>Eletricidade: Aumento de consumo em cerca de 13,5%.</p> <p>De modo geral existirá uma descida de consumo em cerca de 22,7% de combustíveis fósseis em veículos automóveis e 62,2% no caso de gases petrolíferos liquidificados.</p>	<p>Por fonte de energia:</p> <p>Gás Natural: Redução de consumo em cerca de 13,5%.</p> <p>Eletricidade: Redução de consumo em cerca de 12,8%.</p> <p>Espera-se um uma redução em cerca de 63,7% no caso de combustíveis fósseis para veículos automóveis e 62,2% no caso de gases petrolíferos liquidificados.</p>

<p>Por setor:</p> <p>Comercial: Estima-se que este será o setor responsável pelo maior aumento de consumo, em grande parte elétrico derivado de uma maior utilização de ar condicionado.</p> <p>Doméstico: Espera-se que o consumo estabilize depois da descida em anos recentes, apesar do crescimento de consumo de eletricidade devido ao aumento de utilização de aparelhos eletrônicos e maior demanda de uso de ar condicionado.</p> <p>Industrial: É previsto um aumento devido a um maior consumo de gás natural por forma a recuperar economicamente, contudo as aplicações das medidas de eficiência presentes no plano atual levarão à redução de consumo energético neste setor.</p>	<p>Por setor:</p> <p>Transporte: Estima-se uma redução de consumo energético em cerca de 49,4%.</p> <p>Comercial: Espera-se uma redução em cerca de 9,44% de consumo energético.</p> <p>Industrial: Prevê-se uma redução em cerca de 5,27%</p> <p>Doméstico: Calcula-se uma redução em cerca de 3,35% de consumo energético.</p> <p>Restantes setores: Advém-se uma subida de consumo energético em cerca de 9,51%.</p>
--	---

Dentro do campo de emissões de GEE libertas para a atmosfera, os estudos realizados definiram os seguintes resultados (Tabela 3.4):

Tabela 3.4- Projeções de emissões de GEE até 2030.

Adaptado de: https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/climate_plan_maig.pdf

Cenário de Tendência (até 2030)	Cenário de Ação (até 2030)
<p>Com o encerramento de plantas nucleares como fonte de energia e com a utilização intensa de fontes de energia renováveis prevista na Lei de Mudanças Climáticas da Catalunha (1 de Agosto de 2017), o fator de emissões proveniente de consumo elétrico irá aumentar, levando a um crescimento em cerca de 17,7% de emissões geradas em 2030.</p>	<p>Prevê-se que ao introduzir as medidas presentes no Plano de Ação, as emissões de GEE deverão descer em cerca de 18,22% por habitante comparativamente com o ano 2016 e em cerca de 45% comparando com 2005 (ano de pico de emissões).</p>

<p>Por fonte de energia: Emissões provenientes de consumo de gás natural devem subir em cerca de 9% e as de consumo elétrico em cerca de 102%, enquanto as causadas por combustíveis fósseis para veículos automóveis e gases liquidificados de petróleo descerem em cerca de 24,52% e 62,2% respetivamente.</p>	<p>Por fonte de energia: Deverá verificar-se uma descida abrupta em ambos combustíveis fósseis para veículos automóveis e gases liquidificados de petróleo (62,26% e 65,23% respetivamente). Por outro lado, estima-se um aumento em cerca de 58,87% de emissões derivado do consumo elétrico. Calcula-se que os GEE provenientes de tratamento de resíduos devem descer em cerca de 38,19%.</p>
<p>Por setor:</p> <p>Transporte: As emissões reduzir-se-ão derivado da reforma de frota automóvel (previsão de 15% veículos elétricos nas estradas de Barcelona). Veículos movidos a gás natural serão mais recorrentes derivado das baixas emissões de substâncias tóxicas (óxidos de azoto, dióxido de azoto, e menos 20% de CO2 por km percorrido)(<i>Gás Natural Veicular / Sobre o Gás Natural / Portgás</i>, sem data).</p> <p>Tratamento de Resíduos: Emissões serão as mesmas.</p>	<p>Por setor:</p> <p>Estima-se que apenas os setores de Transporte e tratamento de resíduos municipais devem reduzir as suas emissões, contudo, prevê-se uma descida significativa.</p>

Definiu-se a linha de evolução de toneladas de dióxido de carbono equivalente por habitante anualmente, e como esta varia em função da abordagem tomada. A projeção encontra-se no seguinte gráfico (Figura 3.14), sendo que a linha azul representa a abordagem de acordo com o Plano de Ação Climático a adotar e a linha laranja de acordo com as medidas e programas introduzidos até à data.

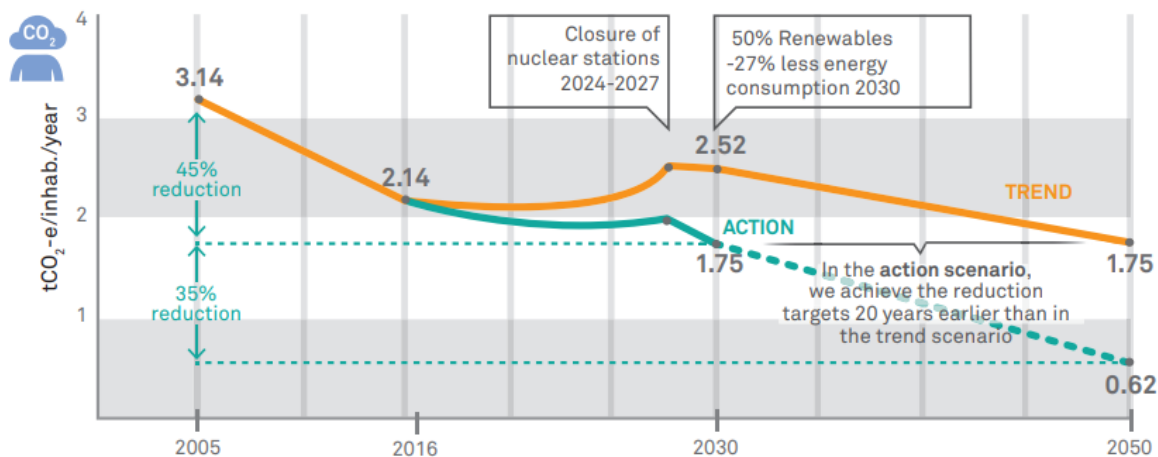


Figura 3.14- Evolução de emissões de GEE por habitante até 2050 em Barcelona.

(*climate_plan_maig.pdf*, 2018)

O documento refere os objetivos a atingir através de metas numericamente concretas dentro dos vários campos associados ao meio urbano da cidade de Barcelona. As metas a cumprir até 2030 definidas no plano de ação são as seguintes:

- Reduzir mobilidade através de veículos privados em cerca de 20%;
- Aumentar a energia solar gerada em cerca de 5 vezes;
- Renovar energeticamente 20% dos edifícios residenciais com mais de 40 anos;
- Aumentar os espaços verdes em aproximadamente 1 quilómetro quadrado;
- Obter 100% de financiamento limpo;
- Alcançar uma média de consumo doméstico de água potável diário inferior a 100 litros por habitante;
- Inexistência de casos de Pobreza Energética;
- Alocar 1,2 milhões de euros em subsídios para projetos colaborativos de cidadãos.

Dentro deste enquadramento, Barcelona tem aderindo gradualmente a medidas alinhadas com os objetivos ambiciosos especificados no plano de ação apresentado em 2018. Dando continuação ao trabalho realizado previamente, a Câmara Municipal de Barcelona participa ativamente na luta contra as alterações climáticas.

Várias ações concretas têm sido tomadas no âmbito de mitigação de emissões. Desde a frota automóvel à reforma de elementos do tecido urbano, as entidades camarárias em cooperação com os residentes realizam esforços e implementam conceitos alinhados com as mitigações

objetivadas. É possível observar no perfil de emissões do ano 2022 (Figura 3.12), assim como na década anterior (Figura 3.11), que o setor de transporte contabiliza o maior número de GEE libertos para a atmosfera. Não indiferentes a este aspeto, as entidades responsáveis pela mobilidade urbana de Barcelona dão continuidade à introdução de medidas dentro deste âmbito. Várias medidas surgem com o objetivo de guiar a população de Barcelona para a utilização de formas de mobilidade sustentáveis.

Através da introdução de zonas de baixas emissões (Figura 3.15**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**), zonamentos onde apenas veículos qualificados com os níveis 0, ECO, C ou B podem circular sem restrições, a câmara de Barcelona pretende motivar a utilização de transportes públicos, ciclovias ou veículos de emissões reduzidas e, conseqüentemente, reduzir os gases poluentes libertados para a atmosfera. Introduzido no regulamento a 1 de Janeiro de 2020, é restringido o acesso a veículos à exceção dos qualificados com as tipologias referidas anteriormente, de segunda a sexta feira, das sete da manhã às oito da noite todas as semanas. Caso os utilizadores violem o regulamento estipulado para esta zona, sujeitam-se a pagar uma coima de 200 euros, agravada em cerca de 30% caso a contraordenação ocorra durante um episódio climático (*What Is the Barcelona Ring Roads Low Emission Zone?*, 2020). A zona de baixas emissões contabiliza cerca de 95 quilómetros quadrados da área de Barcelona (*What Is the Barcelona Ring Roads Low Emission Zone?*, 2020). A sinalização referente à entrada da sua periferia abrangente apresenta-se na Figura 3.16**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**:

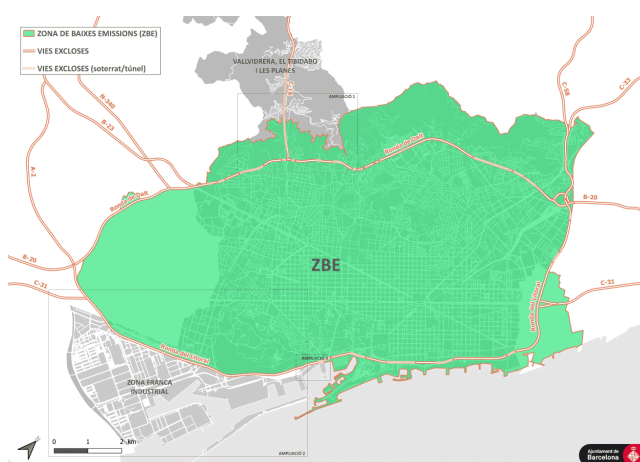


Figura 3.15- Zona de Baixas Emissões da cidade de Barcelona

(LEZ - Mobilitat - Àrea Metropolitana de Barcelona, 2020)

Figura 3.16- Sinalização referente à entrada em zona de baixas emissões

(LEZ - Mobilitat - Àrea Metropolitana de Barcelona, 2020)

A lei revista anualmente, restringe gradualmente diferentes veículos em conformidade com o seu rótulo ambiental. Esta ação visa promover a mobilidade sustentável e a melhoria da qualidade do ar. Sendo a maior zona de baixas emissões do sul da Europa, é uma prova do compromisso da cidade e dos seus representantes no combate às alterações climáticas.

Dentro do campo de mobilidade sustentável, outra medida que entrou em vigor no final de 2017, trata-se do cartão verde metropolitano (Figura 3.17).



Figura 3.17- Cartão verde metropolitano da cidade de Barcelona

(T-Verda Metropolitana - Mobilitat - Àrea Metropolitana de Barcelona, 2017)

O cartão verde metropolitano é um título de transporte pessoal de utilização ilimitada e gratuita de todos os serviços de transporte público durante três anos. Este tipo de ingresso é facultado aos residentes que se comprometam com sucatear os seus veículos privados não detentores de rótulos ambientais. O projeto motiva ambos, utilização de meios de transporte públicos e descarte de veículos emissores de GEE, promovendo uma melhor qualidade de vida e mitigando a possibilidade de ocorrência de problemas de saúde para os utentes da cidade e da sua infraestrutura.

Além dos esforços realizados dentro do campo de mobilidade, vários projetos e iniciativas despertam no âmbito de mitigação de emissões de GEE. Através da implementação de novas tecnologias e projetos, a infraestrutura associada a estas fontes de emissões é alvo de reforma e investimento por parte das entidades camarárias e empresas da cidade de Barcelona. Medidas como as referidas acima tomam maior importância derivado da situação climática vivida na cidade. No dia 2 de Fevereiro de 2024 foi declarado estado de emergência em toda a Catalunha. As reservas de água atingiram o nível mais baixo alguma vez registado na história da região espanhola, indicando uma percentagem de reservas de águas superficiais inferiores

a 16%. Este cenário leva a novos limites e restrições de consumo de recursos hídricos em particular para o setor industrial e agrícola. Indicações para reduções em cerca de 20% em irrigação agrícola e proibição de regas em parques públicos (*Catalonia declares drought emergency, extending restrictions to Barcelona | Catalonia | The Guardian, 2024*). As seguintes medidas foram tomadas em conformidade com o panorama de emergência declarado:

- Piscinas públicas e privadas serão fechadas à exceção de centros desportivos;
- Reservas de águas subterrâneas serão utilizadas para a hidratação de aproximadamente 35,000 árvores;
- Chuveiros de praia, fontes ornamentais em locais turísticos entre outras fontes utilizadoras de recursos hídricos serão fechadas.

De acordo com o presidente da região da Catalunha existem áreas onde não chove há aproximadamente três anos, descrevendo a situação atual como a pior seca da história moderna. Apesar do cenário precário decorrente em Barcelona, derivado da construção do maior centro de dessalinização da Europa após o período de seca sentido no ano de 2008, esta tem servido de fonte de abastecimento da cidade em cerca 33% da sua água potável nesta fase adversa (Water Recycling, 2023)(Figura 3.18). Derivado do seu consumo energético elevado, as fontes de energia renováveis demonstram-se insuficientes para a demanda dos processos de transformação de recursos hídricos, levando à geração de mais emissões de GEE (*Catalonia declares drought emergency, extending restrictions to Barcelona | Catalonia | The Guardian, 2024*).



Figura 3.18- Central de dessalinização de Barcelona "Desalinizadora del Prat"

(*Desalinizadora del Prat*, sem data)

Contudo, por forma a aumentar a oferta de energia renovável, o governo espanhol realizou um forte investimento em alternativas sustentáveis. Em 2022, Espanha foi o segundo maior instalador de energia solar da União Europeia (*New report reveals EU solar power soars by almost 50% in 2022 - SolarPower Europe, 2022*). Além de um investimento a rondar os 50 milhões de euros por parte do Ajuntament de Barcelona em alternativas renováveis, e até 2030, uma projeção de aumento de produção de energia renovável a rondar os 66% no interior da cidade, vários projetos interativos surgem para motivar investimento desta natureza (*Water Recycling, 2023*).

Um exemplo de projeto interativo trata-se do mapa energético de Barcelona desenvolvido pela Câmara Municipal. O mapa energético de Barcelona explicita o potencial solar e minieólico de todos edifícios da cidade de Barcelona (*Mapa, 2024*). Com base nas características do

edifício, como a localização, área de cobertura e cêrcea, precisa os seguintes dados de rendimento associados à instalação de tecnologias de geração energética renovável:

- Potência Instalável [kW];
- Energia gerada [kWh/ano];
- Redução de GEE emitidos [kgCO₂eq/ano];
- Investimento estimado [€];
- Custo de manutenção estimado [€/ano];
- Poupança financeira estimada [€/ano].

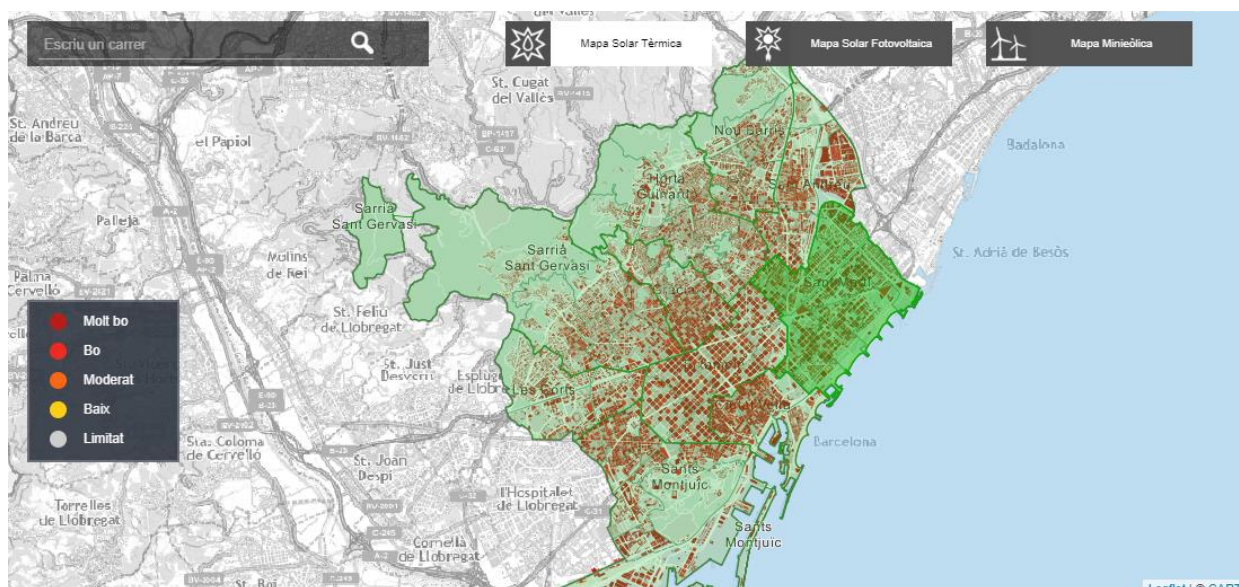


Figura 3.19-Mapa energético de Barcelona

(Mapa, 2024)

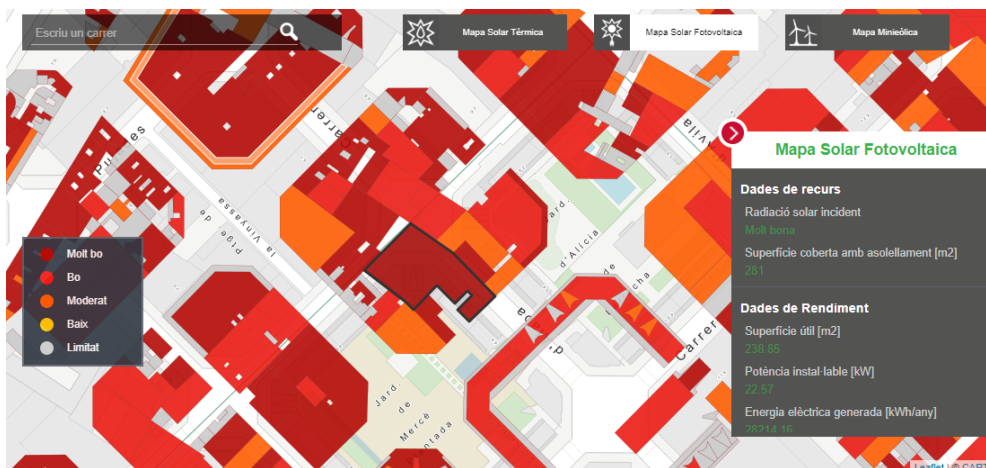


Figura 3.20- Potencial energético de edifício de acordo com Mapa Energético de Barcelona (Mapa, 2024)

Ferramentas como o mapa energético de Barcelona acabam por desempenhar um papel crucial no Desenvolvimento Sustentável e eficiência energética da cidade. Ao facultar informação detalhada e fidedigna relativa a consumos e produção de energia renovável, este tipo de ferramenta, além de atrair possíveis investidores e criar oportunidades a nível de geração de projetos limpos, promove o envolvimento dos moradores na adoção de tecnologias sustentáveis, contribuindo para uma maior independência energética e consequentemente, redução integral da pegada de carbono oriunda do consumo energético não renovável de Barcelona.

3.3.1.4 Conclusão

Entre outros projetos e ações, Barcelona procura gradualmente atingir os seus objetivos climáticos. Conta com a colaboração das entidades camarárias responsáveis pela definição de políticas e medidas alinhadas com as metas estipuladas no âmbito de redução de emissões de GEE.

Ao analisar o contexto histórico e o planeamento urbano delineado para a cidade de Barcelona ao longo dos séculos, é possível perceber a complexidade da sua evolução. Desde a malha urbana preconizada por Ildefons Cerdà até ao tecido urbano que hoje envolve a cidade da Catalunha, verificam-se os esforços realizados pelos intervenientes nas matérias de acessibilidade, sustentabilidade e eficiência.

Observou-se as práticas contemporâneas adotadas por forma a mitigar as emissões inerentes às atividades antropogénicas geradas no contexto urbano, dando destaque ao plano de ação climática definido e acordado por parte das entidades governamentais da Catalunha.

Foram alvo de análise as políticas e ações implementadas no campo de mobilidade em Barcelona, destacando as medidas adotadas para incentivar o uso de meios de transportes sustentáveis, assim como exemplos significativos de reformas infraestruturais e do funcionamento de fontes setoriais emissoras de GEE.

Constata-se que cada medida implementada reflete um compromisso sério com a redução das emissões e a transição para um modelo urbano eficiente, acessível e mais sustentável. Dentro do contexto que se vive na cidade de Barcelona, este desafio que para alguns toma um caráter passivo, para a cidade da Catalunha torna-se uma obrigação.

3.3.2 Singapura

Localizada no extremo sul da Península Malaia, separada pelo Estreito de Jor a Norte e pelo Estreito de Singapura a Sul, a Cidade-Estado de Singapura aos dias de hoje apresenta-se como referência e exemplo a seguir no âmbito do Desenvolvimento Sustentável (Figura 3.21). Com uma população composta por 6,014,723 habitantes, trata-se da terceira cidade do mundo com maior densidade populacional, registrando 8,359 habitantes por quilómetro quadrado. Apesar da sua densidade populacional notável, é um exemplo de prosperidade económica sem descartar os restantes fatores constituintes da sociedade. Singapura trata-se da manifestação urbana da definição de Desenvolvimento Sustentável e como é possível florescer nos vários pilares constituintes da sociedade sem comprometer os recursos naturais e bem-estar das gerações futuras.

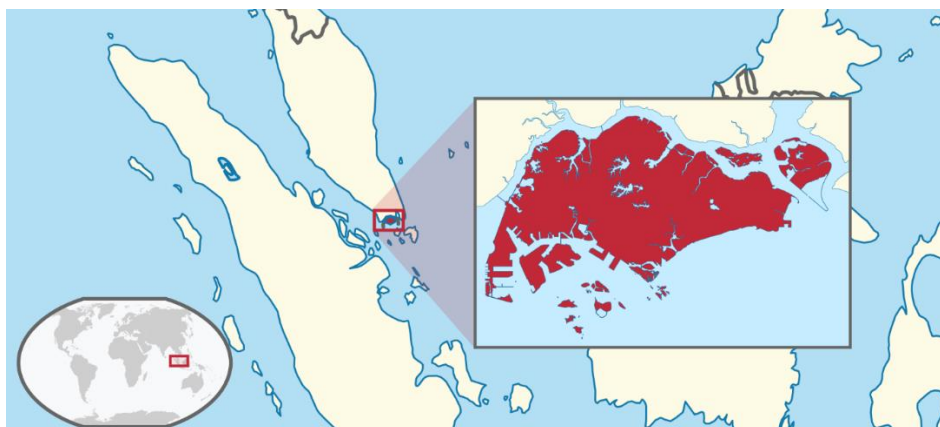


Figura 3.21- Localização geográfica de Singapura
(«Singapura (estado da Malásia)», 2021)

O facto de se tratar de um território insular torna a Cidade-Estado de Singapura frágil face a eventuais alterações climáticas. Situações derivadas do aquecimento global como: elevação do nível do mar, ondas de calor e precipitações extremas podem ser devastadoras considerando o contexto geográfico em que se insere. Perante este cenário precário, as entidades governamentais procuram de forma proativa inserir mecanismos de resiliência climática no plano urbano por forma a mitigar a possibilidade de catástrofes climáticas.

3.3.2.1 Enquadramento Histórico

Derivado da sua localização geográfica situada em corredores marítimos importantes, Singapura tornou-se um ponto de estratégia aliciante para fins de comércio e trocas de bens. Em 1819, o agente colonial britânico Thomas Stamford Raffles negociou a posse de um porto situado na ilha de Singapura por forma a estabelecer um ponto de troca de bens com o Oriente. No ano de 1824, é acordado entre o governo britânico e holandês a posse dos terrenos situados no sudeste asiático, consolidando o controlo inglês sobre a ilha e permitindo o desenvolvimento da mesma. Devido às condições encontradas na ilha, Stamford Raffles definiu um plano de utilização de solo conhecido como o "Plano da cidade de Raffles" ou "Plano de Jackson" no final do ano de 1822, sendo publicado apenas no ano de 1828. O plano da cidade foi definido de acordo com a visão de Thomas Raffles e dava especial importância à zona ribeirinha (*Sir Thomas Stamford Raffles and the Foundation of Singapore*, 2022). Os intervenientes na formulação do plano desenvolveram o projeto à base da visão de Raffles, acreditando que Singapura seria "(...) um local de magnitude considerável e importância" e que "(...) uma distribuição económica e adequada do terreno destinado a formar o epicentro da cidade era um objeto de primeira importância" («Singapura (estado da Malásia)», 2021). Através da sua experiência adquirida ao longo das viagens realizadas pelas várias colónias inglesas, Raffles planeou a alocação de terrenos com base nos prós e contras dos vários planeamentos desenvolvidos nas colónias britânicas. O planeamento previa um forte como residência governamental, visto que este se encontrava num plano de maior altitude representando a força máxima da cidade como observado em uma das suas visitas a Calcutá, cidade colonial da Índia, que mais tarde se viria a denominar como "Forte de Canning"(Figura 3.22), ao invés de "Colina de Singapura", nome definido originalmente.



Figura 3.22- Forte de Canning visualizado desde o rio de Singapura no final do século 19
(«Fort Canning Hill», 2024)

Entre outras medidas, Raffles era apologista da inclusão de parques, áreas verdes e jardins, visto que estes eram indicadores de prosperidade. Zonas verdes como Padang, na altura indicado como "Open Square" ou "Quadrado Aberto" e os Jardins Botânicos de Singapura, foram exemplos de zonas referenciadas por Raffles no seu planeamento (Figura 3.23, Figura 3.24).



Figura 3.23- Campo Padang em Singapura
(The Padang, sem data)



Figura 3.24- Jardim Sundial, Singapura
(Viajónários, 2020)

O planeamento previa uma divisão da cidade pelas diferentes comunidades emigrantes presentes em Singapura. Europeus, chineses, indianos, árabes e bugis seriam alocados a um determinado território ao longo da área abrangente. Esta segregação era considerada necessária por Raffles, assim como a distinção entre residentes permanentes e temporários, bem como, entre residentes comerciantes e comerciantes itinerantes («*Plan of the Town of Singapore*», Also Known as the "*Jackson Plan*", Singapore, 1828, Lithograph, 2019). A disposição do tecido urbano planeado por Raffles encontra-se na Figura 3.25:

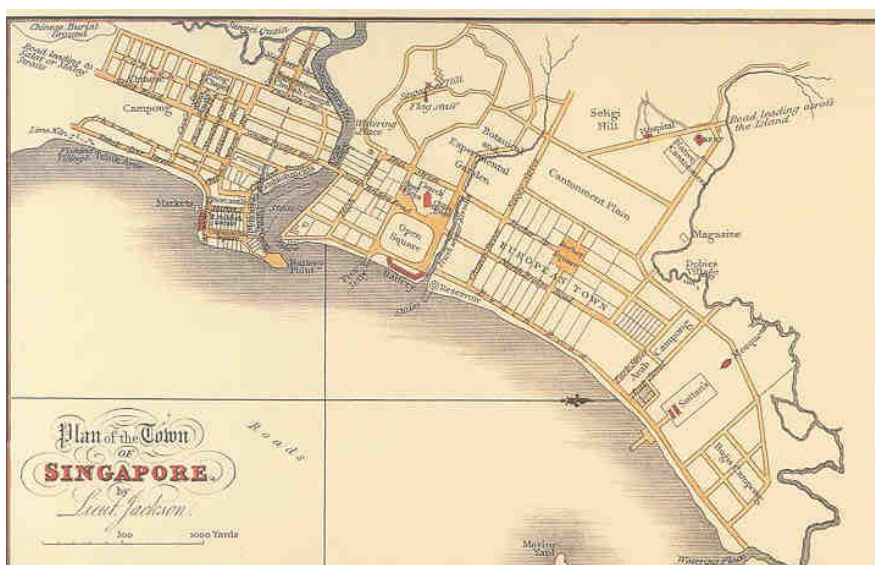


Figura 3.25- Plano da cidade de Raffles (1882)

(«Jackson Plan», 2023)

No início do século XX, na cidade de Singapura a sobrepopulação e as condições de vida dos residentes demonstravam-se precárias. A necessidade de reforma urbana era evidente perante o cenário vivido. Com o surto de veículos motorizados, as ruas tornavam-se congestionadas, surgiam áreas marginalizadas e as condições sanitárias deterioravam-se. Entre outros problemas, o cenário era o resultado de um planeamento urbano ultrapassado e inapto para o crescimento urbano decorrente. Perante este contexto e por forma a aliviar os problemas urbanos sentidos, em 1927 foi estabelecido o "Singapore Improvement Trust" (SIT), um grupo encarregue de melhorar a infraestrutura da cidade e a capacidade da mesma de responder aos problemas urbanos recorrentes.

Além das medidas concretas introduzidas na cidade de Singapura, em 1951 o grupo SIT ficou encarregue do desenvolvimento de um plano de reforma integral da ilha de Singapura e a forma como o crescimento urbano se deveria preconizar. O plano de ação completo foi denominado de "Master Plan" e foi apresentado no ano de 1955 e aprovado a 1958. Este projeto definia elementos chave e uma especificação exaustiva dentro do âmbito de ocupação de terreno e a forma como este deveria ser utilizado. Instruções referentes à tipologia e intensidade de desenvolvimento inerente a cada troço de solo, assim como indicações como proporções máximas de lote e densidade residencial eram algumas das imposições presentes no plano de ação apresentado. O planeamento contava com áreas destinadas a uso infraestrutural, instalações comunitárias, espaços abertos e por forma a aliviar o centro, previa o desenvolvimento de novos pontos urbanos ao longo da ilha de modo a descentralizar a cidade de Singapura

(*History of urban planning in Singapore*, 2016). Cada zona da cidade foi alvo de estudo meticoloso, com uma análise detalhada das características físicas, socioeconómicas e culturais de cada ponto da ilha. Com base neste estudo íntegro, definiu-se o tecido urbano considerado ideal para Singapura (Figura 3.26, Figura 3.27).

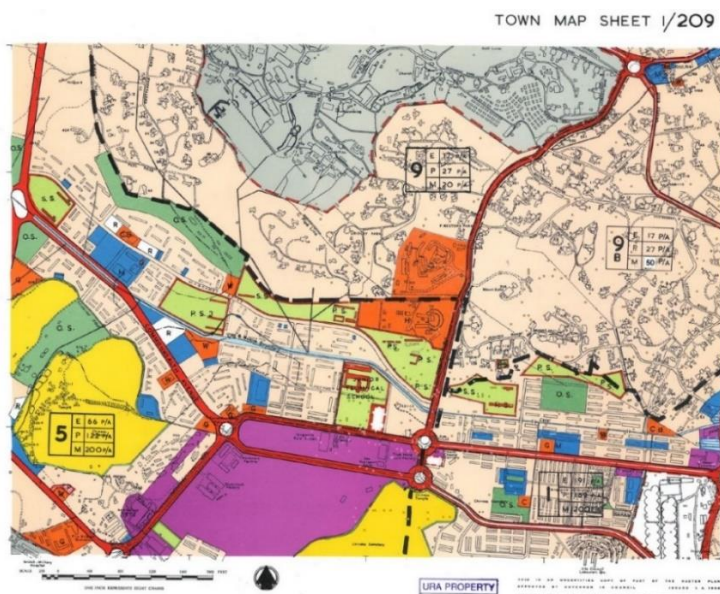


Figura 3.26- Mapeamento urbano da Zona Sul de Singapura no plano de 1958
(*Republic of Singapore - Master Plan 1958*, sem data)

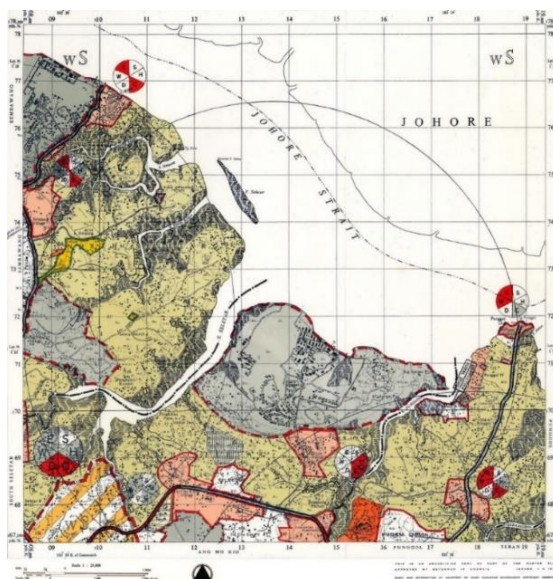


Figura 3.27- Mapeamento da zona Nordeste de Singapura no plano de 1958
(*Republic of Singapore - Master Plan 1958*, sem data)

Consultar Anexos

Derivado da natureza de planeamento urbano presente no plano de 1958 e do seu desenvolvimento basear-se em princípios e fundamentos de projeção britânicos, este previa um crescimento urbano lento e controlado. Era apologista da construção de edifícios com valores de cêrcea reduzidos e defendia uma clara distinção entre as funções da área central da cidade, que deveria abrigar funções industriais, e a sua periferia, prevendo uma ocupação residencial autónoma (*Republic of Singapore - Master Plan 1958*, sem data).

Um ano depois da introdução do plano de ação, no ano de 1959, Singapura torna-se um estado auto governante e juntou-se à Federação da Malásia durante quatro anos. Pouco depois da apresentação do Master Plan de 1958, o governo de Singapura rapidamente identificou a inadequabilidade do plano face às mudanças socioeconómicas decorrentes. Dentro deste contexto, surgiu a necessidade de desenvolvimento de um novo plano de ação. Devido a conflitos e contestação política relativamente à importância da cidade de Singapura dentro da Federação da Malásia, assim como tensões étnicas e raciais entre as comunidades asiáticas e malaias coabitantes da cidade de Singapura, o processo de planeamento urbano e o modo como a nova intervenção urbana se formularia foi altamente contestado e condicionado. Perante o cenário de instabilidade política e social, o governo de Singapura, com auxílio da ONU, iniciou a formulação de um plano urbano a longo-termo que abordasse as temáticas débeis dentro do contexto citadino de Singapura. Entre 1962 e 1963, os representantes da ONU visitaram a cidade e através da recomendação dos mesmos, surge em 1967 o departamento "State and City Planning" (SCP) ou "Projeto de Planeamento da Cidade e do Estado de Singapura". Para o governo, as seguintes temáticas deveriam ser endereçadas no projeto a desenvolver pela SCP:

- Planeamento Abrangente do Uso do Solo;
- Desenvolvimento de rede de transporte integrada;
- Planeamento ambiental e promoção de práticas de DS;
- Desenvolvimento económico.

Em conjunto com a ONU, o SCP completou o Projeto de Planeamento no ano de 1971, ficando denominado de "Concept Plan".

O plano visava guiar o desenvolvimento físico da cidade de Singapura ao longo dos próximos 20 anos. Ao contrário do plano de 1958, que apresentava todo os detalhes associados à área de implantação e parâmetros de densidade populacional a cumprir, este plano apresentava de

forma generalizada as áreas onde o governo pretendia intervir no âmbito de políticas de transporte e alocação de terreno. O tecido urbano projetado no Plano Conceptual estava definido por forma a servir quatro milhões de residentes e tomava a configuração de vários anéis, sendo que no centro dos mesmos se localizava uma vasta área natural e na sua periferia uma série de zonas residenciais interligadas por estradas em forma radial. Constituídas em grande parte por habitação social com densidade média e alta, as zonas residenciais deveriam estar interligadas entre si, assim como com o centro da cidade e o estado industrial de Jurong, dois pontos de referência a nível económico e de geração de emprego através de meios de transporte. Por forma a integrar a componente ambiental na definição do plano, as zonas residenciais deveriam estar separadas por parques e espaços verdes. O plano infraestrutural apresentado no projeto foi instrumental no campo de desenvolvimento da rede de transporte e mobilidade de Singapura. A introdução do aeroporto de Changi, o sistema de rede ferroviária "Mass Rapid Transit" (MRT) ou "Trânsito Rápido em Massa" e as redes de transporte que percorrem a ilha são resultado das estratégias de ocupação de terreno definidas no Plano Conceptual de 1971 (*Past Long-Term Plans*, 2014) (Figura 3.28).



Figura 3.28- Estrutura do Plano Conceptual desenvolvido em 1971
(*Past Long-Term Plans*, 2014)

Após os 20 anos projetados para a integração do Plano Conceptual, em 1991 o plano foi revisto e alterado em conformidade com os avanços registados pela comunidade de Singapura. No início da década de 90, Singapura estava próxima de ser considerada uma Cidade-Estado desenvolvida e todos os problemas associados à era pós-colonial teriam sido tratados de forma

efetiva. Apesar da densidade populacional, o país apresentava uma economia forte e o PIB mais alto per capita da Ásia, superando o de países desenvolvidos como Japão, Coreia do Sul e Hong Kong. Perante este contexto, os governantes e projetistas encarregues de revisitar o tecido urbano tinham como objetivo tornar Singapura numa "Cidade Tropical de Excelência", que de forma holística e equilibrada combinasse todas as atividades realizadas no contexto urbano como trabalho, lazer, cultura e comércio com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes da cidade. O plano de 1991 introduziu corredores verdes de ligação compostos por parques, linhas de água entre outros zonamentos recreativos naturais.

De forma a fomentar oportunidades de emprego mais acessíveis aos residentes alojados nas periferias da ilha, no plano de 1991 foi apresentada uma proposta de alteração de configuração de planeamento, transitando o tecido de uma geometria em forma de anel, como prevista no Plano Conceptual de 1971, para uma configuração em forma de constelação de modo a aliviar a pressão e o congestionamento do centro da cidade. Naturalmente, agregadas a esta proposta, novas alternativas a nível de mobilidade, acessibilidade e infraestrutura foram alvo de estudo e propostas na fase de projeção urbana (Planning a Nation, 2014). Após revisão do plano, a disposição da ilha tomou a seguinte fisionomia (Figura 3.29):

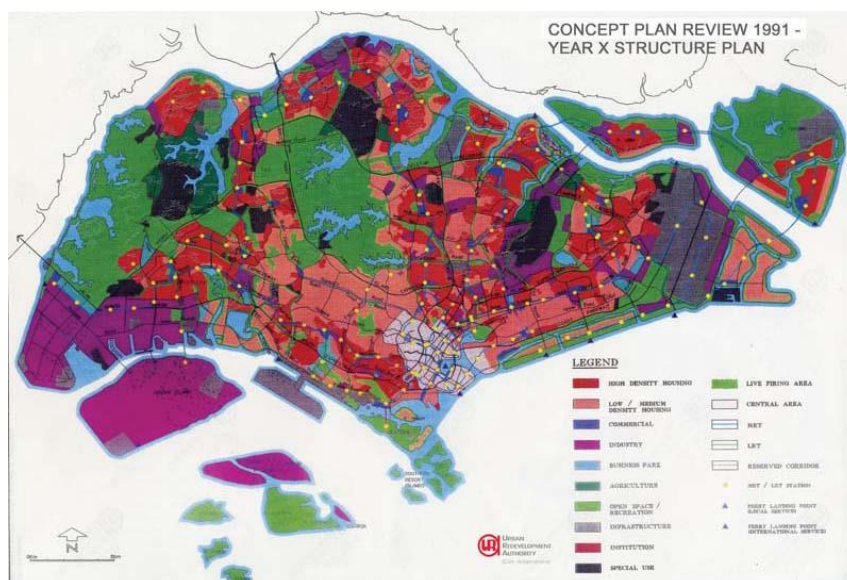


Figura 3.29- Plano Conceptual de Singapura Revisto (1991)

(*Planning a Nation*, 2014)

Outro problema abordado na conceção do Plano Conceptual Revisto de 1991, foi a conservação de património nacional da cidade de Singapura. Derivado do crescimento populacional acelerado e necessidade de construir habitação, vários edifícios históricos foram demolidos.

Dadas as condições de ocupação de terreno e a densidade populacional que a cidade enfrenta, ao invés da demolição destes edifícios, um programa de conservação foi colocado em vigor por forma a reabilitar, reformar e restaurar edifícios em concordância com o seu valor histórico, arquitetónico, cultural, económico e tipologia de utilização.

Entre outras intervenções ao longo dos anos, a gestão urbana da cidade de Singapura e o modo como as entidades responsáveis procuram idealizar o quotidiano dos seus residentes com base em revisões frequentes do tecido urbano e introdução de políticas sustentáveis é, aos dias de hoje, uma referência dentro deste campo. A abordagem proativa e inovadora da estruturação urbana de Singapura é um exemplo emblemático de como o planeamento urbano pode ser integrado com a sustentabilidade para criar centros urbanos climaticamente resilientes e vibrantes.

Apesar das peripécias enfrentadas ao longo da sua história, Singapura emergiu como uma potência de DS devido à sua capacidade de adaptação e reinvenção face aos desafios ambientais e sociais decorrentes. Desde as suas raízes como uma pequena colónia portuária até à sua cimentação como metrópole global, através de políticas progressivas, investimento em infraestrutura verde e uma abordagem inclusiva na fase de definição do planeamento urbano, Singapura demonstrou ser uma referência de crescimento económico, qualidade de vida e preservação do ambiente.

3.3.2.2 Historial de emissões GEE

Singapura como nação procura uma adoção holística de práticas sustentáveis e eficientes. Dadas as circunstâncias vividas e o fenómeno urbano relativo a uma densidade populacional excessiva, as várias políticas no âmbito de práticas de consumo e conservação de recursos tomam especial importância. De modo a assegurar uma qualidade de vida aceitável e garantir estabilidade económica face ao contexto frágil em que se insere, Singapura e os seus governantes, apesar dos esforços nos restantes campos da sociedade, apresentam valores insatisfatórios no domínio de emissões de GEE. Singapura, como vários países emissores de gases antropogénicos, é significativamente dependente na queima de combustíveis fósseis para a sua geração de energia. Agregado à demanda exponencial dos seus residentes, a área de implantação escassa para soluções de geração de energia sustentáveis torna o cenário débil no âmbito da reforma de consumo energético da cidade.

A partir de 1965, anos posteriores à saída de Singapura da Federação da Malásia, o crescimento económico baseado principalmente na indústria demonstrava-se altamente poluente (*Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools, 2021*). O combustível fóssil utilizado para alimentar as fontes de processos industriais era o petróleo. Devido à posição geográfica estratégica de Singapura, a importação do mesmo através dos caminhos marítimos entre Este e Oeste era facilitada, tornando-se rapidamente a fonte energética de eleição. Dado o avanço científico da matéria e com a introdução de medidas pró-ambientais dentro dos vários planeamentos desenvolvidos ao longo dos anos, identificou-se que a utilização de petróleo não se alinhava com os objetivos sustentáveis e políticas integradas no contexto cidadão. Posto isto, no início do século XXI, iniciou-se a integração do gás natural nas estações energéticas da cidade, sendo esta a alternativa fóssil menos poluente. Aos dias de hoje, aproximadamente 95% da eletricidade de Singapura é proveniente de gás natural importado de nações vizinhas como Malásia e Indonésia (*CNA Explains, 2023*). Na Figura 3.30, é possível observar a preponderância de cada fonte de energia para alimentar os vários setores da cidade Singapura:

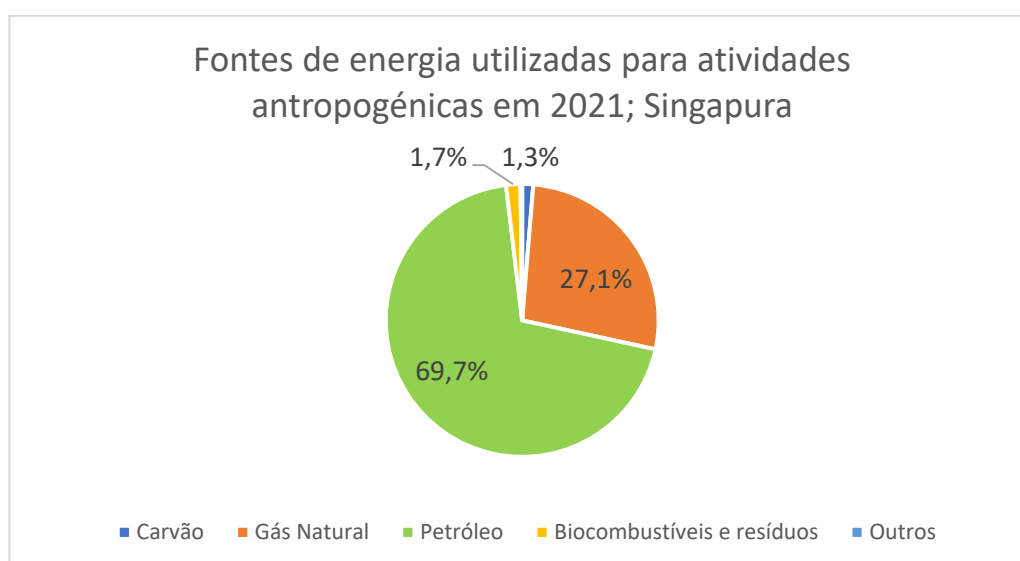


Figura 3.30- Fontes de energia utilizadas para atividades antropogénicas em 2021; Singapura
(*Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools, sem data-a*)

Apesar da integração de gás natural nos processos de produção de energia elétrica, o petróleo ainda é considerado a matéria prima predominante na alimentação de processos industriais. A localização geográfica de Singapura tornou o país num ponto de interesse para fins de exportação petrolífera. Perante este contexto, várias oportunidades dentro do setor foram

surgindo, acabando por tornar Singapura um dos centros de exportação, refinaria e troca petrolífera mais importantes do mundo («Oil Industry in Singapore», 2022). Com a construção de centrais de refinaria petrolífera e produção petroquímica nas ilhas de Jurong e Pulau Bukom (Figura 3.31), Singapura tornou-se um ponto de referência dentro deste campo.



Figura 3.31- Centro de refinaria petrolífera da Shell situado na ilha de Pulau Bukom, Singapura
(Shell boosts Pulau Bukom refinery storage by some 1.3m barrels | The Straits Times, sem data)

De acordo com o World Bank, em 2022, Singapura apresenta-se na nona posição do ranking de Produto Interno Bruto por habitante (*GDP per Capita (Current US\$)*, sem data). A economia de Singapura é extremamente fomentada pelo setor industrial, verificando-se que o setor de fabricação expressa cerca de 20 a 25% do PIB anual do país (*What Makes the Singapore Economy Tick?*, sem data).

De acordo com o relatório apresentado pela UNFCC em 2022, os setores de fabricação e construção contabilizaram aproximadamente 40% das emissões totais registadas em 2018 (UNFCC, 2022). Dadas as condições frágeis nos restantes setores e a necessidade acrescida de importação devido à falta de recursos naturais, Singapura procura explorar o seu crescimento económico através do setor industrial. Dados os processos altamente emissores inerentes ao funcionamento intenso do setor, este destaca-se no perfil de emissões do país ano após ano. Processos inerentes à exploração petrolífera são considerados bastante poluentes, levando a uma incrementação notável nas emissões de GEE registadas pelo país e, de forma discriminada, no setor industrial da cidade de Singapura. Na Figura 3.32 encontra-se a contribuição de cada setor expressa em percentagem no âmbito de emissões GEE no ano de 2021 em Singapura:

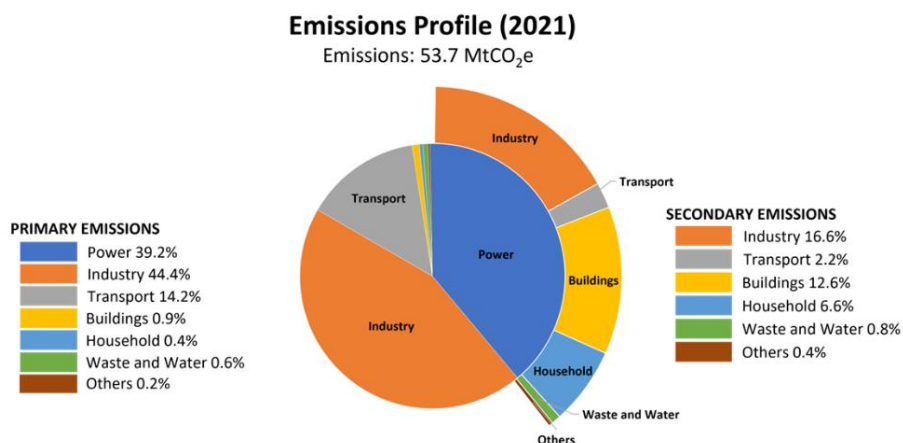


Figura 3.32- Perfil de emissões por setor em Singapura (2021)

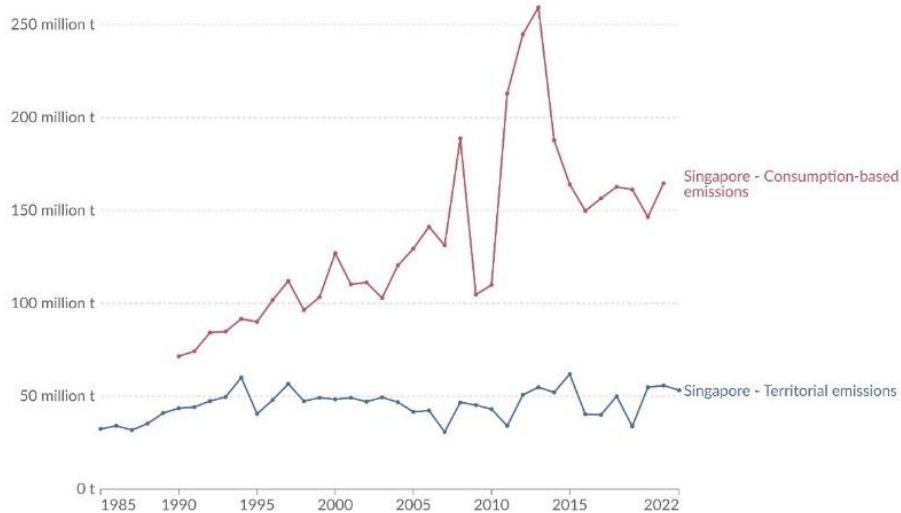
(*Singapore's Emissions Profile*, sem data)

Observa-se que os setores de indústria, transporte e geração de eletricidade perfazem a grande maioria das emissões de GEE da cidade de Singapura. Apesar da economia do país se encontrar intrinsecamente ligada com setores altamente poluentes e atividade portuária intensa, os líderes de Singapura perante o contexto de desenvolvimento urbano decorrente, afetado principalmente pelo incremento populacional e escassez de recursos naturais, procuram introduzir medidas sustentáveis e investir em processos inovadores promotores de eficiência energética. Apesar da produção de emissões proveniente da atividade antropogénica ocorrente nos vários setores fomentadores da economia singapurense, devido à falta de recursos naturais, Singapura importa a maioria dos seus bens de consumo. As emissões oriundas de importação de serviços e bens, aos dias de hoje, contabilizam aproximadamente o triplo das emissões geradas nacionalmente. Fomentadas pelo elevado poder de compra singapurense derivado dos resultados económicos satisfatórios da nação, assim como falta de recursos naturais e serviços, as emissões baseadas no consumo de bens importados de outros países registam uma pegada de carbono substancial. Seguidamente, é possível observar o gráfico referente à evolução da quantidade de dióxido de carbono emitida para atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis e atividade industrial. Indicado pela linha vermelha, as emissões baseadas em consumo e pela linha azul, as emissões provenientes da atividade territorial de Singapura (Figura 3.33):

Territorial and consumption-based CO₂ emissions, Singapore



Consumption-based emissions¹ include those from fossil fuels and industry². Land-use change emissions are not included.



Data source: Global Carbon Budget (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. **Consumption-based emissions:** Consumption-based emissions are national or regional emissions that have been adjusted for trade. They are calculated as domestic (or 'production-based' emissions) emissions minus the emissions generated in the production of goods and services that are exported to other countries or regions, plus emissions from the production of goods and services that are imported. Consumption-based emissions = Production-based - Exported + Imported emissions

2. **Fossil emissions:** Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Figura 3.33- Gráfico referente às emissões de CO₂ territoriais e baseadas no consumo da cidade de Singapura (1985-2022)

(Ritchie et al., 2020)

Contudo, Singapura apresenta uma relação de emissões de Carbono por unidade de PIB notável, refletindo o sucesso económico obtido em função das emissões geradas. No âmbito de intensidade energética e carbónica da economia, em 2021, situava-se na posição 136 de 155 países, apresentando um resultado de 0,1 quilogramas de CO₂ por unidade de PIB produzida (*Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools*, sem data-b).

Devido ao contexto frágil em que se insere, Singapura procura fomentar a sua economia através da exploração de setores poluentes. Por forma a minimizar o impacto que esta atividade tem no ambiente, na qualidade do ar e nas condições de vida dos residentes, as entidades governamentais procuram oportunidades de investimento e preconizam a implementação de soluções mais ecológicas dentro dos vários campos abrangentes da sua economia. Verifica-se uma tendência decrescente dentro do plano de emissões de GEE (Figura 3.33) que reflete as ações e medidas introduzidas não só em zonas de processos industriais intensivos, mas também dentro dos epicentros residenciais e a infraestrutura que os suporta.

3.3.2.3 Práticas Net Zero em vigor

Por forma a conjugar as peripécias agregadas ao contexto frágil em que se insere, com um desenvolvimento urbano controlado, eficiente e ponderado, Singapura procura crescer a sua economia através de atividade industrial e portuária intensa. Contudo, à imagem do panorama urbano nacional no âmbito infraestrutural, estético e espacial, objetiva mitigar ao máximo as emissões antropogénicas geradas nos setores responsáveis pela estimulação económica do país. Visando um desenvolvimento urbano alinhado com os objetivos definidos pela ONU no Acordo de Paris de 2015, liderado pelos Ministérios de Sustentabilidade e Ambiente, Comércio e Indústria, Desenvolvimento Nacional, Transporte e Educação em colaboração com as entidades governamentais singapurenses, foi desenvolvido o Plano Verde de Singapura (PVS). O Plano visa abordar e integrar práticas sustentáveis dentro dos vários contextos inerentes ao funcionamento da cidade de Singapura. Apresenta medidas ambiciosas a integrar e objetivos concretos a atingir até 2030 por forma a alcançar a meta de Emissões Net Zero até 2050 (*Singapore Green Plan 2030*, 2021). O PVS prevê intervenções e tomada de ação nos seguintes conceitos urbanos:

- Natureza na Cidade
- Redefinição Energética
- Economia Verde
- Resiliência Climática Futura
- Vida Sustentável

Por forma a dar continuidade à integração da natureza no contexto urbano singapurense através de áreas naturais, redes de parques e a interligação destes ecossistemas com o quotidiano dos seus residentes, o PVS prevê ação integral dentro deste campo (*City in Nature*, 2021). Antecipa uma expansão em cerca de 200 hectares da rede de parques naturais da ilha, antevê a intensificação de formas de natureza como jardins e parques existentes na cidade, prevendo intervenção deste tipo em cerca de 300 hectares de área verde. Soluções como construção de lagos artificiais, instrumento de retenção de águas superficiais e mecanismo de resiliência climática, na eventualidade de ocorrência de cheias é um exemplo da naturalização de espaços urbanos preconizada pelo PVS. Na Figura 3.34 encontra-se o Reservatório de MacRitchie, lago artificial situado no centro da cidade, inicialmente um reservatório natural, posteriormente ampliado e modificado por intervenção humana.



Figura 3.34- Lago artificial de Reservatório MacRitchie, Singapura (*MacRitchie Reservoir Park*, sem data)

Devido à alta densidade populacional registrada, escassez de área de implantação, entre outros fatores, a composição dos edifícios singapurenses é predominantemente de alta densidade, múltiplos andares e naturalmente, de cêrcea elevada. Derivado desta ocupação, as oportunidades de incorporação de áreas verdes como jardins, hortas e parques de bolso no interior do tecido urbano são restritas. Perante este contexto, de modo a conectar atividades do cotidiano com espaços verdes, o PVS prevê aproximadamente 200 hectares de área verde localizados nos corpos de edifícios (*Singapore Green Plan 2030*, 2021). De acordo com o PVS os benefícios de integração de vegetação nos sistemas de coberturas e fachadas verticais são os seguintes:

- Resiliência Climática:
 - Mitigação do efeito ilha de calor urbano;
 - Redução da temperatura ambiente;
 - Melhor aproveitamento de águas superficiais.
- Resiliência Ecológica:
 - Aumento de área verde;
 - Melhoria de conectividade ecológica no interior da configuração urbana;
 - Criação de habitats de fauna e flora.
- Resiliência Social
 - Espaços verdes comunitários para atividades recreacionais;
 - Benefícios terapêuticos e medicinais;
 - Espaços para atividade agrícola.



Figura 3.35- Marina Barrage, Singapura («Marina Barrage», sem data)



Figura 3.36- Oasia Hotel Downtown, Singapura (*Oasia Hotel Downtown, Singapore*, sem data)

Entre outros fatores como atenuação de ruído, eficiência energética, sombreamento e redução de amplitudes térmicas derivado das condições climáticas quentes e húmidas de Singapura, o PVS antecipa a integração em massa desta tipologia construtiva nos edifícios singapurenses (Figura 3.35, Figura 3.36). Por forma a motivar a inclusão de vegetação nas fachadas e coberturas de edificadros, o governo singapurense desenvolveu o programa "Skyrise Greenery Incentive Scheme", que financia até 50% dos custos de instalação associados à integração de elementos naturais no corpo do edifício (*Skyrise Greenery*, sem data).

De modo a criar uma relação holística entre os vários elementos a incorporar dentro do campo ecológico da cidade e motivar a adoção de práticas sustentáveis de mobilidade sem colocar em causa a acessibilidade dos praticantes, o PVS antecipa aproximadamente 500 quilómetros de trilhos, corredores naturais e ciclovias conectoras dos vários parques naturais inseridos na configuração da cidade. Os 300 quilómetros de trilhos já existentes, além de possibilitarem atividades recreacionais e sociais, permitem aos seus utilizadores circulação praticamente integral pelos parques naturais da ilha através dos vários circuitos e roteiros transversais ao território singapurense (Figura 3.37) (*NParks Park Connector Network*, sem data).

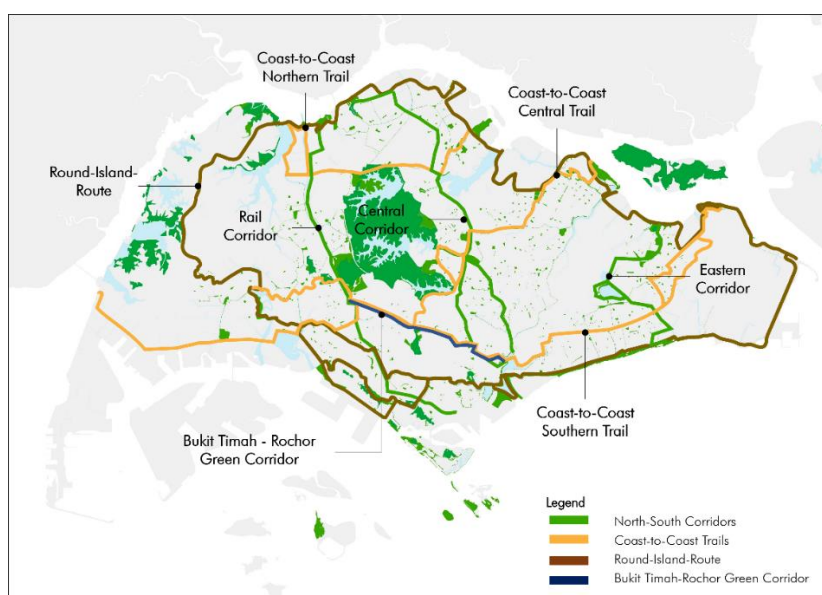


Figura 3.37- Rotas de trilhos, circuitos e corredores de parques naturais da ilha de Singapura
(*NParks Park Connector Network*, sem data)

Dentro do âmbito de mobilidade sustentável, o PVS relata os esforços realizados até à data e delinea os campos a abordar dentro deste contexto. Devido à densidade populacional e atividade de transporte intensa decorrente na ilha, a forma como se trata a mobilidade dos habitantes e as frotas de transporte emissoras de GEE traduz resultados significativos no panorama global de emissões. Posto isto, o PVS remete para as várias políticas definidas pelo Ministério de Transporte singapurense a introduzir até 2030 (*MOT Singapore – Gain New Perspectives on Land, Sea & Air Transport*, sem data).

Como referido anteriormente, a criação de trilhos e circuitos ao longo da ilha, além de promoverem o contacto com a natureza, geram oportunidades a nível de mobilidade urbana, temática abordada constantemente ao longo do PVS. Posto isto, o Ministério de Transporte refere a importância da remoção de veículos privados das estradas singapurense, assim como o desenvolvimento de infraestrutura adequada para formas de mobilidade sustentável tomarem predominância dentro deste domínio. O Ministério de Transporte espera que até 2030, cerca de 75% da população utilize meios de transporte público ou "Mass Public Transport" (MPT) durante horas de ponta. Prevendo um desenvolvimento abrangente da infraestrutura para pedestres e ciclistas, o Ministério de Transporte estima que até 2040, cerca de 90% da população singapurense recorrerá a estes meios de transporte a hora de ponta (*MOT Singapore – Gain New Perspectives on Land, Sea & Air Transport*, sem data).

Por forma a reduzir o número de veículos privados nas estradas de Singapura, a legislação afeta à circulação dos mesmos é altamente restrita. A área de estrada reduzida, que apesar de escassa, perfaz aproximadamente 12% da área total de Singapura, agregada às baixas oportunidades de expansão infraestrutural e constante promoção de utilização de meios de transporte sustentáveis, fundamentam o processo estrito de obtenção de licença automóvel (*LTA / Roads*, sem data). Além da frota de automóveis privados ser altamente controlada, o Ministério de Transportes prevê que até 2040, a totalidade dos veículos privados opere através de fontes energéticas limpas, tais como eletricidade proveniente de energias renováveis e hidrogénio verde. Por forma a reformar integralmente a sua frota automóvel, até 2025 o registo de táxis e automóveis alimentados a gasóleo serão banidos e, a partir de 2030, todos os registos de veículos privados e táxis só serão aceites sobre a condição de operarem a energias limpas. De modo a mitigar emissões associadas ao setor de transporte, a rede de metro que opera em território singapurense (Figura 3.38), além de altamente otimizada devido à quantidade de utilizadores e oferecer circulação integral ao longo da ilha por forma a tornar-se uma solução eficiente em detrimento do veículo privado, de acordo com o PVS, investimento está a ser realizado de modo a tornar as seis linhas de metro autossuficientes na fase de alimentação dos seus processos de funcionamento.

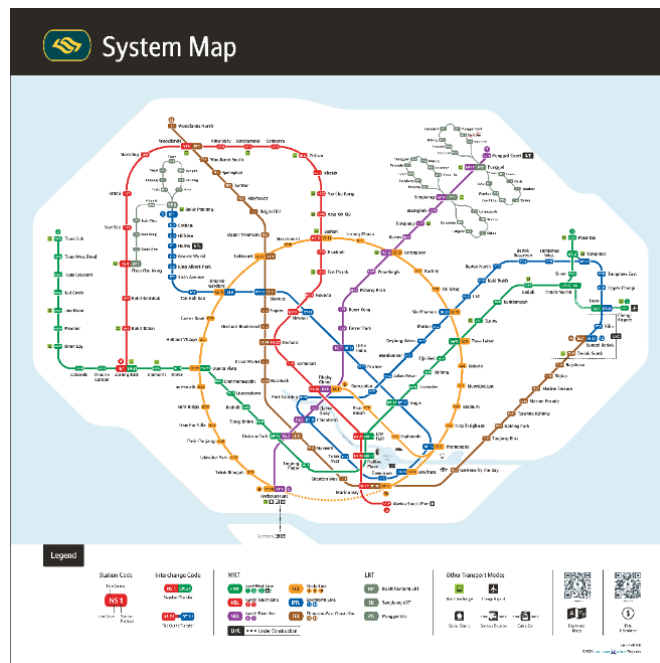


Figura 3.38- Rede metropolitana singapurense
(SM_TEL4_Eng.png (8445×8445), sem data)

Um bom exemplo do investimento realizado trata-se da "Downtown Line", representada a azul (Figura 3.38), merecedora da certificação "BCA Green Mark GoldPlus" pelas várias características sustentáveis que incorpora. As características inovadoras merecedoras desta distinção foram as seguintes (*Downtown Line achieves BCA Green Mark Gold^{PLUS} / MND Link | Ministry of National Development, 2018*):

- Um sistema de travagem regenerativo que transmite a energia produzida pelo metro durante o período de travagem para outros metros ou estações na sua proximidade.
- Sistemas de ar-condicionado altamente eficientes energeticamente comparativamente aos sistemas convencionais. Anualmente poupam energia suficiente para alimentar 1080 casas do programa de alojamento público singapurense.
- Painéis solares equipados na cobertura da estação de Gali Batu (Figura 3.40), geradores de aproximadamente 1,150 MWh de energia anualmente, utilizada para alimentar os processos energéticos da estação.

Entre outras características, como reutilização da água dos sistemas de AVAC e construção de parques de estacionamento de bicicletas convenientemente situados à porta de estações (Figura 3.39), são alguns exemplos que fundamentam o reconhecimento e distinção da linha de metro dentro deste campo.



Figura 3.39- Parque de bicicletas da estação de Bendemeer, Singapura

(Downtown Line achieves BCA Green Mark Gold^{PLUS} / MND Link | Ministry of National Development, 2018)



Figura 3.40- Painéis solares equipados na estação de Gali Batu, Singapura

(Downtown Line achieves BCA Green Mark Gold^{PLUS} / MND Link | Ministry of National Development, 2018)

Dentro deste contexto várias medidas são tomadas de modo a reduzir as emissões geradas pelo setor de transporte e as atividades associadas à circulação no interior de Singapura. De acordo com o Ministério de Transporte, desde 2020 todos os autocarros públicos comprados são elétricos, de energia limpa ou híbridos. Estima-se que, até 2030 metade da frota de autocarros públicos sejam alimentados por energia elétrica.

De acordo com um estudo realizado pelo IPCC, perante o cenário atual de medidas Net-Zero, as projeções realizadas indicam uma subida do nível do mar em cerca de 1,15 metros (*Coastal Protection*, 2020). O PVS indica que um aumento desta natureza, agregado a fenómenos marítimos como marés de tempestade, perante a atual configuração costeira, poderá levar à inundação de aproximadamente um terço do território singapurense. Face às projeções realizadas, o PVS prevê o reforço das zonas costeiras de Singapura através da construção de quebra-mares e barragens de aterro, assim como a implantação e restauração de mangais na periferia costeira da ilha (Figura 3.41) (*Resilient Future*, 2021).



Figura 3.41- Floresta de Mangais localizada em Sungei Buloh, Singapura
(*New Standard Page*, sem data)

Em localizações propícias à formação de marés mais agitadas, mas de área escassa para restauração de reforço costeiro natural, vegetação apropriada para defesa costeira é implementada em superestruturas como quebra-mares ou pólderes. A Figura 3.42 ilustra a zona costeira da ilha de Pulau Tekong, situada a nordeste da ilha principal de Singapura, uma zona de pólderes recuperados e nos quais se integrou vegetação para melhor reforço costeiro (*Commentary*, sem data):



Figura 3.42- Pólder híbrido situado em Pulau Tekong, Singapura
(*Commentary*, sem data)

A inserção de vegetação no contexto citadino de Singapura oferece uma série de vantagens significativas dentro dos vários campos urbanos endereçados. A qualidade de vida, conforto e coesão social aliado à resiliência climática proveniente da integração de elementos naturais no ambiente urbano, justifica a presença exaustiva desta temática no decorrer do PVS. Derivado da composição urbana densa da cidade de Singapura, a introdução de elementos desta natureza desencadeia uma série de eventos interligados que de forma holística impactam positivamente o quotidiano dos residentes singapurenses. Benefícios como: Mitigação do efeito ilha de calor urbano, redução de custos energéticos, minimização de poluição sonora, hídrica e atmosférica, assim como as propriedades terapêuticas agregadas à introdução e intensificação destes elementos na configuração urbana, são alguns exemplos a fundamentar a insistência e alinhamento das medidas presentes no PVS (Lee et al., 2015).

Derivado da geografia plana, escassa área de implantação e contexto insular de Singapura, o PVS refere a dificuldade de introdução de fontes energéticas renováveis para alimentação de processos infraestruturais singapurenses. Contudo, dentro da gama de alternativas renováveis exequíveis no contexto de Singapura, as entidades governamentais procuram explorar o setor da energia solar. Apesar das chuvas frequentes e períodos nublados típicos do clima equatorial, ainda assim beneficia em média de aproximadamente 2000 a 2400 horas de sol anualmente, tornando esta opção viável e eficiente (*Get Updates on Sunshine Hours in Singapore | Monthly Average*, 2024). Derivado da escassez territorial para implantação de

parques solares, o governo singapurense explorou soluções inovadoras de forma a maximizar a quantidade de painéis solares disponíveis em território singapurense. O facto de se tratar de um território insular e contar com 17 reservatórios de água, que perfazem cerca de 11% da área total de Singapura, as entidades governamentais iniciaram a implementação de painéis solares flutuantes nestas superfícies aquáticas. Em Julho de 2021, foi inaugurado o sistema de painéis fotovoltaicos flutuante no interior do reservatório de Tengeh localizado na zona Oeste de Singapura (Figura 3.43, Figura 3.44). O sistema conta com uma área de 45 hectares e prevê uma redução em cerca de 32 quilotoneladas de dióxido de carbono equivalente face às emissões geradas através de fontes fósseis de alimentação, o correspondente a retirar 7000 carros a combustão das estradas singapurenses (*Tengeh Reservoir Floating Solar Farm Officially Opens, «big Step» towards Environmental Sustainability, Says PM Lee, 2021*).



Figura 3.43- Sistema flutuante de painéis fotovoltaicos do reservatório de Tengeh, Singapura

(*Tengeh Reservoir Floating Solar Farm Officially Opens, «big Step» towards Environmental Sustainability, Says PM Lee, 2021*)



Figura 3.44- Vista aérea de sistema flutuante de painéis fotovoltaicos do reservatório de Tengeh, Singapura

(say, 2021)

Apesar do elevado investimento realizado em torno da produção de energia solar, devido à intermitência de captação da mesma devido às condições climáticas de Singapura, outras soluções a grande escala são alvo de estudo por parte das entidades responsáveis pela gestão do setor energético.

De modo a assegurar a estabilidade da rede energética e facilitar a utilização de fontes de energia renováveis, em Fevereiro de 2023 foi implementado na ilha de Jurong o maior sistema de armazenamento energético do Sudeste Asiático (Figura 3.45). Com uma capacidade energética de 285 Megawatt-hora (MWh), este tipo de sistema não só melhora a estabilidade e resiliência da rede elétrica através do seu sistema automatizado de gestão de consumo, como armazena vários tipos de energia, incluindo renovável produzida localmente, garantindo um fornecimento mais estável e eficiente (EMA / *Energy Storage Systems*, sem data). De acordo com a Sembcorp Industries, empresa encarregue da implantação da infraestrutura esta "(...) tem a capacidade de responder à demanda energética de aproximadamente 17.000 apartamentos públicos numa única descarga" (Yeo, 2022). Este é um exemplo da alocação de investimento presente no Plano Verde de Singapura apresentado em 2020.



Figura 3.45- Sistema de armazenamento energético Sembcorp na ilha Jurong, Singapura (Yeo, 2022)

Por forma a mitigar as emissões do setor e integrar energias limpas na rede singapurense, o PVS relata a importância de redes elétricas regionais e como a importação da energia gerada pelos países do Sudeste asiático contribuirá para a descarbonização do setor. A agência governamental singapurense encarregue do setor energético Energy Market Authority (EMA), estipulou como objetivo importar aproximadamente 4 gigawatts (GW) de eletricidade de baixo carbono até 2035, quantidade equivalente a 30% da demanda energética esperada para este período (*Energy Reset*, 2021). Aos dias de hoje, várias candidaturas são enviadas para análise da EMA. Sobre aprovação condicional encontram-se as seguintes propostas de importação elétrica a larga escala: 1 GW de Camboja, 2 GW da Indonésia e 1,2 GW do Vietname (*Regional Power Grids / EMA*, 2024). Contudo, derivado da complexidade infraestrutural inerente ao projeto em discussão, o governo singapurense em conjunto com os países membros da "Association of Southeast Asian Nations" (ASEAN), deverá estudar a estruturação, regulamentação e ecossistema da rede regional, por forma a aprovar de forma ponderada possíveis propostas de empresas candidatas ao desenvolvimento da infraestrutura (*Tan See Leng on ASEAN Power Grid and Regional Electricity Sustainability*, 2023).

3.3.2.4 Conclusão

A trajetória histórica de Singapura como cidade-estado, desde a sua fundação até à atualidade, revela um modelo de desenvolvimento urbano estratégico, resiliente e inspirador. Apesar de enfrentar significativas limitações de recursos naturais e uma densidade populacional elevada, conseguiu moldar um ambiente urbano que procura equilibrar o crescimento económico com sustentabilidade nos vários setores constituintes da sua sociedade.

A evolução do seu planeamento urbano revela uma abordagem integrada, adaptativa e flexível que consequentemente, tem a capacidade de atender às necessidades de uma população crescente enquanto enfrenta desafios ambientais contemporâneos.

No contexto de emissões de GEE, Singapura apresenta um historial que destaca tanto os desafios inerentes à sua industrialização e crescimento económico, como os esforços progressivos para mitigar as emissões provenientes desta atividade. Apesar de historicamente se registar um incremento a nível de emissões antropogénicas derivado da urbanização e estimulação económica da cidade-estado, as políticas em vigor demonstram um compromisso claro com a redução de GEE.

A implementação de tecnologias limpas, promoção de eficiência energética e mobilidade urbana, assim como o desenvolvimento de infraestrutura verde, são pilares estratégicos da cidade para alcançar as metas climáticas ambiciosas. Derivado do contexto frágil em que se insere e a falta de oportunidade para integração de tecnologias sustentáveis convencionais, o governo singapurense demonstra um compromisso contínuo com a inovação e sustentabilidade através de investimento significativo e políticas ecológicas nos vários departamentos urbanos. Esse comprometimento posiciona Singapura como um exemplo global, não só para cidades desenvolvidas, como para cidades inseridas no mesmo contexto.

4 MEDIDAS E ESTRATÉGIAS PARA CIDADES NET ZERO

O atual capítulo aborda vários exemplos de medidas e estratégias consideradas indispensáveis a implementar por forma a alcançar o objetivo de emissões nulas dentro do contexto urbano. Entre as principais estratégias de reforma urbanística alinhadas com práticas Net Zero, tomam destaque a Eficiência Energética em Edifícios, Transporte Sustentável e Mobilidade Urbana, Promoção de Mobilidade Ativa e Infraestrutura Verde. Através de ação integral dentro destes campos, o panorama urbano e os setores afetos ao mesmo devem transformar-se, promovendo uma redução significativa de emissões antropogénicas na configuração urbana a tratar.

Para fundamentar a inclusão de medidas desta tipologia, o capítulo apresenta casos de estudo realizados em diferentes cidades representativos dos benefícios tangíveis de implementação destas estratégias. Além de demonstrar e enfatizar medidas Net Zero a integrar, o presente capítulo visa também destacar e quantificar as oportunidades a nível administrativo e regulamentar para implementação eficaz destas mesmas estratégias. Posto isto, o capítulo procura fornecer uma visão abrangente das áreas onde as entidades responsáveis podem agir para maximizar o impacto positivo das medidas Net Zero a implementar.

4.1 Eficiência Energética em Edifícios

No âmbito de eficiência energética, várias medidas e políticas podem ser implementadas de modo a tornar os vários edifícios constituintes da configuração urbana ecologicamente comportáveis. Aos dias de hoje, derivado da legislação sobre a construção de edifícios e o caráter estrito das limitações impostas para assegurar as condições de conforto estipuladas, existe uma vasta gama de soluções eficientes e sustentáveis que, além de cumprirem com a regulamentação imposta, contribuem significativamente para a redução do consumo energético e emissões de GEE.

O corpo do edificado, se isolado em conformidade, pode tornar-se significativamente mais eficiente em termos energéticos, reduzindo a necessidade de aquecimento e arrefecimento através de sistemas de climatização artificiais. A eficiência proveniente de sistemas de isolamento de fachadas e coberturas, assim como a integração de janelas de alto desempenho nos vãos constituintes do edifício, além de diminuir consideravelmente os custos operacionais inerentes ao seu funcionamento, reduzem as emissões de GEE provenientes do aquecimento ou arrefecimento artificial.

Com o avanço da tecnologia, mecanismos de gestão inteligente de edifícios começam a integrar os modelos de sistemas de instalações prediais. Sistemas desta natureza procuram otimizar o uso de recursos infraestruturais como: energia, aquecimento, ventilação e sistemas de climatização de um edificado conforme as necessidades, hábitos e costumes dos ocupantes. O processamento e automação de dados relativos aos hábitos dos utilizadores em tempo real e a capacidade de identificação de oportunidades para melhor utilização de recursos são determinantes para assegurar uma operação eficiente e sustentável. Contextualizando a presente dissertação e o modo como o conceito Net Zero é integrado na gestão inteligente de edifícios, devido ao desenvolvimento tecnológico desta componente, é possível interligar os sistemas de gestão automatizada de vários edifícios. Ao integrar tecnologia inteligente nos sistemas de distribuição elétrica de um bairro, cria-se uma rede coordenada que não só otimiza o uso de energia de cada edifício, como também melhora a eficiência e a sustentabilidade de toda a área. Mediante a integração deste mecanismo a grande escala, agregada à utilização de fontes de energia renováveis para alimentar os processos decorrentes na rede, os consumos e emissões associados ao setor residencial serão certamente reduzidos de forma significativa. Apesar de se tratar de uma tecnologia recente e a instalação da mesma requerer projetos tanto de integração infraestrutural quanto de atualização dos sistemas existentes, pode ser aplicada a edificações antigas. Contudo, requer uma avaliação detalhada das infraestruturas existentes e

a implementação de soluções intermediárias, como módulos de interface e atualizações de hardware.

Por forma a facilitar o processo de integração em massa deste tipo de solução, várias medidas deveriam ser colocadas em prática por parte das entidades públicas responsáveis. Além de alocação de investimento significativo em soluções promotoras de eficiência energética, várias políticas alinhadas com emissões Net Zero devem surgir dentro deste contexto.

4.1.1 Incentivos Fiscais e Financeiros

De modo a incentivar a implementação de tecnologia inovadora desta natureza e atrair investimento privado, os vários ministérios e entidades encarregues da definição de políticas e medidas dentro deste campo devem introduzir uma gama abrangente de incentivos fiscais e financeiros. Considerando o espectro de incentivos a integrar, os seguintes tomam destaque:

- **Créditos fiscais:** Possibilidade de reivindicação de créditos sobre custos de instalação de tecnologias limpas que visem melhorar a eficiência energética de edifícios. Através da oferta de créditos fiscais a proprietários e empresas, as implementações de componentes desta tipologia tornam-se mais acessíveis e consequentemente, mais atrativas.
- **Subsídios e financiamentos de baixos juros:** Criação de programas de subsídios ou oferta de financiamento com taxas de juro reduzidas para projetos que visem melhorar a eficiência energética de edifícios.
- **Isenções e Reduções Fiscais:** Oferta de isenções de impostos ou reduções fiscais a empresas e proprietários que adotem tecnologias de construção sustentável. Isenções aplicadas sobre por exemplo: impostos de propriedade, venda de equipamento energético, entre outros.
- **Incentivos para Pesquisa e Desenvolvimento:** Financiamento de pesquisa e desenvolvimento em novas tecnologias de eficiência energética e métodos de construção sustentável.

- **Legislação e Normas:** Reformulação dos códigos de construção por forma a aumentar os padrões de exigência no âmbito de eficiência energética em edifícios novos e renovações. Reforçar a presença do grau de classificação energético de todos os edifícios, assim como explicitar de forma clara os incentivos facultados ao alcançar classificações mais altas. Estabelecimento de prazos exequíveis para renovação energética de edificados existentes.

Entre outras medidas a integrar, a colaboração entre fontes de investimento e os responsáveis pelo delineamento minucioso e direção a tomar dentro do âmbito de melhorias de eficiência energética cria um ambiente propício ao florescimento de uma sociedade urbana sustentável, ecologicamente responsável e alinhada com o objetivo de emissões Net Zero.

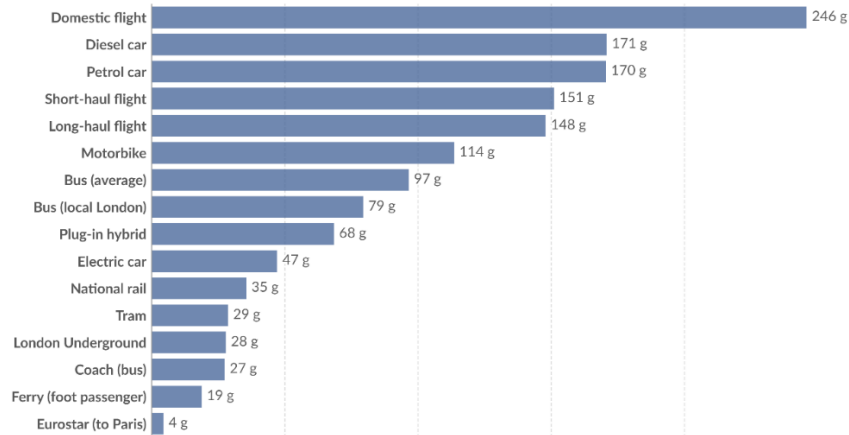
4.2 Transporte Sustentável e Mobilidade Urbana

Como referido ao longo da dissertação, os modos de circulação no meio urbano e a forma como estes operam influenciam, de forma significativa, as quantidades de GEE presentes na atmosfera. De modo a tomar ação concreta dentro do campo de mobilidade é necessário perceber o panorama de emissões referente ao setor. Através de uma análise holística dos vários meios de transporte que circulam na configuração urbana, assim como uma apuração dos valores de emissões de GEE que cada um emite, é possível tratar o setor de mobilidade em conformidade. Posto isto, um estudo realizado pela European Environment Agency (EEA) indica que, de modo geral, meios de transporte públicos como comboios, metros e autocarros, emitem menos gases por passageiro-quilómetro comparativamente a um veículo privado (*Transport and Environment Report 2021*, 2021). Os dados referentes às gramas de dióxido de carbono equivalente por passageiro-quilómetro emitido por meio de transporte no Reino Unido em 2022, indica que as utilizações de veículos privados movidos a combustíveis fósseis registam a segunda e terceira posição mais poluente dos meios de transporte utilizados (Figura 4.1).

Carbon footprint of travel per kilometer, 2022



The carbon footprint of travel is measured in grams of carbon dioxide-equivalents¹ per passenger kilometer. This includes the impact of increased warming from aviation emissions at altitude.



Data source: UK Government, Department for Energy Security and Net Zero

OurWorldInData.org/transport | CC BY

Note: Official conversion factors used in UK reporting. These factors will vary across countries depending on energy mix, transport technologies, and occupancy of public transport. Data for aviation is based on economy class.

1. Carbon dioxide equivalents (CO₂eq): Carbon dioxide is the most important greenhouse gas, but not the only one. To capture all greenhouse gas emissions, researchers express them in "carbon dioxide equivalents" (CO₂eq). This takes all greenhouse gases into account, not just CO₂. To express all greenhouse gases in carbon dioxide equivalents (CO₂eq), each one is weighted by its global warming potential (GWP) value. GWP measures the amount of warming a gas creates compared to CO₂. CO₂ is given a GWP value of one. If a gas had a GWP of 10 then one kilogram of that gas would generate ten times the warming effect as one kilogram of CO₂. Carbon dioxide equivalents are calculated for each gas by multiplying the mass of emissions of a specific greenhouse gas by its GWP factor. This warming can be stated over different timescales. To calculate CO₂eq over 100 years, we'd multiply each gas by its GWP over a 100-year timescale (GWP100). Total greenhouse gas emissions – measured in CO₂eq – are then calculated by summing each gas' CO₂eq value.

Figura 4.1- Pegada de carbono por passageiro-quilómetro de meios de transporte no Reino Unido (2022)

(Carbon footprint of travel per kilometer, 2022)

As estatísticas registadas são indicativas da maior eficiência ambiental dos transportes públicos face aos restantes meios. Esta diferença substancial de emissões reforça a necessidade de promover e investir na infraestrutura inerente a estes meios de transporte. Dentro deste contexto, a necessidade de alterar as fontes de energia utilizadas para operar os meios de transporte urbano toma igual importância. Ao alterar as fontes de energia automóvel para alternativas mais limpas e renováveis, como se pode constatar pela diferença de quantidade de CO₂ equivalente entre carros alimentados por combustíveis fósseis e os que operam a energias limpas (Figura 4.1), o perfil de emissões de GEE referente ao setor de transporte deverá sofrer reduções significativas. De modo a reformar a mobilidade urbana e alinhar este setor determinante com o objetivo de emissões Net Zero, várias ações devem ser tomadas dentro deste âmbito.

4.2.1 Investimento em Infraestrutura de Transporte Público

Como referido, os serviços de transporte público são, de modo geral, a alternativa menos poluente e mais eficiente de mobilidade no contexto urbano. Posto isto, as entidades responsáveis pela definição infraestrutural deste parâmetro da sociedade devem ter acesso a investimento público por forma a melhorar vários fatores inerentes ao seu funcionamento. A construção e ampliação de linhas ferroviárias, estações de autocarro e outras infraestruturas são cruciais para melhorar a eficiência, cobertura e acessibilidade da rede de transportes. Ao assegurar que o sistema de transportes serve a área urbana de forma eficiente na sua totalidade, fundamenta a escolha destes modos de transporte em detrimento dos restantes. Além de investimento alocado à expansão da rede de transportes, a forma como os vários meios se interligam deve ser alvo de estudo minucioso. Ao garantir uma conexão eficiente entre os vários meios de transporte sustentáveis e simplificar o modo de transferência entre os mesmos, a utilização de transportes torna-se uma alternativa atraente economicamente, devido aos custos reduzidos face às despesas de um veículo privado, eficiente, atribuível aos tempos de viagem reduzidos, e ecologicamente responsável, em virtude das baixas emissões por passageiro provenientes destes meios de transporte. A expansão, acessibilidade e interligação das várias redes de transporte público devem ser alvo de estudo detalhado e investimento elevado para reformar o setor de mobilidade em conformidade com os objetivos Net Zero.

4.2.2 Incentivos Financeiros e Fiscais promotores de Mobilidade Sustentável

Por forma a promover uma mobilidade urbana ecológica e sustentável, as entidades governamentais podem implementar uma gama de incentivos financeiros e fiscais dentro deste campo. Subsídios, por exemplo, podem ser oferecidos na compra de veículos elétricos e instalação de estações de carregamento. Incentivos fiscais como isenções ou créditos disponibilizados a empresas ou indivíduos utilizadores de meios de transporte sustentáveis. Medidas desta natureza, além de incentivarem a transição para modos de transporte mais ecológicos, aceleram o desenvolvimento de uma infraestrutura de transporte urbano mais sustentável e eficiente.

4.2.3 Políticas e Regulamentações

Várias alterações podem ser efetuadas na legislação afeta à mobilidade urbana. O impacto de veículos privados que operam sobre combustíveis fósseis nos perfis de emissões do setor é notável, devendo ser alvo de medidas e políticas a integrar na regulamentação que trata este parâmetro. As seguintes políticas são exemplos existentes de medidas Net Zero desencorajadoras da utilização de veículos privados a integrar nos códigos da estrada:

- **Zonas de baixas emissões:** Semelhante ao caso de referência abordado previamente, o estabelecimento de áreas urbanas de circulação exclusiva a veículos de baixas emissões é um exemplo de medida Net Zero a integrar neste contexto;
- **Normas de estacionamento:** Redução do número de lugares de estacionamento e aumento de tarifas de estacionamento em zonas de altas emissões no interior da cidade;
- **Políticas de emissões:** Implementação de normas rigorosas de emissões para todos os veículos compositores da frota automóvel. Restrições rigorosas relativas à quantidade de GEE autorizados a emitir por veículos movidos a combustão, sistemas de classificação de veículos com base nas suas emissões e consequentes restrições com base nos períodos de alta poluição;
- **Limitação de Registo Automóvel por Família ou Indivíduo:** Restrições face ao número de registos automóveis permitidos por indivíduo ou núcleo familiar.

Iniciativas desta ordem exemplificam formas de mitigar emissões de GEE através de regulamentações e políticas rigorosas sobre veículos poluentes. Deste modo, além de desencorajar o uso recorrente de veículos privados poluentes, promove a descarbonização do setor de transporte e consequentemente, fomenta práticas de mobilidade urbana mais sustentáveis.

4.2.4 Promoção de Modos de Transporte Ativo

Fomentar a prática de modos de transporte ativos como caminhar e andar de bicicleta é algo cada vez mais estimulado no contexto citadino. A redução da dependência de veículos motorizados e consequente diminuição de gases efeito estufa, agregado à mitigação de poluição sonora e melhoria da saúde pública são alguns fatores que fundamentam a estimulação desta prática urbana. Por forma a motivar a adoção de práticas de mobilidade desta natureza, é necessário assegurar que a infraestrutura que a suporta seja prática, segura e garanta acessos para a circulação praticamente integral da área urbana de forma direta, através de circuitos e ciclovias abrangentes à área urbana em questão (Figura 4.2), ou indireta, a partir de conexão eficiente entre estas formas de mobilidade ativas com os sistemas de transporte que atendem à cidade (Figura 4.3).

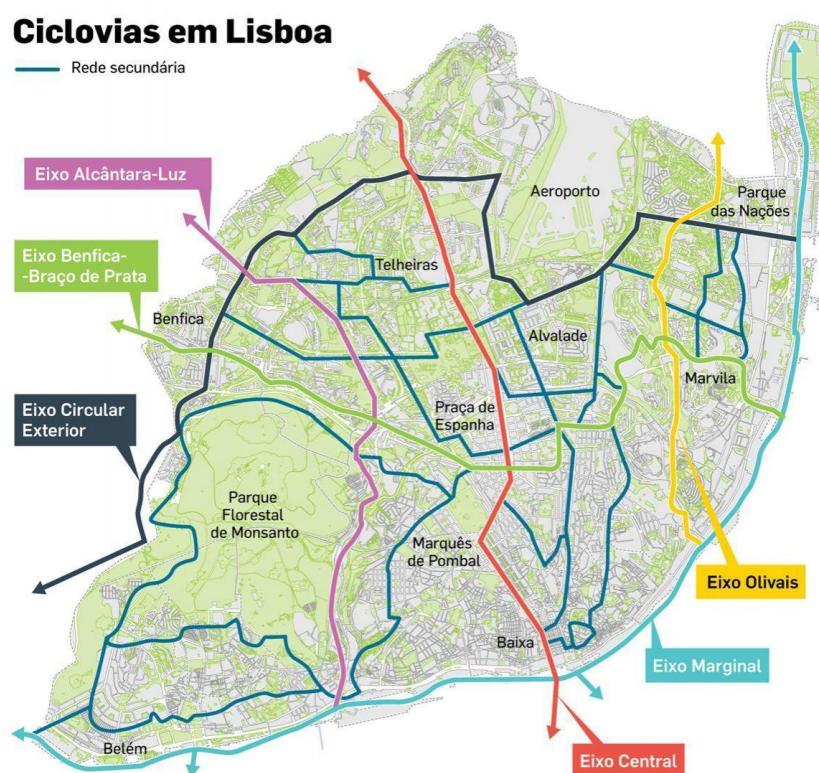


Figura 4.2-Mapa de ciclovias em Lisboa
(NWC, sem data)



Figura 4.3- Ligação intermodal entre ciclovias e estação de metro em Nova Iorque, Estados Unidos
(*Bike, Pedestrian, and Micromobility Strategic Action Plan*, sem data)

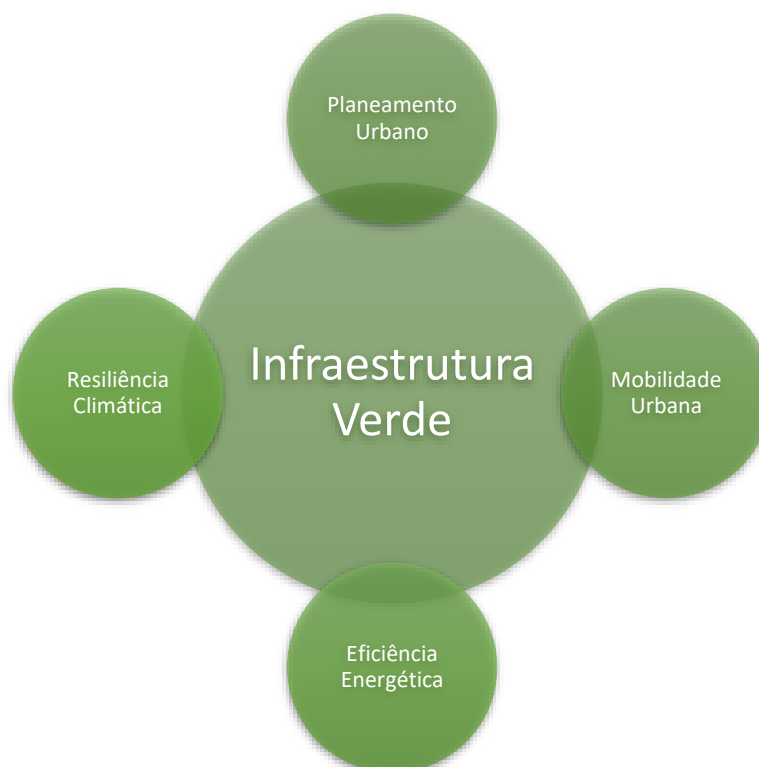
De modo a incentivar a utilização de ciclovias, vários programas de partilha de bicicletas devem estar presentes ao longo da área urbana. Ao inserir várias estações de bicicletas por toda a cidade, facilita o acesso às mesmas, oferece uma alternativa conveniente e económica face ao uso de carros e permite aos utilizadores realizar trajetos curtos, assim como complementar outras formas de transporte público (Figura 4.4).



Figura 4.4- Complementação de modo de transporte ativo com rede de metro em Nova Iorque, Estados Unidos
(*Taking Your Bike on MTA Subways, Buses, and Railroads*, sem data)

4.3 Infraestrutura Verde

À imagem de Singapura, caso de referência alvo de estudo, ao considerar o conceito "Infraestrutura Verde" como núcleo das várias ações a tomar dentro das temáticas urbanas a tratar, surgem várias oportunidades de aplicação de práticas sustentáveis.



4.3.1 Eficiência Energética de Edifícios Verdes

Com a integração de infraestrutura verde no setor de construção, surgem várias oportunidades para melhoria da eficiência energética de edifícios. Como referido ao longo da dissertação, a necessidade de redução de consumos energéticos provenientes do setor residencial toma especial consideração. Derivado da urbanização projetada em função do aumento populacional esperado até 2050, tornar os edifícios agentes ativos no combate às alterações climáticas é determinante para o objetivo Net Zero estipulado. Posto isto, estudos como o publicado pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá referem o seguinte: "The National Research Council of Canada showed that an extensive green roof with grass planted on a 150-mm growing medium reduced the heat flow through the roof by over (RCI-Cool Roof 2005_KL 050322.doc 1 03/21/2005 Performance of Green Roof Systems DRAFT) 75% in the spring and

summer in Ottawa (Liu & Bass, 2003)"¹¹. Entre outros estudos realizados neste âmbito, os resultados obtidos fundamentam a inclusão, assim como a eficiência de soluções construtivas ecológicas nos corpos de edificados (Figura 4.5, Figura 4.6).



Figura 4.5- Fachada verde Singapura, Singapura
(Vertical Greenery, sem data)



Figura 4.6- Cobertura e terraços verdes, Singapura
(Rooftop Greenery, sem data)

A capacidade de sombreamento, captação de águas superficiais, mitigação do efeito ilha de calor urbano, agregado às propriedades térmicas e acústicas de soluções desta natureza, tornam esta tipologia construtiva altamente apelativa. Estes sistemas podem ser aplicados em coberturas (Figura 4.7), terraços e fachadas de edificados (Figura 4.8).

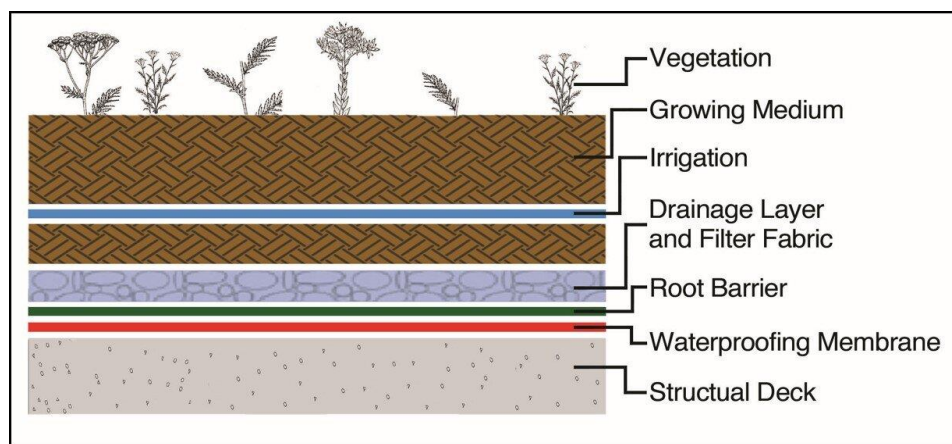


Figura 4.7- Sistema construtivo de cobertura verde
(About Green Roofs, sem data)

¹¹ Tradução livre pelo autor: "O estudo realizado pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá demonstrou que um telhado verde extensivo com relva plantada num substrato de 150mm de terra reduziu o fluxo de calor através da cobertura em de 75% na primavera e no verão em Ottawa."

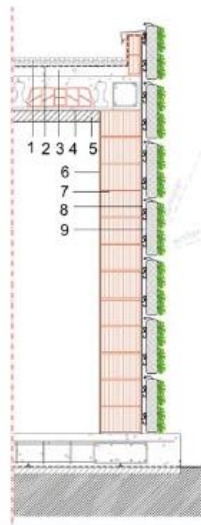


Figura 4.8- Sistema construtivo de fachada verde (Chàfer et al., 2021)

- 1- Revestimento Exterior de Cobertura
- 2- Sistema Impermeabilizante
- 3- Betonilha
- 4- Reboco
- 5- XPS (e= 0,08 m)
- 6- Reboco (e= 0,01 m)
- 7- Parede de Tijolo Alveolar (30x19x29) [cm]
- 8- Reboco (e= 0,01 m)
- 9- Fachada Ventilada Verde (60x40x0,8) [cm]

Figura 4.9- Legenda de Sistema Construtivo de fachada verde (Chàfer et al., 2021)

4.3.2 Resiliência Climática

Por forma a tornar os centros urbanos em áreas resilientes no caso da ocorrência de eventos climáticos, a infraestrutura verde e os mecanismos associados à integração de elementos naturais na malha urbana podem ser cruciais na capacidade de resposta a tais eventualidades. Como tratado previamente, o caso de Singapura e as fragilidades inerentes ao meio insular em que se insere, requer especial cuidado a nível de proteção costeira e retenção de recursos hídricos. As projeções de subida de nível da água do mar, aumento de temperatura, escassez de chuva e fontes de águas superficiais derivadas das alterações climáticas, colocam países situados em zonas costeiras e regiões áridas em cenário de emergência. Posto isto, ação alinhada com resiliência climática deve ser tomada para precaver possíveis incidentes climáticos. Como refere um caso de estudo realizado no Parque urbano olímpico de Pequim (Figura 4.10), a cada 10% de espaço verde aumentado, a temperatura do solo diminui 0,4°C. Os resultados do estudo indicaram que solo florestal e corpos de água podem reduzir as temperaturas de superfícies impermeáveis em cerca de 6,51%, e 12,82%, respetivamente (Amani-Beni et al., 2019). A inserção de corpos florestais no meio urbano pode ser determinante para suprimir as subidas de temperatura projetadas e consequentemente, tornar epicentros urbanos mais resilientes climaticamente.



Figura 4.10- Parque urbano olímpico de Pequim, China
(olympic_forest_park_beijing_original.jpg (751×471), sem data)

De modo a preservar e não desperdiçar recursos hídricos, à semelhança de Singapura, devem ser construídos lagos artificiais (Figura 4.12) e ampliados reservatórios naturais ao longo da configuração urbana (Figura 4.11). Ao aderir a soluções deste tipo, é possível captar águas superficiais, controlar cheias e em casos de seca, fornecer reservas de água para atender às necessidades da área urbana.



Figura 4.11- Reservatório ampliado de East River, Estados Unidos
(«East River», 2024)



Figura 4.12- Lago artificial de Parque Ibirapuera, Brasil
(Whistler, 2024)

4.3.3 Mobilidade Urbana Verde

Com a integração de espaços verdes em áreas urbanas, a temperatura do ar arrefece, a poluição sonora reduz-se e a qualidade do ar melhora. Ao criar ecossistemas ao longo de epicentros urbanos, surge um contexto favorável e propício à mobilidade urbana ativa. Um estudo desenvolvido pela Universidade de Melbourne indicou o seguinte: "For every recreational facility available such as a park or beach, residents' physical activity increased by an extra 21 minutes per week."¹²(Walk It Out, 2013). A adição de espaços verdes fomenta a atividade física no interior da cidade, tanto para atividades de lazer, como para efeitos de circulação urbana. Como referido anteriormente, investir em formas de mobilidade urbana sustentável e ativa, assim como incentivar à prática das mesmas através da implementação de espaços verdes esteticamente atraentes, são medidas cruciais para o desenvolvimento de cidades sustentáveis, saudáveis e habitáveis. Posto isto, a criação de corredores ecológicos, desenvolvimento de parques urbanos e combinação de modalidades de mobilidade ativa com infraestrutura verde, são exemplos de conceitos que devem estar presentes na morfologia urbana associada a uma cidade Net Zero.

¹² Tradução livre pelo autor: " Por cada espaço recreativo disponível como parques ou praias, a atividade física dos residentes aumentou em cerca de 21 minutos por semana."



Figura 4.13- Ciclovias de Central Park, Estados Unidos
(*Bicycling*, sem data)



Figura 4.14- Parque del Buen Retiro, Espanha
(«Alquiler de bicis en el parque del Retiro | Bicicletas a gran precio», sem data)

4.3.4 Planeamento Urbano Verde

Por forma a conjugar todas as medidas previamente referidas, é necessária constante revisão e adaptação da malha urbana. De modo a acomodar mudança desta natureza, o planeamento afeto à cidade deve ser configurado de forma a acondicionar fatores inerentes à Infraestrutura Verde. Um exemplo de cidade que tomou como núcleo da sua conceção o conceito de Infraestrutura Verde é o caso de Songdo, na Coreia do Sul (Figura 4.15- Songdo, Coreia do Sul Figura 4.15, Figura 4.16). A cidade foi projetada tomando por base a otimização e sustentabilidade de todos os recursos afetos ao espaço urbano. Através da incorporação de tecnologia inteligente nos edifícios, uso extensivo de energias renováveis como energia geotérmica e solar, assim como a integração de sistemas avançados de gestão de resíduos, de acordo como um estudo apresentado pela KPF, apresenta valores de emissões de GEE 70% inferiores a desenvolvimentos urbanos da mesma grandeza (*New Songdo City*, 2021).



Figura 4.15- Songdo, Coreia do Sul
(*New Songdo City*, 2021)



Figura 4.16- Central Park Songdo, Coreia do Sul
(*Songdo*, 2021)

A cidade foi concebida de modo a formas de transporte sustentáveis tomarem prioridade face à utilização de veículos privados. A inclusão de zonas pedonais amplas (Figura 4.19), rede integrada de transporte público eficiente e ciclovias seguras na malha urbana, asseguram uma mobilidade eficiente ao longo da cidade (Figura 4.17).

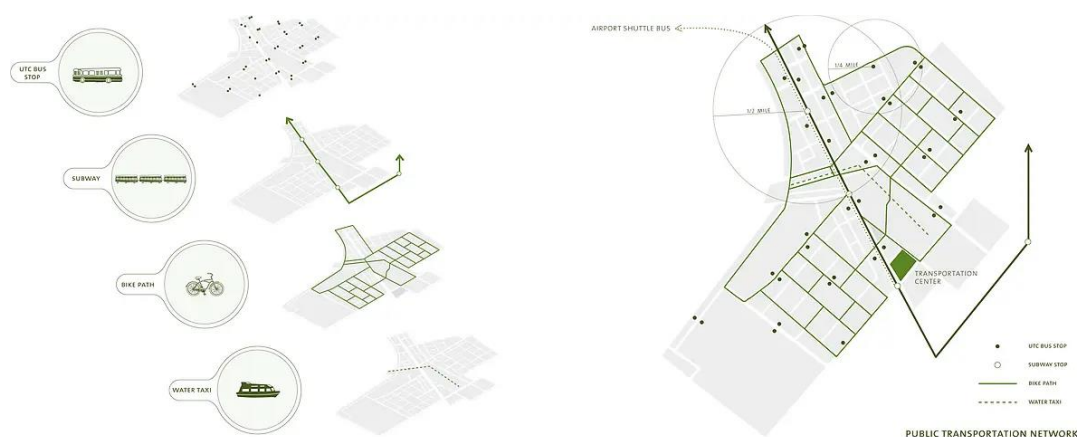


Figura 4.17- Mobilidade Urbana de Songdo, Coreia do Sul
(*New Songdo City, 2021*)



Figura 4.18- Rio de Central Park Songdo, Coreia do Sul
(«*Songdo Central Park*», 2024)

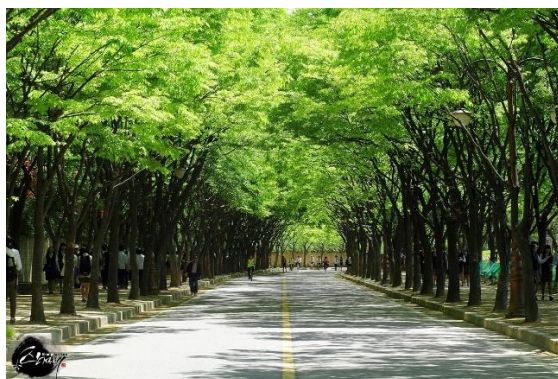


Figura 4.19- Ciclovias e zonas pedonais Grand Park Songdo, Coreia do Sul (*Incheon Grand Park - All You Need to Know BEFORE You Go (2024)*, sem data)

Atualmente, cerca de 40% da área total de Songdo é composta por espaços verdes e áreas públicas. O planeamento urbano da cidade é estruturado de forma a promover uma conexão eficiente entre zonas residenciais, comerciais e espaços verdes. As zonas residenciais estão dispostas de forma a garantir a proximidade entre locais de trabalho, serviços e transporte público, enquanto as formas de mobilidade ativa interligam essas mesmas zonas. Por forma a maximizar o acesso a grandes áreas de lazer, como é o exemplo de Central Park, estas

encontram-se situadas no núcleo da cidade. Um layout urbano desta natureza eleva a qualidade de vida, garante um ambiente urbano equilibrado e alinha-se de forma holística com os objetivos de emissões Net Zero (Figura 4.20).



Figura 4.20- Planejamento Urbano de Songdo, Coreia do Sul
(New Songdo City, 2021)

Ao instruir o conceito de Infraestrutura Verde às entidades responsáveis pelo delineamento urbano, assim como os benefícios associados à sua implementação dentro do contexto de mitigação de GEE, as cidades encontrar-se-ão mais próximas de se tornarem agentes ativos na luta contra as alterações climáticas. À semelhança de Songdo, que desde cedo na sua concepção tornou como objetivo mitigar a presença de GEE, as restantes nações comprometidas na luta contra as alterações climáticas devem desenvolver e adaptar as suas malhas urbanas em torno do conceito Infraestrutura Verde. Ao consolidar este fator em todas as áreas urbanas responsáveis por emissões antropogénicas, não só é possível reduzir substancialmente a pegada de carbono, como também melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e assegurar a sustentabilidade a longo prazo dos ecossistemas urbanos.

5 IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO NET ZERO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar um exemplo exequível de implementação Net Zero. A proposta destaca um exemplo de processo de implementação indicado para países que se encontrem em condições desfavoráveis e através de auxílio externo proveniente de mecanismos de desenvolvimento limpo é possível ambicionar objetivos arrojados dentro deste campo. São apresentados fatores determinantes à análise de viabilidade e integração do conceito Net Zero, assim como as considerações necessárias para proceder à implementação do mesmo de forma congruente. Além disso, serão discutidas temáticas relacionadas com a monitorização e avaliação do desempenho de medidas Net Zero, abordando as várias metodologias e indicadores relevantes à sua compreensão e acompanhamento eficaz das intervenções realizadas.

5.1 Análise de Viabilidade

Para um melhor entendimento do contexto em que a área urbana alvo de análise se insere, é essencial realizar uma análise de viabilidade detalhada para a implementação de medidas Net Zero. Esta análise é crucial para assegurar que as estratégias propostas sejam tecnicamente e economicamente viáveis. Uma análise bem fundamentada possibilita o desenvolvimento de um plano eficaz, alinhado com as necessidades específicas da área urbana, e maximiza as oportunidades de implementação Net Zero. Ao sintetizar parâmetros chave, o processo de implementação Net Zero está intrinsecamente relacionado com esta fase de avaliação.

5.1.1 Aspetos Técnicos

De modo a abordar o contexto e a analisa-lo de forma congruente, é necessário considerar vários aspetos técnicos inerentes à área urbana a tratar. Derivado da complexidade de integração de tecnologia e soluções sustentáveis, primeiramente deve ser realizada uma avaliação detalhada da infraestrutura existente, procurando identificar componentes com possibilidade de reaproveitamento e em necessidade de modernização. A capacidade de integração de novas tecnologias como sistemas de energia renovável, redes inteligentes, assim como infraestruturas para mobilidade elétrica, deve ser rigorosamente avaliada de forma a assegurar

compatibilidade, eficiência e total aproveitamento de oportunidades de integração Net Zero. Além da infraestrutura existente, outro aspecto fundamental para proceder em conformidade com a implementação de medidas Net Zero, é a disponibilidade de recursos da área em questão. Estimar a disponibilidade e o potencial de recursos renováveis para produção energética como solar, eólica, geotérmica, entre outros, é determinante para compreender as oportunidades de implementação de uma tecnologia desta natureza. Além do potencial de geração energética, a identificação de materiais de construção sustentáveis oriundos da área em que se insere, é outro aspecto a considerar no âmbito de reforma de costumes de construção civil. Na fase de definição de projetos infraestruturais a resiliência climática deve ser considerada em conformidade com a possibilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos. Através da revisão ou introdução integral de legislação afeta à construção e planeamento urbano, é possível estabelecer normas e diretrizes que exijam a incorporação de práticas construtivas resilientes que permitam aos habitantes, construções e espaços públicos urbanos resistir a eventuais ocorrências. Posto isto, de modo a propiciar e justificar mecanismos de resiliência climática, uma análise de risco deve ser realizada por forma a definir normas congruentes com esta informação.

A capacitação técnica dos profissionais e empresas locais é crucial para entender o processamento da instalação, operação e manutenção das medidas e tecnologias a introduzir. Posto isto, além do processo de reconhecimento de aptidões técnicas por parte destas entidades, caso necessário, devem ser previstos programas de formação de modo a garantir que trabalhadores locais possam operar e manter as tecnologias implementadas. Entre outros fatores técnicos, para proceder para uma transição Net Zero ponderada, realista e eficiente, é essencial compreender o contexto técnico em que se insere (Figura 5.1).

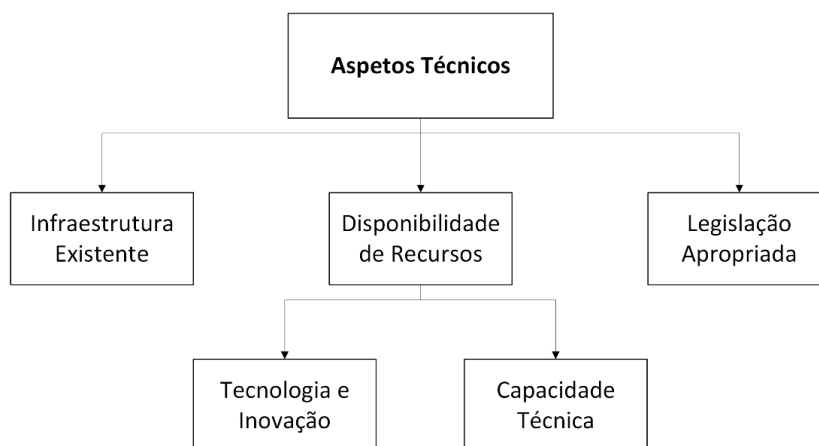


Figura 5.1-Diagrama de análise técnica de Implementação Net Zero

5.1.2 Aspetos Económicos

Uma das bases para uma transição Net Zero clara e eficiente, consiste na compreensão e definição dos custos da mesma. Através da estimativa precisa dos custos iniciais de implementação, como instalação de tecnologias renováveis, renovação de infraestruturas, assim como sintetização de custos operacionais a longo prazo, incluindo manutenção e atualização de sistemas, é possível elaborar um plano financeiro abrangente das medidas a integrar. Além da elaboração do plano financeiro para perceber os níveis de investimento necessários à transição Net Zero, uma projeção de estímulo económico proveniente desta implementação deve ser exaustivamente desenvolvida. Projetar economias futuras resultantes da redução de consumo energético, de menor dependência de combustíveis fósseis, de menor necessidade de manutenção das infraestruturas e a potencial criação de oportunidades de emprego em setores verdes, assim como o retorno económico proveniente de investimento em tecnologias renováveis e limpas, são fatores fundamentais para avaliar o impacto de uma transição Net Zero. A análise de todas estas componentes permite uma maior eficiência na fase de alocação de recursos e identificação de oportunidades para parcerias público-privadas e outras formas de financiamento que possibilitem uma transição sustentável e economicamente vantajosa (Figura 5.2).

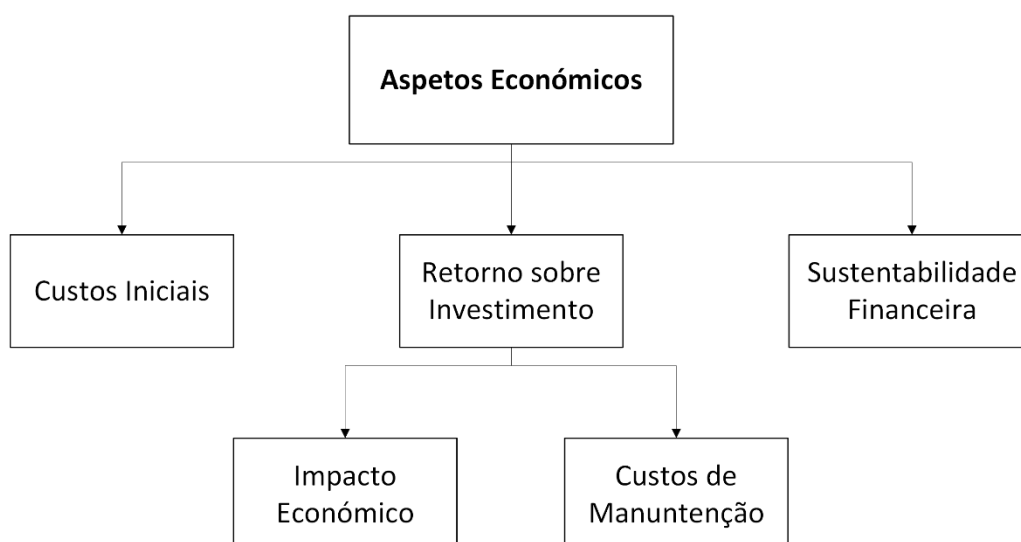


Figura 5.2- Diagrama de análise económica de Implementação Net Zero

5.2 Monitorização e Avaliação de Desempenho

Por forma a acompanhar o progresso realizado no âmbito da mitigação de emissões, é crucial implementar um sistema de avaliação e monitorização que permita medir a eficácia das medidas adotadas e identificar oportunidades para melhorias contínuas. A utilização de indicadores de desempenho como ferramenta de avaliação é determinante para este efeito, pois fornece informação transparente e quantitativa relativa ao impacto das políticas e ações Net Zero adotadas. Para este efeito, os seguintes indicadores de desempenho tomam destaque:

- Consumo Energético;
- Intensidade de Carbono;
- Proporção de energias renováveis no perfil de consumo energético;
- Qualidade do ar.

Através da presença deste tipo de conteúdo informativo nos vários relatórios periódicos a apresentar, a transparência para com todas as partes interessadas, incluindo residentes, governos e investidores é assegurada. Os relatórios, que devem ser apresentados com periodicidade bienal, devem fornecer informação clara do progresso em relação às metas Net Zero. Informação como projeções de anos de picos de emissões, sucessos alcançados, desafios enfrentados, assim como a introdução de estratégias para superá-los devem ser prioritárias no âmbito de cobertura mediática e comunicação social. Além de relatórios referentes à área urbana alvo de monitorização, outra forma de adaptação de medidas Net Zero passa pela comparação de desempenho com outros centros urbanos. O processo de benchmarking entre duas áreas urbanas semelhantes a nível morfológico pode ser uma ferramenta de auxílio para melhor entendimento das áreas a desenvolver. A identificação de padrões de sucesso, assim como de falhas, permite às entidades responsáveis a adaptação de estratégias e práticas urbanísticas eficazes. A partir de um ciclo contínuo entre todos estes fatores (Figura 5.3), em conjunto com a competência para a tomada de ação em conformidade com os resultados obtidos por parte das entidades responsáveis, o processo de integração de medidas Net Zero, assim como os resultados obtidos a nível de emissões de GEE, devem gradualmente revelar melhorias significativas.

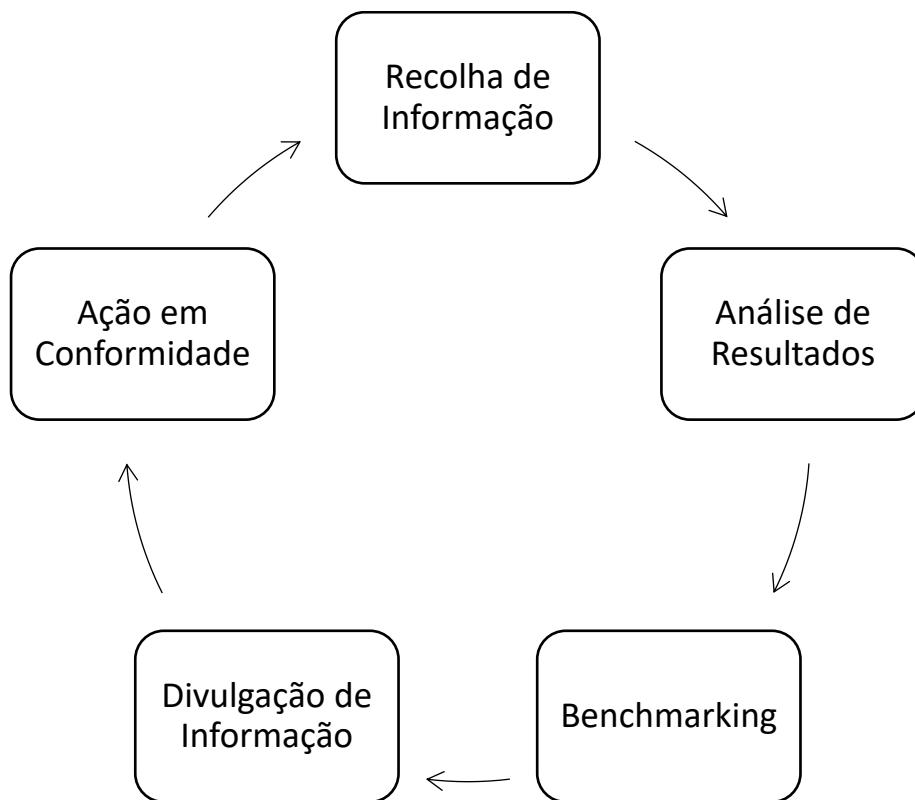


Figura 5.3- Ciclo Contínuo de Monitorização e Divulgação Net Zero

Assim, ao combinar indicadores de desempenho, relatórios regulares e benchmarking, as cidades podem estabelecer um ciclo de melhoria contínua que permite aos seus intervenientes informação clara, fidedigna e contexto dentro deste âmbito. Através de mecanismos de cooperação, as tarefas de avaliação, monitorização e adaptação de medidas Net Zero tornam-se mais eficazes e eficientes, permitindo a partilha de conhecimentos, identificação de melhores práticas e aceleração do processo de implementação de medidas Net Zero.

5.3 Implementação em Contexto Urbano

Nos dias de hoje, apesar da cobertura mediática e fontes de informação relativas à evolução de GEE nos centros urbanos, de modo geral, os resultados demonstram-se insatisfatórios neste campo. Verifica-se que, apesar da conceituação do termo "Infraestrutura Verde" especialmente em países desenvolvidos na Europa, América do Norte e algumas nações asiáticas, é possível formar perspectivas distintas face aos esforços realizados pelos países comprometidos com a ação climática. Posto isto, embora países desenvolvidos possuam a capacidade e flexibilidade de reformar campos urbanos em torno de práticas sustentáveis sem repercussões, existem casos onde, derivado das condições precárias em que se inserem, o mesmo não pode suceder de forma inconsequente. Dentro deste contexto, as NDCs que surgem devem tomar caráter rigoroso para ambos os cenários. Dada a facilidade de transição e adaptação urbana por parte dos países economicamente bem-sucedidos, as contribuições a que se sujeitam devem corresponder à facilidade de adaptação que possuem. Além das NDCs ambiciosas que devem objetivar a nível nacional, deverão prestar auxílio aos restantes. Através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, inicialmente apresentados no Protocolo de Quioto, devem facultar ferramentas financeiras de modo a integrar projetos sustentáveis nos meios urbanos em desenvolvimento. Através da alocação de fundos à implementação de infraestruturas verdes, planos de reforma energética de edifícios e apropriação de infraestrutura de mobilidade e transporte, a projeção urbana de países em desenvolvimento deverá florescer num contexto ecológico, eficiente e sustentável. Além de investimento, à imagem dos casos de referência previamente referidos, devem surgir planos de ação climáticos concisos, concretamente objetivos, realistas, com margem de melhoria e, de modo a tornar o progresso realizado público, apropriadamente divulgados. Este processo, apesar de moroso, através de um desencadear de ações climáticas alinhadas com os objetivos Net Zero, tem o potencial de gerar mudanças significativas. A partir de uma transição cuidadosamente estudada, comprometida, atraente e responsável, eventualmente iniciar-se-á a mobilização de recursos financeiros e consequente facilidade de acesso a tecnologias limpas.

Para finalizar, após a consolidação dos fatores discutidos na Análise de Viabilidade, assim como a capacidade de reinvenção e adaptação em função dos resultados obtidos, tomando como ponto de partida os mecanismos de cooperação discutidos, o seguinte cronograma apresenta uma proposta de implementação Net Zero realista (Figura 5.4).

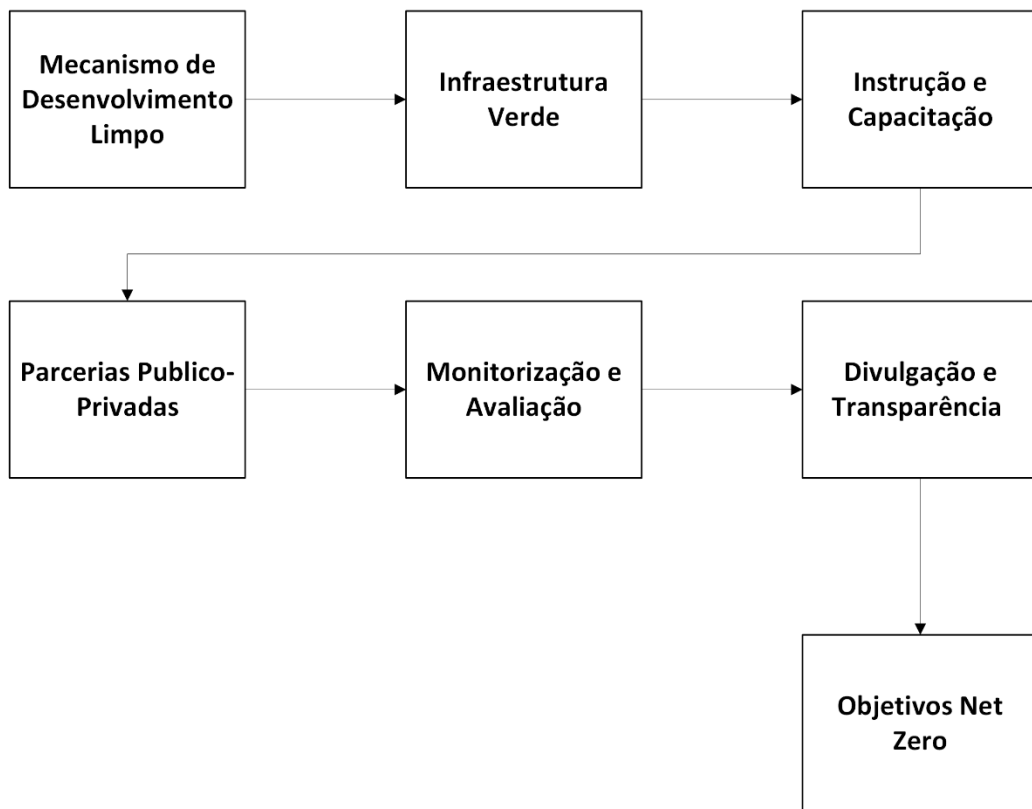


Figura 5.4- Processo de Implementação Net Zero

5.4 Conclusão

Ao longo do presente capítulo abordaram-se diversos aspectos cruciais para a integração do conceito Net Zero em contextos urbanos, dando especial destaque a zonamentos urbanos em situações inadequadas para que, de forma independente, possam enfrentar as emissões provenientes dos setores constituintes do meio em que se inserem. Foi apresentado um exemplo de processo de implementação que demonstra como, apesar das limitações técnicas e económicas destes zonamentos, através de soluções inovadoras e recorrendo a mecanismos de desenvolvimento limpo, é possível implementar estratégias eficazes para alcançar objetivos ambiciosos dentro do âmbito de emissões antropogénicas.

A análise de viabilidade discutida destacou a importância de uma análise profunda dos vários aspectos inerentes à implementação do conceito. Através da sintetização atual dos vários parâmetros técnicos e económicos do local alvo de intervenção, é possível perceber e entender de forma mais clara os desafios inerentes à implementação objeto de estudo. Através de uma análise profunda de fatores como infraestrutura existente, custo-benefício de tecnologias a integrar, eficiência energética, entre outros, é possível tomar ação em conformidade com as oportunidades resultantes deste estudo.

Por fim, foram explorados os mecanismos de avaliação de desempenho e a importância que estes possuem no processo de integração de medidas Net Zero. A relevância de estabelecer indicadores de desempenho claros, assim como promover a cooperação nacional, internacional e benchmarking, são fatores essenciais para uma implementação Net Zero flexível e comprometida. Os mecanismos objeto de estudo além de permitirem às nações monitorizar e ajustar as suas políticas em conformidade, também permitem aos países entenderem e fundamentarem determinadas práticas a implementar em função dos resultados de experiências previamente realizadas, promovendo assim uma prosperidade conjunta e um avanço coletivo no âmbito da sustentabilidade urbana. Posto isto, o capítulo fornece um guia geral de implementação de estratégias Net Zero, destacando a importância de uma abordagem integrada, colaborativa e transparente para enfrentar os desafios ambientais aos quais estão sujeitos.

6 CONCLUSÕES FINAIS

Ao longo da dissertação foram alvo de estudo os primeiros passos tomados em direção a uma sociedade ecologicamente equilibrada e a sua evolução até à atualidade. Analisou-se as iniciativas pioneiras no campo do Desenvolvimento Sustentável, enfatizando a adaptação e criação de práticas e mecanismos sustentáveis para combater as alterações climáticas decorrentes. Contudo, através da urbanização e crescimento populacional exponencial, o panorama urbano e a forma como as cidades são planeadas e desenvolvidas tornaram-se cruciais no âmbito de redução de emissões de GEE. Posto isto, abordou-se algumas considerações fundamentais à reforma da morfologia urbana e o modo como o Planeamento Urbano deveria ser tratado por forma a tornar epicentros urbanos em locais ecologicamente comportáveis e sustentáveis. Temáticas como conservação de recursos, a acessibilidade, e a criação de infraestruturas verdes foram discutidas ao longo da presente dissertação e destacadas como elementos chave para a resiliência climática, bem-estar das populações e consequente mitigação de impactos ambientais nos meios urbanos.

Foi introduzido o conceito Net Zero, incluindo os seus princípios básicos, definição científica, dados e estudos relevantes à sua compreensão que fundamentam a necessidade do mesmo para a concretização dos objetivos ambientais propostos no mais recente tratado internacional. Apresentou-se relatórios, estudos e projeções que reforçam a importância de um papel ativo e comprometido no combate às alterações climáticas. Dentro deste contexto, abordou-se o processo de formalização de compromissos através de Nationally Determined Contributions e o impacto que, quando rigorosas, ambiciosas e cooperativas, estas podem ter no progresso de mitigação de GEE ao longo dos anos.

No capítulo dedicado a casos de referência, foram alvo de análise Barcelona e Singapura com o objetivo de exemplificar o conceito Net Zero e a forma como este se manifestou nos vários campos urbanos. Por forma a contextualizar a configuração urbana, uso de solo e estado infraestrutural de ambas as localizações, analisou-se a história de desenvolvimento urbano das mesmas, apresentando a evolução das cidades e justificando a composição da mesma com base na sua trajetória histórica e nos desafios enfrentados ao longo do tempo. De modo a perceber a evolução e compromisso climático das cidades, estudou-se o comportamento da linha de tendência de emissões antropogénicas ao longo dos anos, assim como os perfis de emissões relativos aos setores e fontes de consumo energético. Deste modo, foi

possível analisar o desempenho climático dos setores, evolução dos mesmos ao longo dos anos e a situação atual relativa à reforma de consumo energético para fontes sustentáveis de ambas as cidades. Finalmente, contextualizando os casos de referência com a presente dissertação, abordou-se as práticas Net Zero em vigor dentro destes meios. Estudou-se os planos de ação climático desenvolvidos pelas entidades responsáveis de Barcelona e Singapura por forma a compreender os objetivos e alinhamento das medidas que ambas propõem, assim como o planeamento e estruturação do documento no âmbito de tratamento de emissões de GEE. Analisou-se medidas relativas ao campo de mobilidade, gestão de recursos, consumo energético entre outras estratégias e projetos Net Zero a adotar.

Após consolidação da pesquisa bibliográfica realizada, foi possível destacar medidas e estratégias Net Zero essenciais para a reforma urbana preconizada. Fundamentadas pelo estado de arte desenvolvido, assim como estudos apresentados ao longo do capítulo, foram alvo de destaque as Medidas e Estratégias Net Zero consideradas cruciais para a prosperidade e Desenvolvimento Sustentável de meios urbanos. Concluiu-se que, as estratégias de sustentabilidade urbana discutidas, combinadas com compromissos administrativos e regulamentares para implementação das mesmas, são a base inegável para alcançar objetivos Net Zero. Ao assegurar uma relação intrínseca entre todos estes fatores, surge um contexto favorável para a integração destas medidas de forma eficaz e sustentável.

Seguido da sintetização das Medidas e Estratégias a integrar, procedeu-se à delimitação da proposta de implementação Net Zero. Considerando o pior caso cenário a nível de índice de desenvolvimento urbano, aplicável aos restantes excetuando alguns aspetos, desenvolveu-se uma proposta de implementação Net Zero ponderada e exequível a nível urbano. De modo a compreender a natureza da implementação, uma análise de viabilidade foi objeto de estudo onde foram discutidos os aspetos técnicos e económicos relevantes à integração Net Zero no meio urbano. Sendo que, a delimitação do cronograma de implementação Net Zero está diretamente associada à informação proveniente do estudo de viabilidade, após definição dos parâmetros económicos e técnicos, é possível proceder em conformidade com o processo de implementação Net Zero proposto.

Em suma, a tese pretendeu demonstrar que, embora desafiadora e morosa, a implementação do conceito Net Zero é o primeiro passo em direção a um futuro ecológico, responsável e sustentável. A evolução do conhecimento humano, tecnologia e sensibilização, permite-nos abordar as questões relativas ao quotidiano urbano com uma perspetiva renovada e soluções inovadoras. Através desta integração, à imagem do conceito pioneiro Desenvolvimento Sustentável, podemos enfrentar os desafios atuais e construir um mundo resiliente,

onde o progresso e a harmonia dos vários contextos urbanos se tornam uma realidade tangível e sustentável para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UA. Brown, V., & Kernaghan, K. K. (2011). From participation to polyphony: Reconceptualizing urban planning through sustainable development. *Journal of Environmental Planning and Management*. Brown, V. A., & Kernaghan, K. (2011). From participation to polyphony: Reconceptualizing urban planning through sustainable development. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54(10), 1277-1297. doi:10.1080/09640568.2011.569007.

About Green Roofs. (sem data). Green Roofs for Healthy Cities. Obtido 5 de agosto de 2024, de <https://greenroofs.org/about-green-roofs>

Address by Irina Bokova, Director-General of UNESCO on the occasion of the 6th World Water Forum, Launching Ceremony of the 4th World Water Development Report; Marseille, 12 March 2012—UNESCO Digital Library. (2012). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000215636>

Alquiler de bicis en el parque del Retiro | Bicicletas a gran precio. (sem data). *Rent&Roll Madrid*. Obtido 7 de agosto de 2024, de <https://rentandrollmadrid.com/alquiler-de-bicicletas/paseo/>

Amani-Beni, M., Zhang, B., Xie, G.-D., & Shi, Y. (2019). Impacts of Urban Green Landscape Patterns on Land Surface Temperature: Evidence from the Adjacent Area of Olympic Forest Park of Beijing, China. *Sustainability*, 11(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.3390/su11020513>

Balanç_Energia_2022.pdf. (sem data). Obtido 2 de abril de 2024, de https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/133640/1/Balanc%cc%a7_Energia_2022.pdf

Barcelona. (2024). Em *Wikipédia, a enciclopédia livre*. <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Barcelona&oldid=67588049>

Barcelona imposes severe water restrictions during worst drought ever. (2024, fevereiro 1). Euronews. <https://www.euronews.com/green/2024/02/01/spain-expected-to-declare-drought-emergency-today-with-big-fines-for-breaking-water-rules>

Barton, M. A., & Pretty, J. R. (2010). Urban Green Spaces and Health: A Review of Evidence. *Journal of Environmental Management*.

Bausells, M. (2016). Story of cities #13: Barcelona's unloved planner invents science of «urbanisation». *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/cities/2016/apr/01/story-cities-13-eixample-barcelona-ildefons-cerda-planner-urbanisation>

Bicycling. (sem data). Central Park Conservancy. Obtido 7 de agosto de 2024, de <https://www.centralparknyc.org/activities/guides/bicycling>

Bike, Pedestrian, and Micromobility Strategic Action Plan. (sem data). MTA. Obtido 1 de agosto de 2024, de <https://new.mta.info/bike-micromobility-strategic-action-plan>

Carbon footprint of travel per kilometer. (2022). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-footprint-travel-mode>

Cassou, B. (2020, outubro 5). *Plano Cerdà: O plano diretor que transformou Barcelona em exemplo de projeto de urbanização*. Conteúdo Archtrends Portobello. <https://blog.archtrends.com/plano-cerda/>

Catalonia declares drought emergency, extending restrictions to Barcelona | Catalonia | The Guardian. (2024). <https://www.theguardian.com/world/2024/feb/01/catalonia-declares-drought-emergency-extending-water-limits-to-barcelona>

Catalonia GHG Emissions. (sem data). Climate Change. Obtido 17 de julho de 2024, de http://canviclimatic.gencat.cat/en/canvi/inventaris/emissions_de_geh_a_catalunya/index.html

Cerdà, O. C. A. (sem data). *El web de l'Any Cerdà.* Obtido 23 de julho de 2024, de <http://www.anycerda.org/web/es/any-cerda/fa-150-anys/resum>

Chàfer, M., Pérez, G., Coma, J., & Cabeza, L. F. (2021). A comparative life cycle assessment between green walls and green facades in the Mediterranean continental climate. *Energy and Buildings, 249*, 111236. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111236>

City in Nature. (2021). <https://www.greenplan.gov.sg/key-focus-areas/city-in-nature/>

Climate_plan_maig.pdf. (sem data). Obtido 8 de abril de 2024, de https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/climate_plan_maig.pdf

CNA Explains: Singapore's energy sources and the future of its electricity supply. (2023). CNA. <https://www.channelnewsasia.com/singapore/singapore-electricity-sources-natural-gas-renewable-solar-energy-import-3252076>

Coastal Protection. (2020). PUB, Singapore's National Water Agency. <http://www.pub.gov.sg/Public/KeyInitiatives/Coastal-Protection>

Commentary: Mangroves, a crown jewel of Singapore's coastline. (sem data). CNA. Obtido 6 de junho de 2024, de <https://www.channelnewsasia.com/commentary/mangrove-sungei-buloh-park-climate-change-carbon-sea-rise-coast-2052221>

Desalinizadora del Prat. (sem data). Agencia Catalana del Agua. Obtido 26 de abril de 2024, de <http://aca.gencat.cat/es/laigua/infraestructures/dessalinitzadores/dessalinitzadora-del-prat/>

Downtown Line achieves BCA Green Mark Gold^{PLUS} | MND Link | Ministry of National Development. (2018). <https://www.mnd.gov.sg/mndlink/2018/jan-feb/article2.htm>

East River. (2024). Em *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=East_River&oldid=1233893428

EMA | Energy Storage Systems. (sem data). Obtido 17 de julho de 2024, de <https://www.ema.gov.sg/our-energy-story/energy-grid/energy-storage-systems>

Emisiones de GEI a Cataluña. (sem data). Cambio climático. Obtido 2 de abril de 2024, de http://canviclimatic.gencat.cat/es/canvi/inventaris/emissions_de_geh_a_catalunya/

Energy poverty. (sem data). Obtido 8 de abril de 2024, de https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumer-rights/energy-poverty_en

Energy Reset. (2021). <https://www.greenplan.gov.sg/key-focus-areas/energy-reset/>

ES-2023-10-17 EU submission NDC update.pdf. (sem data). Obtido 23 de julho de 2024, de <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-10/ES-2023-10-17%20EU%20submission%20NDC%20update.pdf>

firenze. (2016, abril 25). The Brilliance of Ildefons Cerdà. *Live Life Barcelona Tours*. <https://live-lifebcn.com/2016/04/25/barcelona-expansion-plan/>

Fort Canning Hill. (2024). Em *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Fort_Canning_Hill&oldid=1220764771

G. Victor, D., Lumkowsky, M., Dannenberg, A., & Carlton, E. (2022). *Success of the Paris Agreement hinges on the credibility of national climate goals.*

<https://www.brookings.edu/articles/success-of-the-paris-agreement-hinges-on-the-credibility-of-national-climate-goals/>

Gás Natural Veicular | Sobre o Gás Natural | Portgás. (sem data). Portgás Website. Obtido 10 de abril de 2024, de <https://www.portgas.pt/sobre-o-gas-natural/gas-natural-veicular/>

GDP per capita (current US\$). (sem data). World Bank Gender Data Portal. Obtido 16 de maio de 2024, de <https://liveprod.worldbank.org/en/indicator/ny-gdp-pcap-cd>

Get Updates on Sunshine Hours in Singapore | Monthly Average. (2024). World Weather & Climate Information. <https://weather-and-climate.com/average-monthly-hours-Sunshine,Singapore,Singapore>

Gilbert, A. (2012). Urban Inequality and Segregation: The Role of Urban Planning. *Urban Studies*.

Green infrastructure—European Commission. (2024, agosto 20). https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en

Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe. (2023, outubro 24). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools. (sem data-a). IEA. Obtido 24 de julho de 2024, de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>

Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools. (sem data-b). IEA. Obtido 22 de maio de 2024, de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>

- Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer – Data Tools*. (2021). IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>
- GWP. (2000). *Integrated Water Resources Management. TAC Background Papers No. 4. Stockholm: GWP*. GWP. <https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/>
- Incheon Grand Park—All You Need to Know BEFORE You Go (2024)*. (sem data). Tripadvisor. Obtido 12 de agosto de 2024, de https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g297889-d3682086-Reviews-Incheon_Grand_Park-Incheon.html
- Ipcc. (2022). *Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* (1.^a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>
- Jackson Plan. (2023). Em *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jackson_Plan&oldid=1189815714
- Lee, A. C. K., Jordan, H. C., & Horsley, J. (2015). Value of urban green spaces in promoting healthy living and wellbeing: Prospects for planning. *Risk Management and Healthcare Policy, 8*, 131–137. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S61654>
- LEZ - Mobilitat—Àrea Metropolitana de Barcelona*. (2020). Mobilitat. <https://www.amb.cat/web/mobilitat/mobilitat-sostenible/zbe/zones-baixes-emissions/la-zbe>
- Liu, K. K. Y., & Bass, B. (2003). *Performance of green roof systems*.
- LTA / Roads*. (sem data). Obtido 17 de julho de 2024, de https://www.lta.gov.sg/content/lta-gov/en/who_we_are/our_work/road.html

MacRitchie Reservoir Park. (sem data). AllTrails.Com. Obtido 31 de maio de 2024, de <https://www.alltrails.com/parks/singapore/central/macritchie-reservoir-park>

Mapa: ¿Cuánta energía puedes generar? | Energía Barcelona | Ayuntamiento de Barcelona. (2024). <https://www.energia.barcelona/es/generar-energia/generar-energia/mapa-cuanta-energia-puedes-generar>

Marina Barrage. (sem data). *Greenroofs.Com*. Obtido 3 de junho de 2024, de <http://www.greenroofs.com/projects/marina-barrage/>

Monlau, P. F. (1841). *Abajo las murallas!!!: Memoria de las ventajas que reportaria Barcelona, y especialmente su industria, de la demolición de las murallas que circuyen la ciudad ...*
Imp. del Constitucional.

MOT Singapore – Gain new perspectives on land, sea & air transport. (sem data). Obtido 11 de julho de 2024, de <http://www.mot.gov.sg/what-we-do/green-transport>

Nations, U. (2023). *Global Stocktake reports highlight urgent need for accelerated action to reach climate goals*. United Nations. <https://www.un.org/en/climatechange/global-stocktake-reports-highlight-urgent-need-for-accelerated-action-to-reach-climate-goals>

New report reveals EU solar power soars by almost 50% in 2022—SolarPower Europe. (2022). <https://www.solarpowereurope.org/press-releases/new-report-reveals-eu-solar-power-soars-by-almost-50-in-2022>

New Songdo City. (2021). KPF. <https://www.kpf.com/project/new-songdo-city>

New Standard Page. (sem data). National Parks Board. Obtido 6 de junho de 2024, de <https://www.nparks.gov.sg/biodiversity/our-ecosystems/coastal-and-marine/mangroves>

NParks Park Connector Network. (sem data). Obtido 7 de junho de 2024, de <https://pcn.nparks.gov.sg/>

NWC. (sem data). *Mapa da bicicleta de Lisboa: Ciclovias e ciclovias de Lisboa*. Obtido 1 de agosto de 2024, de <https://pt.lisbonmap360.com/mapa-de-lisboa-em-bicicleta>

Oasia Hotel Downtown, Singapore. (sem data). Obtido 3 de junho de 2024, de <https://www.oasiahotels.com/en/singapore/hotels/oasia-hotel-downtown>

Oil industry in Singapore. (2022). Em *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Oil_industry_in_Singapore&oldid=1108798514

Olympic_forest_park_beijing_original.jpg (751×471). (sem data). Obtido 6 de agosto de 2024, de https://images-production.gardenvisit.com/uploads/images/12470/olympic_forest_park_beijing_original.jpg

Open Knowledge Repository. (2010). <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/9dd0caa3-4a61-520e-8579-724d31f8a713>

Past Long-Term Plans. (2014). <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Long-Term-Plan-Review/Past-Long-Term-Plans>

Pereira, R. H. M., & Herszenhut, D. (2023). *Introduction to urban accessibility: A practical guide with R*. <https://doi.org/10.38116/9786556350547>

«*Plan of the Town of Singapore*», also known as the “*Jackson Plan*”, *Singapore, 1828, lithograph*. (2019). <https://www.roots.gov.sg/stories-landing/stories/the-singapore-story-through-60-objects/colonial/jackson-plan/story>

Planning a Nation: The Concept Plan. (2014). <https://biblioasia.nlb.gov.sg/vol-10/issue-3/oct-dec-2014/singapore-concept-plan/>

Plano Cerdá. (2021a). Em *Wikipédia, a enciclopédia livre*. https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Plano_Cerd%C3%A1&oldid=61690489

Plano Cerdá. (2021b). Em *Wikipédia, a enciclopédia livre*. https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Plano_Cerd%C3%A1&oldid=61690489

Regional Power Grids / EMA. (2024). <https://www.ema.gov.sg/our-energy-story/energy-supply/regional-power-grids>

REN21. (2020). *RENEWABLES 2020 GLOBAL STATUS REPORT*. <https://www.ren21.net/gsr-2020>

Republic of Singapore—Master Plan 1958. (sem data). Obtido 6 de maio de 2024, de https://www.ura.gov.sg/dc/mp58/mp58map_index.htm

Resilient Future. (2021). <https://www.greenplan.gov.sg/key-focus-areas/resilient-future/>

Ritchie, H., & Roser, M. (2024). What are the safest and cleanest sources of energy? *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/co2/country/singapore>

Rooftop Greenery. (sem data). Obtido 5 de agosto de 2024, de <https://skyrisegreenery.nparks.gov.sg/skyrise-greenery/rooftop/>

Satterthwaite, D. (2016). *The impacts of urbanization on development: A global perspective*.

say, P. M. H. your. (2021, julho 27). *Singapore launches large-scale floating solar farm in Temgeh Reservoir*. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/singapore-launches-large-scale-floating-solar-farm-in-temgeh-reservoir/>

Shell boosts Pulau Bukom refinery storage by some 1.3m barrels / *The Straits Times*. (sem data). Obtido 20 de maio de 2024, de <https://www.straitstimes.com/business/companies-markets/shell-boosts-singapores-bukom-refinery-storage-by-some-13m-barrels>

Singapore Green Plan 2030. (2021). <https://www.greenplan.gov.sg/>

Singapore's Emissions Profile. (sem data). Obtido 20 de maio de 2024, de <https://www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/singapores-climate-targets/singapore-emissions-profile/>

Singapura (estado da Malásia). (2021). Em *Wikipédia, a enciclopédia livre*. [https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Singapura_\(estado_da_Mal%C3%A1sia\)&oldid=60159130](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Singapura_(estado_da_Mal%C3%A1sia)&oldid=60159130)

Sir Thomas Stamford Raffles and the Foundation of Singapore. (2022). Historic UK. <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofBritain/Raffles-And-History-Of-Singapore/>

Skyrise Greenery. (sem data). Obtido 7 de junho de 2024, de <https://skyrisegreenery.nparks.gov.sg/>

SM_TEL4_Eng.png (8445x8445). (sem data). Obtido 12 de julho de 2024, de https://www.lta.gov.sg/content/dam/ltagov/getting_around/public_transport/rail_network/image/SM_TEL4_Eng.png

Songdo: A Cidade Inteligente da Coreia do Sul. (2021, junho 30). Engenharia 360 - Engenharia para todos. <https://engenharia360.com/conheca-songdo-a-cidade-do-futuro-rece-criada-na-coreia-do-sul/>

Songdo Central Park. (2024). Em *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Songdo_Central_Park&oldid=1221740839

Statistics / Eurostat. (sem data). Obtido 1 de abril de 2024, de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_AIGG_Q_custom_4845170/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=d454f847-b238-4c4a-b3da-9ffe6cf04467

Sustainable Urban Development. (2014, julho 29). *Institute for Transportation and Development Policy - Promoting Sustainable and Equitable Transportation Worldwide*.
<https://itdp.org/our-work/sustainable-urban-development/>

Taking your bike on MTA subways, buses, and railroads. (sem data). MTA. Obtido 2 de agosto de 2024, de <https://new.mta.info/guides/bikes>

Tan See Leng on ASEAN Power Grid and regional electricity sustainability. (2023). CNA.
<https://www.channelnewsasia.com/watch/tan-see-leng-asean-power-grid-and-regional-electricity-sustainability-3365366>

Tengeh Reservoir floating solar farm officially opens, «big step» towards environmental sustainability, says PM Lee. (2021). CNA. <https://www.channelnewsasia.com/tengeh-reservoir-floating-solar-farm-officially-opens-big-step-towards-environmental-sustainability-says-pm-lee-2020521>

The Organization, internal operation and programmes of services responsible for the scientific study of natural resources from the point of view of their conservation—UNESCO Digital Library. (2006). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000143668>

The Padang. (sem data). Obtido 29 de abril de 2024, de <https://www.roots.gov.sg/places/places-landing/Places/national-monuments/the-padang>

The United Nations world water development report 2015: Water for a sustainable world—UNESCO Digital Library. (2015). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823>

Transport and environment report 2021. (2021). [Publication]. European Environment Agency.
<https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021>

T-verda metropolitana—Mobilitat—Àrea Metropolitana de Barcelona. (2017, outubro 2). Mobilitat. <https://www.amb.cat/web/mobilitat/projectes-oberts/detall/-/projecteobert/t-verda-metropolitana/6395163/11704>

UNFCCC. (2022). *Singapore's Fifth National Communication and Fifth Biennial Update Report*. <https://www.nea.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/nc5bur5-c1-27oct.pdf>

United Nations Environment Programme. (2023). *Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>

Urban green infrastructure planning and nature-based solutions—English. (2023). <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-areas>

US EPA, O. (2015, abril 24). *Green Infrastructure* [Collections and Lists]. <https://www.epa.gov/green-infrastructure>

Vertical Greenery. (sem data). Obtido 5 de agosto de 2024, de <https://skyrisegreenery.nparks.gov.sg/skyrise-greenery/vertical/>

Viajonários. (2020, janeiro 8). Jardim Botânico de Singapura: Incrível Patrimônio da Humanidade. *Viajonários*. <https://viajonarios.com/jardim-botanico-de-singapura/>

Walk it out: Urban design plays key role in creating healthy cities. (2013). ScienceDaily. <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130307124427.htm>

Water recycling: Can desalination fix Barcelona's water crisis? (2023, junho 5). Euronews. <https://www.euronews.com/green/2023/06/05/can-desalination-help-combat-europes-water-crisis-drought-struck-barcelona-is-banking-on-i>

What are NDCs and how do they drive climate action? (2023). UNDP Climate Promise.

<https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/NDCs-nationally-determined-contributions-climate-change-what-you-need-to-know>

What is the Barcelona Ring Roads Low Emission Zone? | Air Quality | Ajuntament de Barcelona.

(2020). <https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/en/low-emission-zone/what-barcelona-ring-roads-low-emission-zone>

What makes the Singapore economy tick? (sem data). Obtido 20 de maio de 2024, de

<https://www.guidemesingapore.com/business-guides/incorporation/why-singapore/singapore-economy---a-brief-introduction>

Whistler, D. (2024). Parque Ibirapuera. Em *Wikipédia, a enciclopédia livre*. https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Parque_Ibirapuera&oldid=68189399

World Urbanization Prospects The 2018 Revision. (2018).

Yeo, R. (2022, dezembro 23). Sembcorp builds South-east Asia's largest energy storage system on Jurong Island. *The Straits Times*. <https://www.straitstimes.com/business/sembcorp-commissions-south-east-asia-s-largest-energy-storage-system-on-jurong-island>

ANEXOS

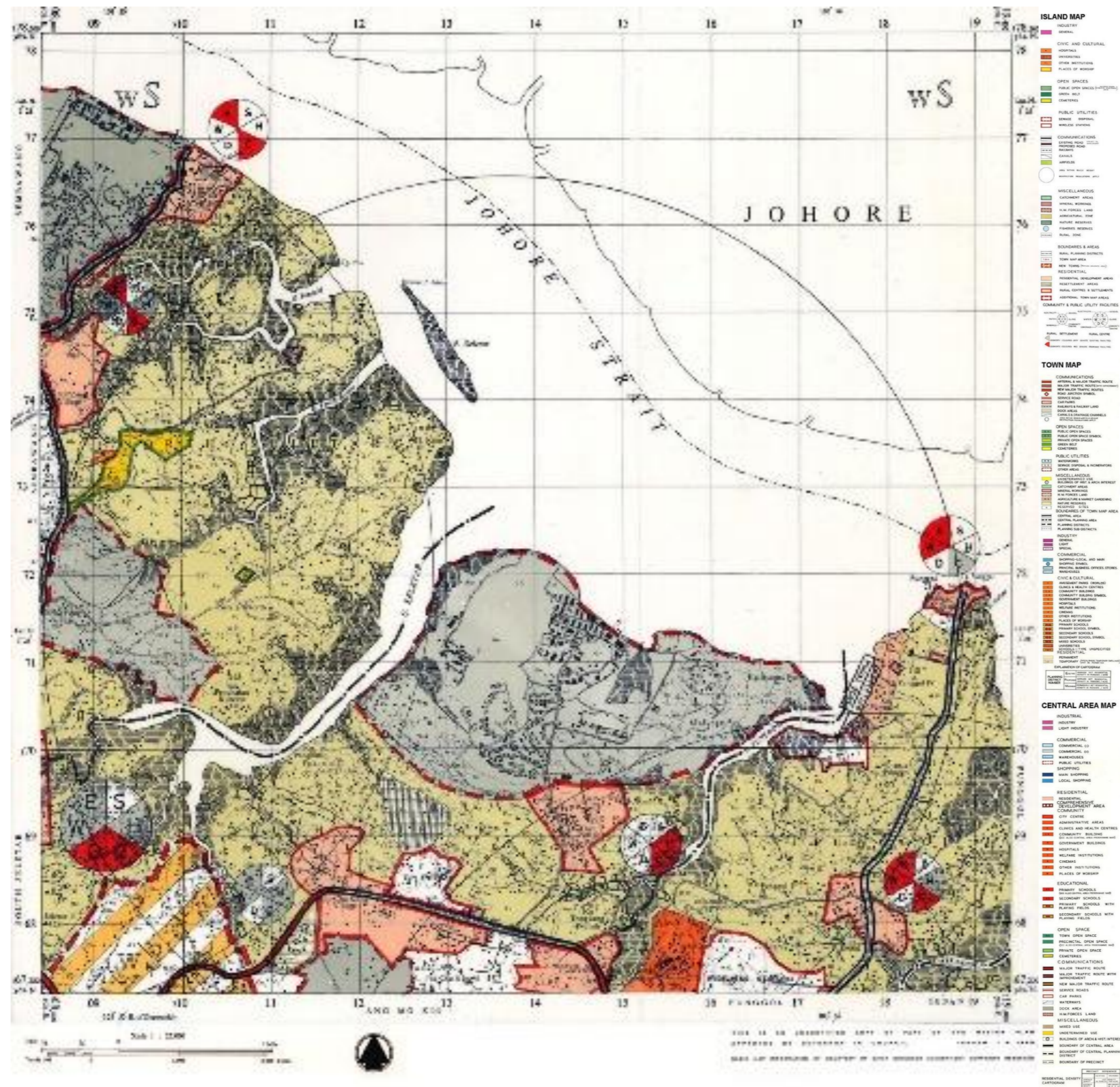


Figura A 1- "Island Map", zona Nordeste plano de 1958, Singapura.

ISLAND MAP

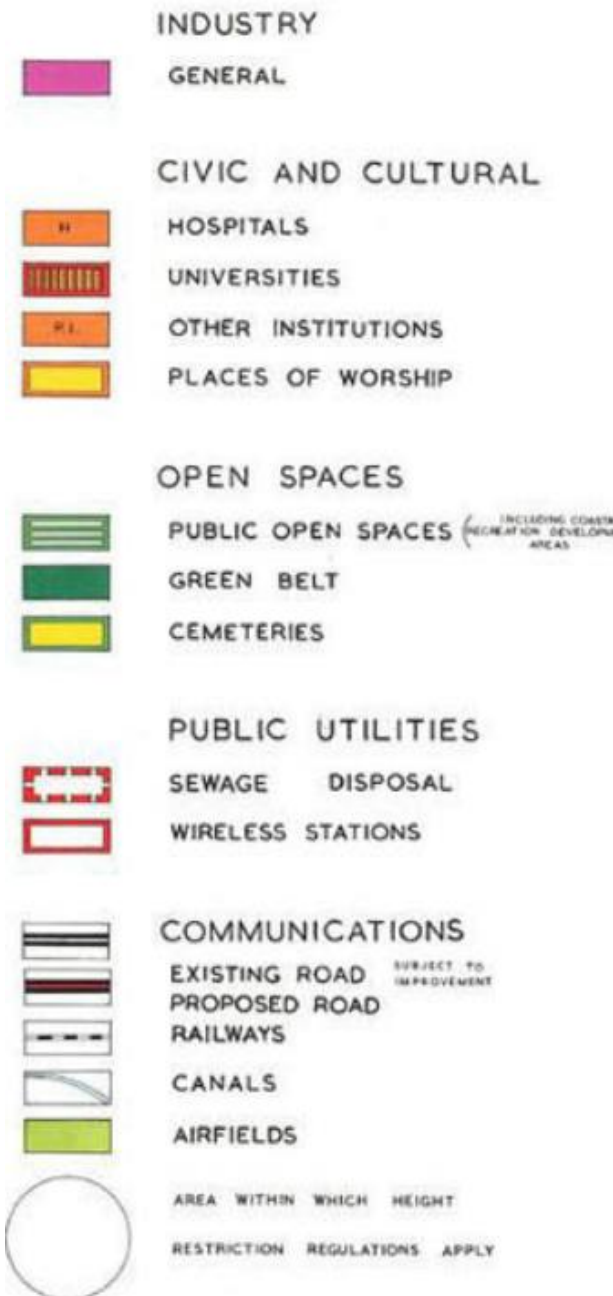


Figura A 4- Legenda "Island Map" (1) plano de 1958, Singapura.



Figura A 5- Legenda "Island Map" (2) plano de 1958, Singapura.

TOWN MAP

COMMUNICATIONS

- ARTERIAL & MAJOR TRAFFIC ROUTE
- MAJOR TRAFFIC ROUTE (WITH IMPROVEMENT)
- NEW MAJOR TRAFFIC ROUTES
- ROAD JUNCTION SYMBOL
- SERVICE ROAD
- CAR PARKS
- RAILWAYS & RAILWAY LAND
- DOCK AREAS
- CANALS & DRAINAGE CHANNELS
- AREA WITHIN WHICH AIRFIELD HEIGHT RESTRICTION REGULATIONS APPLY

OPEN SPACES

- PUBLIC OPEN SPACES
- PUBLIC OPEN SPACE SYMBOL
- PRIVATE OPEN SPACES
- GREEN BELT
- CEMETERIES

PUBLIC UTILITIES

- WATERWORKS
- SEWAGE DISPOSAL & INCINERATORS
- OTHER AREAS

MISCELLANEOUS

- UNDETERMINED USE
- BUILDINGS OF HIST. & ARCH. INTEREST
- CATCHMENT AREAS
- MINERAL WORKINGS
- H. M. FORCES LAND
- AGRICULTURE & MARKET GARDENING
- NATURE RESERVES
- RESERVED SITES

BOUNDARIES OF TOWN MAP AREA

- CENTRAL AREA
- CENTRAL PLANNING AREA
- PLANNING DISTRICTS
- PLANNING SUB-DISTRICTS

INDUSTRY

- GENERAL
- LIGHT
- SPECIAL

COMMERCIAL

- SHOPPING-LOCAL AND MAIN
- SHOPPING SYMBOL
- PRINCIPAL BUSINESS, OFFICES, STORES, WAREHOUSES

CIVIC & CULTURAL

- AMUSEMENT PARKS (WORLDS)
- CLINICS & HEALTH CENTRES
- COMMUNITY BUILDINGS
- COMMUNITY BUILDING SYMBOL
- GOVERNMENT BUILDINGS
- HOSPITALS
- WELFARE INSTITUTIONS
- CINEMAS
- OTHER INSTITUTIONS
- PLACES OF WORSHIP
- PRIMARY SCHOOLS
- PRIMARY SCHOOL SYMBOL
- SECONDARY SCHOOLS
- SECONDARY SCHOOL SYMBOL
- MIXED SCHOOLS
- UNIVERSITIES
- SCHOOLS - TYPE UNSPECIFIED

RESIDENTIAL

- PERMANENT
- TEMPORARY (AREAS WHERE TEMPORARY DWELLING MAY BE PERMITTED)

EXPLANATION OF CARTOGRAM

PLANNING DISTRICT NUMBER	EXISTING	AVERAGE NET RESIDENTIAL DENSITY IN PERSONS / ACRE
	PROPOSED	AVERAGE NET RESIDENTIAL DENSITY IN PERSONS / ACRE
	MAXIMUM	PERMISSIBLE NET RESIDENTIAL DENSITY IN PERSONS / ACRE





Figura A 6- Legenda "Town Map" (1) plano de 1958, Singapura.

Figura A 7- Legenda "Town Map" (2) plano de 1958, Singapura.

CENTRAL AREA MAP

INDUSTRIAL	
	INDUSTRY
	LIGHT INDUSTRY
COMMERCIAL	
	COMMERCIAL (i)
	COMMERCIAL (ii)
	WAREHOUSES
	PUBLIC UTILITIES
SHOPPING	
	MAIN SHOPPING
	LOCAL SHOPPING
RESIDENTIAL	
	RESIDENTIAL
	COMPREHENSIVE DEVELOPMENT AREA
	COMMUNITY
	CITY CENTRE
	ADMINISTRATIVE AREAS
	CLINICS AND HEALTH CENTRES
	COMMUNITY BUILDING (SEE ALSO CENTRAL AREA PROGRAMME MAP)
	GOVERNMENT BUILDINGS
	HOSPITALS
	WELFARE INSTITUTIONS
	CINEMAS
	OTHER INSTITUTIONS

EDUCATIONAL

	PRIMARY SCHOOLS (SEE ALSO CENTRAL AREA PROGRAMME MAP)
	SECONDARY SCHOOLS
	PRIMARY SCHOOLS WITH PLAYING FIELDS
	SECONDARY SCHOOLS WITH PLAYING FIELDS

OPEN SPACE

	TOWN OPEN SPACE
	PRECINCTAL OPEN SPACE (SEE ALSO CENTRAL AREA PROGRAMME MAP)
	PRIVATE OPEN SPACE
	CEMETERIES

COMMUNICATIONS

	MAJOR TRAFFIC ROUTE
	MAJOR TRAFFIC ROUTE WITH IMPROVEMENT
	NEW MAJOR TRAFFIC ROUTE
	SERVICE ROADS
	CAR PARKS
	WATERWAYS
	DOCK AREA
	H.M.FORCES LAND

MISCELLANEOUS






	MIXED USE
	UNDETERMINED USE
	BUILDINGS OF ARCH.& HIST. INTERES
	BOUNDARY OF CENTRAL AREA
	BOUNDARY OF CENTRAL PLANNING DISTRICT

Figura A 8- Legenda "Central Area Map" (1) plano de 1958, Singapura.

Figura A 9- Legenda "Central Area Map" (2) plano de 1958, Singapura.



2024

ANDRÉ REVÉS

CONCEITO NET ZERO COMO FERRAMENTA PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS