



Amanda Ramos Goulart

Arquitetura e Urbanismo

**Urbanismo Verde à microescala. Proposta
de intervenção urbana para o aumento do
conforto térmico, no Pragal - Almada**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território

Orientador: Prof. Doutor José António Pereira Tenedório.
Co-orientador: Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira.

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João António Muralha Ribeiro Farinha
Arguente(s): Professora Doutora Cristina Delgado Henriques
Professor Doutor Caio Frederico e Silva



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



NOVAFCSH
FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Janeiro, 2020

Urbanismo Verde à microescala. Proposta de intervenção urbana para o aumento do conforto térmico, no Pragal – Almada

Copyright © Amanda Ramos Goulart, 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.

Às minhas sobrinhas.

*“Fui criado no mato e aprendi a gostar das
coisinhas do chão”.*

(Manoel de Barros)

Agradecimentos

A minha gratidão ao tempo dedicado e todas as pessoas que fizeram parte dessa caminhada!

Estudar e morar fora do nosso país de origem é um tanto desafiador, gostaria de aproveitar esse momento para agradecer todas as pessoas que contribuíram nessa caminhada, principalmente aos meus pais e minhas irmãs que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço primeiramente à Deus por ter-me dado saúde e persistência para chegar a conclusão de mais um objetivo.

Gostaria de apresentar meu reconhecimento e agradecimento ao Professor Doutor José António Tenedório, na qualidade de orientador, pelo apoio, pelas horas dedicadas e ensinamentos que foram indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor José Carlos Ferreira, na qualidade de coorientador, pela colaboração, incentivos e por todo auxílio.

Ao Professor Doutor Caio Frederico e Silva por disponibilizar materiais de apoio que auxiliaram na execução desse projeto.

À Geodrone, que contribui de forma significativa para análise do território, através da disponibilização de fotografias aéreas efetuadas por *drone*.

À Câmara Municipal de Almada pelo apoio prestado.

Aos meus colegas de curso que partilharam os momentos de aprendizagem e desafios ao longo desses anos, de modo especial à Alexandra Fonseca, Amanda Coelho, Diandra, Renata, Marcy e todos que ajudaram de alguma forma.

Aos meus colegas de trabalho, que dividiram comigo os últimos meses, obrigada pela paciência e sugestões.

A minha família e amigos, de modo especial à minha mãe e ao Rui, por ter partilhado os momentos mais complicados, pela paciência e todo suporte dado nesses últimos meses.

Resumo:

Esta dissertação propõe uma intervenção urbana com o objetivo de melhorar o conforto térmico urbano.

Inspirada nos princípios do urbanismo sustentável, a intervenção urbana usa estratégias de infraestrutura verde, através da arborização de rua, telhado verde, uso de plantas apropriadas ao clima mediterrâneo, gerando benefícios ecológicos para a área escolhida (Pragal, Almada).

O conforto térmico poderá ser alcançado pelo uso de vegetação nas ruas selecionadas para a intervenção. O desenho propõe um urbanismo tático com arborização na rua de uso residencial e telhado verde no Mercado das Torcatas, além de pequenos espaços com relva e árvores no cruzamento de vias.

Recorreu-se ao software Envi-met 4.4.3 para criar modelos de simulação usando quatro variáveis fundamentais de conforto térmico urbano (temperatura, humidade relativa e velocidade e direção do vento) e numa variável de rugosidade urbana. Realizaram-se simulações para dois cenários, um com a situação atual e outro decorrente da proposta de intervenção urbana inspirada no Plano de Urbanização do Concelho de Almada (1946).

Considerando os resultados das simulações, a proposta de intervenção urbana favorece a melhoria do Physiological Equivalent Temperature (PET).

Palavras-chave: Urbanismo Sustentável, Intervenção Urbana, Infraestrutura Verde, Conforto Térmico, Telhado Verde, Envi-met, Physiological Equivalent Temperature (PET).

Abstract:

This dissertation proposes an urban project aiming to improve urban thermal comfort.

Inspired by the principles of sustainable urbanism, urban project uses green infrastructure strategies through street afforestation, green roofing, use of vegetation appropriate to the Mediterranean climate, generating ecological benefits for the urban area (Pragal, Almada).

Thermal comfort can be achieved by using vegetation on the streets selected for the project. The design proposes a tactical urbanism with tree-lined street for residential use and green roof at Mercado das Torcatas, as well as small grassy spaces and trees at the crossroads.

Envi-met 4.4.3 software was used to create simulation models using four fundamental variables of urban thermal comfort (temperature, relative humidity and wind speed and direction) and an urban roughness variable. Simulations were performed for two scenarios; one with the present situation and another resulting from the urban project proposal, inspired by the Plano de Urbanização do Concelho de Almada (1946).

Considering the results of the simulations, the urban project proposal favors the improvement of the Physiological Equivalent Temperature (PET).

Keywords: Sustainable Urbanism, Urban Project, Green Infrastructure, Thermal Comfort, Green Roof, Envi-met, Physiological Equivalent Temperature (PET).

ÍNDICE:

Arquitetura e Urbanismo	i
Urbanismo Verde à microescala. Proposta de intervenção urbana para o aumento do conforto térmico, no Pragal - Almada	i
Introdução:.....	12
1. Urbanismo Sustentável.....	13
2. Infraestrutura Verde	20
2.1.1 Definições.....	20
2.2 Estratégias	21
2.3 Benefícios	23
3. Metodologia.....	27
4. Intervenção Urbana.....	34
4.1 Objetivo.....	34
4.2 Área de intervenção.....	34
4.3 Plano de Urbanização do Concelho de Almada – 1946	36
4.4 Caracterização da área de estudo	39
4.5 Projeto de Intervenção urbana.....	46
5. Resultados e discussão.....	52
Síntese e considerações finais	63
Bibliografia.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Desenho de Cidades-jardins. Fonte: (Gardens and City of tomorrow, 1898).....	14
Figura 2 - Urbanismo verde. Fonte: (Lehmann, 2010).....	18
Figura 3: Metodologia	27
<i>Figura 4: Localização das fotos.</i>	28
Figura 5: Programa ArcGis - extração de dados georreferenciados.	29
Figura 6: Cartografia digital CAD (Fonte: CMA).....	29
Figura 7: Imagem aérea da área escolhida.....	30
Figura 8: Imagem da modelação do cenário atual.	31
Figura 9: Imagem da modelação do cenário do projeto.	31
Figura 10 – Dados climáticos para simulação.....	32
Figura 11 - Interação entre a temperatura do ar e humidade relativa.	33
Figura 12: Localização da área de estudo.	34
Figura 13: Delimitação da área do projeto de intervenção urbana.....	35
Figura 14 – Zona das Torcatas.....	37
Figura 15: Perspetivas da Praça 4 (Arquivo CMA/DAU arquiteto José Rafael Botelho, 1955)	37
Figura 16: População residente, segundo grupos etários, Censo 2011, INE.	40
Figura 17: Mapa de declives.	41
Figura 18: Mapa de exposição com base no DSM.....	42
Figura 19: Entroncamento entre a Avenida Cristo e a Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.....	43
Figura 20 - Telhado Mercado das Torcatas	43
Figura 21 - Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.	44
Figura 22: Comércio e serviços locais.	44
Figura 23: Mercado das Torcatas.....	45
Figura 24: Lojas próximas ao nível do telhado do mercado.	45
Figura 25: Projeto de intervenção.....	46
Figura 26: Mercado das Torcatas.....	47
Figura 27: <i>rosmarinus officinalis</i> , <i>lavandula angustifolia</i> e <i>olea europa</i>	47
Figura 28: Projeto de intervenção urbana na Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.....	48
Figura 29: Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.	49
Figura 30: Intervenção na área escolhida.....	50
Figura 31: Fotografia aérea do logradouro.....	50
Figura 32: Detalhe do Ecopavimento.....	51
Figura 36: Cenário Atual e Cenário Projeto.	52
Figura 34: Cenários às 9 horas em agosto de 2018.....	53
Figura 35: Cenários às 15 horas em agosto de 2018.....	54
Figura 36: Humidade relativa dos cenários, às 9 horas em agosto de 2018.....	55
Figura 37: Humidade relativa às 15 horas em agosto de 2018.....	56

Figura 38:Velocidade do vento às 9 horas em agosto de 2018.	57
Figura 39: Velocidade do vento às 15 horas em agosto de 2018.	58
Figura 40: Escala PMV entre -4 (muito frio) e +4 (muito calor), onde 0 é neutro.....	59
Figura 41: Resultados do PET nos cenários às 9 horas.....	61
Figura 42: Resultados do PET nos cenários às 15 horas.....	62

ÍNDICE DE TABELAS:

Tabela 1: Princípios do Urbanismo Sustentável, segundo Carta de Freiburg	17
Tabela 2: População Residente, Famílias, Alojamentos e Edifícios Freguesias – Censo 2011	39
Tabela 3: População residente que trabalha e estuda em Almada - Meios de transportes	40
Tabela 4: Resultados das simulações dos cenários.....	52
Tabela 5: Categorização do PET para vários níveis de perceção térmica e estresse fisiológico.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

AML – Área Metropolitana de Lisboa

EE – Estrutura Ecológica

EMPVA - Estrutura Metropolitana de Proteção e Valorização Ambiental

INE – Instituto Nacional de Estatísticas

IV – Infraestrutura Verde

IVU - Infraestrutura Verde Urbana

PDM – Plano Diretor Municipal

PDMA – Plano Diretor Municipal de Almada

PMV – (*Predicted Mean Vote*) Voto Médio Previsto

PET – (*Physiological Equivalent Temperature*) Temperatura Fisiológica Equivalente

PU - Plano de Urbanização

PUCA – Plano de Urbanização do Concelho de Almada

Introdução:

O estudo realizado foi inspirado em um plano de urbanização de 1946 que fora assinado pelo urbanista Étienne de Gröer, que colaborou em diversos planos de urbanização em Portugal, a convite de Duarte Pacheco.

O plano seguia conceitos de cidade-jardim, não exatamente ao desenho urbano proposto por Ebenezer Howard, mas sim, pelo ideal de unir os benefícios do campo e dos benefícios da cidade.

Porém com o passar dos anos a cidade foi modificada de tal modo que o plano original foi sofrendo alterações, nomeadamente no que diz respeito ao uso do solo, espaço público e áreas verdes.

Para esta investigação, é elaborado um cenário do projeto proposto, embasado nos princípios do urbanismo sustentável utilizando estratégias a microescala de infraestrutura verde, a fim de repor alguns conceitos que o plano do urbanista Étienne de Gröer previa, e comprovar que tais alterações podem melhorar significativamente o conforto térmico urbano.

Outro cenário basear-se-á no território atual, com auxílio de ferramentas de sistemas de informação geográfica. Os dados geográficos atualizados são levados em consideração para poder comparar o cenário atual com o cenário do projeto.

Assim, são modelados os dois cenários levantados e com uso do software ENVI-met, são realizadas simulações computacionais que apresentarão resultados para as variantes de temperatura do ar, velocidade do vento e humidade relativa; que por sua vez, são analisados para obter os ganhos em relação ao conforto urbano de cada um dos respetivos cenários.

1. Urbanismo Sustentável

Neste capítulo abordaremos o conceito do urbanismo sustentável desde a sua origem, documentos orientadores e sua evolução até os dias atuais. Posteriormente apresentaremos uma das ferramentas do urbanismo sustentável, nomeadamente, infraestrutura verde, onde serão abordadas desde a sua definição, estratégias e serviços prestados ao ecossistema.

A revolução industrial foi um marco na história das cidades, pois a partir do século XIX, iniciou-se um desenvolvimento significativo nas formas de produção, nomeadamente no que diz respeito à expansão urbana. O motor a combustão tornou-se um incentivador para prolongamento de vias e crescimento das cidades. As tecnologias transformaram o modo de viver, circular, habitar e existir das cidades atuais.

O avanço industrial e tecnológico resultado da revolução industrial, veio acompanhado de diversos desafios para o planeamento urbano, o crescimento acelerado das cidades, motivado pelo êxodo rural, fez com que houvesse um crescimento sem planeamento, resultando em diversos problemas de higiene, poluição e desordenamento.

A partir dessas premissas, surgem as primeiras visões do movimento urbanista. As cidades não estavam preparadas para tal crescimento, os bairros operários estavam lotados, as indústrias traziam diversos problemas, como: a poluição do ar e um ambiente insalubre para as pessoas, as ruas eram estreitas e região dos portos eram tumultuadas.

As ideias urbanistas defendiam o ordenamento e planeamento da cidade, a fragmentação e conceitos sanitários foram pontos importantes nas discussões do planeamento das cidades.

Ebenezer Howard desenvolveu estudo sobre uma cidade utópica que unia os benefícios do campo e da cidade, no seu livro *Gardens and City of tomorrow* 1898, descreveu e esquematizou uma cidade radial com crescimento limitado, como ilustra a Figura 1.

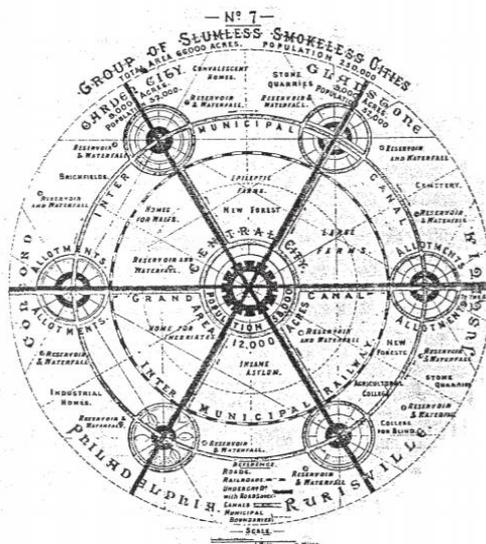


Figura 1: Desenho de Cidades-jardim. Fonte: (Gardens and City of tomorrow, 1898).

O desenho da cidade-jardim nasce de um jardim central, divide-se em 6 setores delimitados por 6 bulevares arborizados que vão do parque central até o perímetro externo penetrando na zona rural, 5 avenidas também arborizadas circundavam o jardim central e distribuindo a cidade até seu limite, quando a cidade atingisse sua lotação máxima de 32 mil habitantes, novas cidades seriam construídas com o mesmo esquema entorno da cidade central, todo esse desenho tinha por objetivo melhorar a vida das pessoas e unir os benefícios do campo com os benefícios da cidade (Howard, 1898).

É notório que já no séc. XIX as soluções estudadas pelos especialistas da área de urbanismo eram baseadas em alguns princípios, que hoje são nomeadamente princípios do urbanismo sustentável, ainda que fossem soluções utópicas para a época, podemos perceber que de certa forma já englobavam alguns dos princípios fundamentais para o bom planeamento e requalificação urbana, semelhantes aos atuais.

O desenvolvimento do urbanismo sustentável, aparece como estratégia para minimizar e evitar os efeitos negativos advindos do processo de evolução das cidades do futuro. Juntamente com a expansão urbana, surgiram as preocupações com a qualidade dos espaços urbanos, por parte dos agentes envolvidos no planeamento e ordenamento urbano.

Um importante documento que marcou a história do urbanismo, foi a Carta de Atenas de 1933, decorreu do IV CIAM (Congresso Internacional de Arquitetura Moderna). A carta, define como elementos do urbanismo o sol, o verde e organização do espaço de acordo com quatro funções básicas: trabalhar, habitar, circular e cultivar o corpo e o espírito. A ideia concebe a base do planeamento urbano por meio de zoneamento do uso do solo que define diretrizes, usos e controle de expansão (CIAM, 1933).

Com o passar dos anos, diversos autores no contexto do urbanismo e seu desenvolvimento criticavam a carta por tratar a cidade de forma genérica. Defendiam que as funções básicas não são

suficientemente eficazes para ser replicados em todas as cidades, deve-se observar as condições específicas de cada cidade para depois propor soluções.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável aparece em um importante documento: das Nações Unidas em 1987, posteriormente, formalizado pela Agenda 21, resultado do acordo global realizado na Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992 (Agenda 21, 1992)

O documento enfatiza problemas ambientais e sociais e propõe uma conciliação com o desenvolvimento socioeconômico, apresenta ainda uma lista de ações a serem tomadas pelos estados e define metas a serem alcançadas a nível internacional. Tais metas são baseadas em 3 componentes para o desenvolvimento sustentável, sustentabilidade ambiental, econômica e social (Nosso Futuro Comum, 1987).

Decorrente das discussões que foram surgiram ao longo dos anos 90, houve a necessidade de repensar o planejamento urbano para o século que se seguia, em resposta a isso, em 1998 a Comunidade Europeia, formada por 11 países, publica a Nova Carta de Atenas. O documento apresenta como objetivo geral definir uma agenda urbana e dar importância ao planejamento urbano tomando por base quatro pilares: promover a competitividade econômica e emprego; favorecer a harmonia social e econômica; melhorar o transporte; promover a qualidade de vida e consequentemente o desenvolvimento sustentável; a compilação dos elementos mencionados, direciona a idealização da cidade do futuro. As cidades possuem seu caráter individual, que resulta do agregado do local com as pessoas que ali vivem, esses valores que influenciam o sucesso do desenvolvimento sustentável urbano.

A Nova Carta de Atenas finaliza com dez recomendações para satisfazer as necessidades do amanhã e as aspirações dos cidadãos: 1) Uma cidade para todos, atenção a pobreza urbana e mescla de diferentes classes sociais, econômicas e sociais. 2) Envolvimento real, incentiva a maior participação comunitária nas decisões da cidade. 3) Benefícios das novas tecnologias, como influenciariam no desenvolvimento das cidades e a preocupação com o acesso às informações. 4) Contato humano, ressalta a importância das áreas de domínio público. 5) A continuidade do caráter, salienta a cultura, história, que preservam a identidade do local, às soluções do design urbano deve promover as qualidades mencionadas. 6) Aspectos ambientais, indispensável para o planejamento urbano sustentável, a considerar a conservação dos recursos naturais, energias limpas, redução das fontes poluidoras, reprimir o desperdício e promover a diminuição do consumo e reciclagem, além auxiliar as comunidades locais. 7) Atividades econômicas integração dos aspectos físicos, sociais e revitalização econômica. 8) Movimento e acesso, garante a acessibilidade a todos em todo espaço urbano, com o uso de transportes coletivos e menos individual. 9) Variedade e diversidade, o incentivo ao uso do solo com edificações mistas, além de habitações de baixo custo. 10) Saúde e segurança, levando em conta questões ambientais, como os desastres naturais, conflitos sociais e criminalidade, que acabam por ser resultado de algumas recomendações anteriores. A Nova Carta de Atenas, propõe que as cidades do século XXI, sejam não somente um resultado do plano diretor, mas sim um processo contínuo de análise do bem-estar do cidadão (Conselho Europeu de Urbanistas, 1998).

A fim de desenvolver cidades que sejam cada vez mais para as pessoas e pensadas para o seu bem-estar, princípios orientadores, recomendações e metas para um desenvolvimento urbano sustentável é uma tarefa contínua e que depende da integração de diversos componentes das cidades.

A Carta de Freiburg, um documento importante que visa orientar princípios para cidades sustentáveis, surgiu como resultado do prêmio europeu de cidade do ano da academia em 2010. Elaborada em conjunto pela Academia de Urbanismo e a cidade de Freiburg, Alemanha, a carta indica e descreve 12 princípios, separados em três grupos; Princípios Espaciais, de Conteúdo e de Processo:

Tabela 1: Princípios do Urbanismo Sustentável, segundo Carta de Freiburg

Espacial	Conteúdo	Processo
1. Diversidade, segurança e tolerância	5. Educação, ciência e cultura, pois estas têm uma forte influência na vida pública	9. Visão de longo prazo, incorporando a consciência do passado e procurando um caminho para o futuro.
2. Cidade dos bairros, incluindo a governança descentralizada e a proteção da identidade de uma cidade	6. Indústria e oferta de empregos como a tarefa mais importante para o futuro	10. Comunicação e participação de todos os níveis e setores da sociedade
3. Cidade de distâncias curtas, com acessibilidade a todas as redes de infraestrutura disponíveis a pé ou de bicicleta	7. Natureza e meio ambiente, com todas as propostas de planejamento avaliadas quanto ao impacto ambiental	11. Confiabilidade, obrigação e justiça, para construir confiança e consenso
4. Transporte público e densidade: os usuários da terra com função cívica e alta frequência de uso devem estar localizados próximos aos nós de transporte público.	8. Design de qualidade, especialmente para espaços públicos, usando painéis de especialistas.	12. Cooperação e parceria, com apoio financeiro para projetos e incentivos para investidores, além de ações exemplares.

Os elementos apresentados, servem como diretrizes para um desenvolvimento sustentável urbano voltado para a adequação das cidades frente aos problemas ambientais. Leva em consideração que esses princípios devem ser estudados e adaptados aos diferentes locais e ambientes. Destaca ainda a importância de trabalhar nas diferentes escalas do planejamento e desenvolvimento urbano, com estratégias pontuais e definidas por um estudo prévio do funcionamento de cada uma delas.

O Professor Steffen Lehmann, autor do livro sobre Urbanismo Verde: (*The Principles of Green Urbanism*, Londres / Nova York, 2010), apresenta princípios para o urbanismo sustentável, baseado em três pontos de partida, são eles: energias e materiais, água e biodiversidade e planejamento urbano, esses elementos devem interagir-se-ão. Conforme apresentado na Figura 2, é atribuído 15 princípios orientadores para as cidades sustentáveis.



Figura 2 - Urbanismo verde. Fonte: (Lehmann, 2010).

- 1) Clima e contexto, trata das condições climáticas específicas, de forma a otimizar estratégias adaptadas para cada local estudado.
- 2) Energia renovável para zero emissões de carbono, promove a produção de energia de fontes renováveis locais;
- 3) Cidade sem resíduos, o incentivo à reciclagem, reutilização e diminuição do consumo, aproveitando também o uso de compostagem de resíduos para gerar energia;
- 4) Gestão da água urbana, reduzir o consumo e melhorar o sistema de tratamento de águas e melhor aproveitamento das águas pluviais;
- 5) Biodiversidade urbana, aumento da vegetação urbana, promover a agricultura urbana, telhados verdes e plantio de árvores no espaço urbano, para arrefecer e purificar o ar urbano;
- 6) O transporte sustentável e bom espaço-compacto público e cidades policêntricas, melhorar o acesso ao transporte público e melhorar o sistema de circulação com uso de veículos movidos à energia limpa, o sistema integrado de transportes pode auxiliar na redução do transporte individual;
- 7) Materiais locais e sustentáveis, com menos energia incorporada, consiste em sistemas construtivos pré-fabricados modulares, utilização de matéria prima local que impacta em menos transportes de materiais e menos resíduos gerados na obra;
- 8) Densidade e a adaptação dos distritos existentes, usos mistos, a cidade compacta é mais viva, necessita menos de transportes individuais e promove a mobilidade suave;
- 9) Edifícios e distritos verdes,

usando princípios de design passivos, arquitetura sustentável, uso de ventilação cruzada nas construções, melhor aproveitamento da radiação solar, reduz o uso de energia para iluminação e aproveita a energia do sol, recolha da água da chuva e em conjunto com outros princípios de modo a melhorar a eficiência energética; 10) Habitabilidade, comunidades saudáveis e programas de uso misto, acesso a moradia e mistura de classes sociais, oferece mais inclusão social, a diversidade de idades também é uma estratégia vantajosa para o desenvolvimento local; 11) Cadeias alimentares locais e de abastecimento curtas, incentivar a agricultura urbana, seja em solo ou em topo de edifícios, impactam na menor utilização de transportes de alimentos, melhora a eficiência energética dos edifícios e promover o aproveitamento de águas pluviais para a rega; 12) Heranças culturais, identidade e senso de lugar, promover os princípios da sustentabilidade, também é preservar a cultura local, a conservação do patrimônio, a soma desses fatores completam a essência da cidade, isso será determinante para melhor resultados de intervenções urbanas para chegar ao sustentável; 13) Governança, liderança e melhores práticas, sentido de pertença do local, cuidado com o ambiente coletivo, estimula a participação pública e alimenta as melhorias futuras; 14) A educação, pesquisa e conhecimento, importância dos estudos voltados a comunidade local propicia melhores estratégias a curto e longo prazo do local estudado; 15) Estratégias para cidades em países em desenvolvimento (Lehmann, 2010).

Juntos os princípios pretendem incentivar os três zeros: zero emissões, zero-desperdício, zero uso de energia produzida por combustível fóssil, de modo a garantir o sucesso do desenvolvimento sustentável nas cidades.

Como vimos, o urbanismo sustentável é um conceito que foi evoluindo desde finais do século XVIII até os dias atuais, e para o qual, atualmente, devido principalmente aos efeitos do crescimento urbano, poluição e conseqüentemente as alterações climáticas, existe uma maior consciencialização da sua necessidade nas sociedades atuais, aumentando a pressão sobre os agentes locais envolvidos a propor soluções mais sustentáveis para as cidades.

No capítulo seguinte será apresentado o conceito de infraestrutura verde, um dos principais instrumentos utilizados no urbanismo sustentável, e identificadas as suas estratégias e serviços prestados ao ecossistema.

2. Infraestrutura Verde

O termo está em estudo há mais de duas décadas e refere-se aos serviços ecológicos prestados ao ecossistema, e deve estar presente junto com as infraestruturas cinzas presentes no espaço urbano, nomeadamente, redes de eletricidade, sistema viário, sistema de distribuição de água, entre outras.

2.1.1 Definições

Alguns teóricos como Bolund e Hunhammar (1999), definem a infraestrutura verde de modo mais pontual, como: vegetação, solo, sistemas de bioengenharia, que prestam serviços ecológicos para melhoria do microclima, qualidade do ar, habitat e melhor gestão da água (Bolund e Hunhammar, 1999 *apud* Benton-Short et al., 2019).

Existem discussões quanto ao termo, de infraestrutura verde, Benedict e McMahon (2006), descrevem uma atualização do termo com uma visão mais global, focada nos benefícios. Definem a infraestrutura verde como uma rede interligada das zonas naturais que sustentam o ar puro e as funções ecológicas, melhorando a qualidade de vida das pessoas e dos animais (Benedict e McMahon, 2006, *apud* Wang & Banzhaf, 2018).

Outros documentos levam a discussão do termo de infraestrutura verde para uma visão mais palpável e visível no desenho urbano, conforme Weber, et al. (2006) a infraestrutura verde pode ser definida como grandes redes interconectadas de parques, cinturões e áreas húmidas distribuídas pela cidade (Weber, et al., 2006 *apud* Wang & Banzhaf, 2018). Tzoulas et al., (2007), definem a infraestrutura verde como pequenas intervenções verdes descentralizadas e espalhadas pela cidade com o objetivo de melhorar o microclima local, bem como estética (Tzoulas et al., 2007, *apud* Wang & Banzhaf, 2018).

O contexto multidisciplinar do planeamento urbano e ordenamento do território, resulta na variedade de definições para infraestrutura verde, quanto a sua escala, seus benefícios e funções, que são determinadas pelas disciplinas que envolvem as cidades.

O documento de Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, a Comissão Europeia apresenta uma definição prática no sentido da proteção do capital natural da Europa:

“Infraestrutura verde: rede estrategicamente planeada de zonas naturais e seminaturais, com outras características ambientais, concebida e gerida para prestar uma ampla gama de serviços ecossistémicos.” (Comissão Europeia, 2013:3).

A infraestrutura verde, deve desenvolver-se por todas as escalas espaciais presentes nas cidades, e seu bom funcionamento depende de como se relaciona com o meio urbano (Gill et al., 2007, p.116, *apud* Demuzere et al., 2014).

A variedade de nomenclaturas é referida por Ignatieva et al., (2011), que notaram a diversidade de terminologias usadas para representar áreas verdes nas cidades, como: “espaço urbano aberto”, “espaço urbano verde”, e “espaço público aberto” (Ignatieva et al., 2011, *apud* Wang & Banzhaf, 2018).

Tal pluralidade deve-se ao conceito essencial da infraestrutura verde sustentável, já que muitas vezes a palavra verde, não é necessariamente sustentável. Um exemplo são campos de futebol que ostenta uma grande quantidade de relva, porém a manutenção e consumo de água para mantê-lo verde, pode ser insustentável. Em outros cenários de paisagens naturais que devido ao clima e local, não se encontram verdes, porém podem ser sinónimos de sustentabilidade, ao necessitar de menos energia para mantê-las, além de respeitar o ecossistema e integrar-se naturalmente com o contexto que esta inserida.

“While green-space is often viewed as something that’s nice to have, green infrastructure implies something that we must have. Protecting and restoring our natural life-support system is a necessity, not an amenity”. (Bendict & McMahon, 2006, p. 2)

A escala é um ponto muito relevante para poder definir a infraestrutura verde e os seus benefícios. O conceito da infraestrutura verde está agarrado à escala, de modo que para descrevê-la é preciso compreender que em cada área de estudo existe uma escala determinada.

Para implementar a infraestrutura verde como ferramenta de mitigação das alterações climáticas é preciso compreender o território em que será intervencionado. Um importante processo de análise e caracterização, determinará a dimensão, continuidade, proximidade e o modo em que a infraestrutura verde se relaciona com todo o sistema urbano, para depois, avaliar os benefícios e serviços prestados à população e ao meio urbano.

As disciplinas relacionadas com planeamento e ordenamento urbano, a ecologia urbana, ecologia da paisagem, desenvolvimento sustentável, ecossistemas e seus serviços, fornecem fundamentos e conceitos sobre a infraestrutura verde para o bom desenvolvimento e melhores funções da sua aplicabilidade.

Embora essas discussões sejam importantes para promover as políticas de sustentabilidade, podemos perceber que não se trata em ter uma definição exata e limitada, mas sim uma definição orientadora, para melhor aplicar a infraestrutura verde, na sua forma e função, a fim de proporcionar ao ambiente e à população os benefícios que ela promete.

2.2 Estratégias

Podemos observar que atualmente as cidades enfrentam problemas consequentes ao crescimento urbano, industrial e tecnológico, exemplos disso, são as ilhas de calor, problemas de infiltração e escoamento de águas pluviais, consequentemente a poluição. A infraestrutura verde entra como uma estratégia urbana necessária para minimizar esses efeitos negativos, visando a melhoria da saúde, bem-estar e qualidade do ar da população.

De acordo com as afirmações de Benedict e McMahon (2006) e Ahern de (2007), nas cidades, a infraestrutura verde exhibe-se na projeção de uma rede multifuncional de cobertura vegetal e solos

permeáveis ao longo de sua extensão, de forma interligada a fim de reestabelecer serviços e funções socio-ecológicas (Benedict e McMahon, 2006, *apud* Wanga & Banzhafa, 2018).

Para que os espaços verdes sejam ferramentas que beneficiam o ecossistema, as características físicas, climáticas, sociais e económicas do local, devem ser consideradas desde o seu planeamento até necessidades de manutenção (Baycan-Levent & Nijkamp, 2009; Conroy & Berke, 2004, *apud* Benton-Short et al., 2017).

A vegetação nas cidades ao ser aplicada, deve respeitar o ecossistema envolvido, as plantas nativas podem aparentemente ser sinónimo de sustentabilidade, porém dependendo das espécies nativas e do clima, ambiente construído que elas são inseridas, podem ser sensíveis as modificações urbanas e depender de muita manutenção, tornando-se uma solução inviável. Para esse contexto optar por espécies de baixa manutenção e não invasivas podem ser uma escolha mais sustentável (Jim et al. 2017).

Podemos otimizar o uso do solo urbano, para promover serviços e fazer com que a população possa ter mais sentido de pertença ao espaço público. Os jardins de frutas e hortas, são uma excelente estratégia de substituir as construções no interior dos quarteirões por alimentos orgânicos. Estudos revelam que num contexto global, 15 a 20% dos alimentos são produzidos dentro e próximo as áreas urbanas (Armar-Klemesu, 2000, *apud* Jim et al., 2017). Ter um jardim privado vai além do benefício estético, qualidade do ar, segundo pesquisas realizadas por Dunnett e Qasim (2000), um dos principais benefícios de ter jardim privado é poder cultivar frutas e vegetais para consumo familiar, a pesquisa realizada mostrou que aproximadamente 23% dos entrevistados já haviam cultivados alimentos orgânicos em seus jardins (Dunnett e Qasim, 2000 *apud* Jim, 2017).

Os telhados verdes, estão a ganhar espaço no ambiente urbano que já está consolidado, pois gera benefícios para o entorno sem interferir nas áreas construídas e ocupadas. Para executar um telhado verde é necessário avaliar a condição estrutural do edifício, para que possa receber as camadas, desde impermeabilização da laje, camadas de drenagem e vegetação, desse modo, aumenta a área permeável e contribui para drenagem de águas pluviais.

Podemos relacionar dois tipos de telhado verde, conforme a descrição de Bliss et al. (2009), existem os telhados verdes, extensivos e intensivos (Bliss et al., 2009 *apud* Jim et. al.,2017). O primeiro, possui uma camada fina do solo para não sobrecarregar a laje, quando a mesma não suporta muito peso. Já o telhado verde intensivo tem uma camada mais profunda de 15 cm ou mais, com mais quantidade de solo, já pode receber, árvores e arbustos (Locatelli et al. 2014, *apud* Jim et. al.,2017).

De acordo com Mentens et al. (2006), quando o telhado possui uma camada de solo mais espessa, significa que o telhado consegue absorver mais quantidade de precipitação (Mentens et al., 2006 *apud* Jim et al., 2017).

As árvores urbanas, são uma excelente ferramenta para a melhoria do microclima, contribuem de diversas maneiras, tanto no arrefecimento, quanto na estética e saúde. O plantio das árvores nas ruas, deve ser estudado para que o espaçamento delas não obstrua a passagem de ventilação. De acordo

com Jim et al., (2017), o sombreamento gerado pelas árvores, é mais eficaz quando se trata de copas maiores e com folhas largas, pois obviamente produz uma área de sombreamento maior e mais fechada.

2.3 Benefícios

A infraestrutura verde pode ser representada de diferentes formas, por suas funções e aplicadas em diferentes escalas.

Na macro escala, é representada por corredores verdes, parques lineares, parques urbanos e praças.

Na microescala podemos ver em pequenas intervenções, como: arborização nas vias, substituição de fachadas por jardins verticais, coberturas de edifícios por telhado verdes, área permeável em passeios e interior de quarteirões além dos jardins de chuvas.

São inúmeros exemplos que podem beneficiar e incentivar o convívio social, auxiliar na saúde mental dos utentes, além de melhorar significativamente a qualidade do ar, aumentando a humidade, diminuir a poluição e dispersão de partículas poluidoras e contribuir diminuição da temperatura.

Os benefícios da infraestrutura verde devem ser medidos pelo contexto urbano em que se encontra. Isso significa que para cada intervenção urbanística com infraestrutura verde, existe um conjunto de serviços e benefícios prestados ao ecossistema.

Redução de CO2

Segundo a Agência Nacional de Energia 2008, mais de 70% das emissões globais de carbono advém de áreas urbanas. A redução de CO₂ é essencial para mitigar efeitos negativos do inevitável crescimento urbano. A vegetação urbana através do sequestro de CO₂, devido o processo da fotossíntese, auxilia na renovação do ar libertando oxigénio. Segundo Coder (1996) uma árvore consegue armazenar por volta de 6 quilos de CO₂ (Coder, 1996). Diversos poluentes gasosos (tais como CO, NO, NO_x, O₃, HNO₃; e OE5) são absorvidos por plantas urbanas (Nowak et al., 2014 *apud* Jim, 2017).

Para além disso, a infraestrutura verde representada por arborização de ruas, por exemplo, serve como barreira acústica e retém partículas poluidoras que são transportadas pelo vento.

Conforto Térmico e redução do uso de energia

A temperatura aumenta pela capacidade de uma superfície liberar calor por convecção, a arborização urbana, auxilia na mitigação de ilhas de calor, pelo sombreamento das superfícies reduzindo a exposição direta ao sol e pelo processo de evapotranspiração (Coder, 1996).

O sombreamento e a evapotranspiração proporcionados por árvores urbanas, são meios que auxiliam na diminuição de temperatura de superfícies, aumento da humidade do ar e conseqüentemente diminui o uso de energia para o arrefecimento dos edifícios próximos.

Árvores próximas aos edifícios afetam o microclima local, pois o sombreamento gerado pela copa das árvores reduzem a radiação solar que chega aos edifícios (Akbari, 2002 *apud* Jim, 2017). O arrefecimento acontece pela troca de calor entre os edifícios e o seu entorno (Wanga & Banzhafa, 2018). Árvores e outras plantas também absorvem o calor latente de atmosfera ambiente através evapotranspiração (Hedquist e Brazel 2014; Jim e Chen 2009 *apud* Jim, 2017).

Conforme citado por Duarte et al. (2015), devido ao efeito combinado de sombra e evapotranspiração, reduções de temperatura de ar de 1-3 °C pode ser alcançado sob a cobertura em áreas urbanas verdes, dependendo da estação do ano, clima e condições do solo (Duarte et al. *apud* Jim, 2017).

Estudos realizados em áreas com parques urbanos em Singapura, analisaram o microclima e mostraram a mudança de temperatura em relação à proximidade com os parques, quanto mais afastado do parque, mais a temperatura aumentava (Yu e Hien, 2006, *apud* Demuzere et al., 2014). Em seus estudos obtiveram resultados significativos na temperatura média máxima, com uma redução de 1,3°C para os arredores do parque. Essa redução de temperatura, deve-se ao processo de evapotranspiração da vegetação presente nos parques, a humidade do ar melhora e o arrefecimento da área através do sombreamento gera benefícios para todo o entorno, de modo que ao se afastar área verde a temperatura aumenta e a humidade pode diminuir (Demuzere, et al., 2014).

Os benefícios podem e devem ser replicados em outros contextos e escalas, os jardins domésticos também são uma ferramenta importante para mitigar os efeitos negativos das alterações climática, pois isolam as casas de temperaturas altas. (Cameron et al., 2012, *apud* Demuzere et al., 2014).

Para áreas densificadas e contruídas os telhados verdes podem desenvolver um papel fundamental sem alterar a ocupação do solo, seu benefício com o controle da temperatura vai além de mitigar temperaturas quentes, para o inverno funciona como um importante sistema de isolamento, segundo Castleton et al. (2010) os telhados verdes auxiliam na eficiência energética dos edifícios por reduzir o consumo de energia tanto no arrefecimento para o verão quanto no aquecimento para o inverno (Castleton et. al., 2010 *apud* Demuzere et al., 2014).

Um estudo com 9 cidades elaborado por Alexandri e Jones (2008), apresentou uma economia de energia em arrefecimento de edifícios entre os 32% e 100% e evidencia que para contexto urbano mais quente e seco, os resultados têm mais ênfase (Alexandri e Jones, 2008 *apud* Demuzere et al., 2014).

Permeabilidade do solo e gestão da água

A impermeabilização do solo urbano impacta negativamente no sistema de gestão da água, as águas pluviais penetram menos no solo e a velocidade do caudal é maior por se tratar de uma superfície menos rugosa que uma superfície natural que por sua vez é mais áspera. Estes impactos são apenas os mais visíveis para maior parte da população. O impacto para o ecossistema vai além da gestão de

águas pluviais, as áreas com vegetação contribuem entre 5 a 15% com o reabastecimento de águas subterrâneas (Spatari et al., 2011 *apud* Demuzere et al., 2014). A infraestrutura verde pode ser eficaz, uma vez que seja inserida no contexto urbano como uma mancha verde localizada estrategicamente com capacidade de filtração (Gill et al., 2007; Ellis de 2012, *apud* Demuzere et al., 2014).

Existem estudos que mostram a redução significativa no caudal em áreas onde existem telhados verdes espalhados. Uma investigação realizada na Alemanha, por Mentens et al. (2006), num período de 16 anos, demonstrou que os telhados verdes foram responsáveis pela diminuição de 65 a 85% do escoamento (Mentens et al., 2006 *apud* Demuzere et al., 2014).

Além de diminuir a velocidade no escoamento do caudal, a infraestrutura verde, funciona como um filtro natural, removendo da água sólidos suspensos e metais pesados, melhorando as características físico-químicas da água (Davis et al., 2009 *apud* Demuzere et al., 2014).

Qualidade do ar

O benefício da qualidade do ar proporcionado pela infraestrutura verde é resultado do sequestro de gases poluentes e também por gerar barreiras e obstáculos para que essa poluição não se disperse.

A infraestrutura verde é eficiente não só na absorção de partículas poluentes, como as PM10 - partículas inaláveis com diâmetro inferior a 10 µm - mas também serve de barreira para que partículas poluidoras não se espalhem com o vento (Brantley et al., 2013 *apud* Demuzere et al., 2014).

O tipo de espécies, a quantidade e a localização da vegetação faz com que haja uma variação na absorção de poluentes. Segundo Livre-Smith et al. (2005), as espécies coníferas são capazes de absorver mais quantidade de partículas quando comparada as espécies com folhas largas. Para os telhados verdes, as espécies que são mais eficazes na captura de PM10 são as gramíneas, *Agrostis stolonifera* e *Festuca rubra* (Livre-Smith et al., 2005 *apud* Demuzere et al., 2014).

As paredes verdes são vistas como gargantas de rua, pois reduzem as concentrações de NO₂ em até 40% e PM10 até 60%, de acordo com Pugh et al., 2012 *apud* Demuzere et al., 2014).

Benefícios socioculturais psicológicos e saúde

A infraestrutura verde, representada em jardins urbanos, parques, árvores urbanas, jardins verticais, entre outros elementos paisagísticos, agregam às cidades um valor estético que conseqüentemente, traz diversos benefícios para a população.

O verde inserido na cidade repleta de edifícios, trânsito e confusões urbanas, pode proporcionar um alívio com conseqüências benéficas a saúde mental e física das pessoas. O valor estético atribuído as áreas de vegetação é apenas um dos ganhos que a infraestrutura verde fornece ao ambiente envolvido.

Faz parte da natureza humana, sentir-se bem ao estar presente em espaços naturais e vivos. Muito comum em uma esplanada as pessoas direcionarem-se aos lugares próximos ao verde, sem sequer perceberem que escolheram o lugar, por estar próximo a sua natureza primitiva. De acordo com

explicações evolutivas apresentadas pelos autores Wilson e Kellert (1993), a biofilia, que descreve a tendência natural das pessoas sentirem prazer e bem-estar em contato com a natureza (Wilson e Kellert, 1993, *apud* (Jim et al., 2017)).

A arborização auxilia na diminuição da de partículas poluidoras e propagação do ruído, conseqüentemente algumas doenças podem ser evitadas, como por exemplo, as doenças pulmonares, o *stress*, a ansiedade, que são causados pela poluição e ruído (CEE,1990).

Um espaço natural com vegetação, inserido num contexto urbano, torna-se convidativo à permanência de pessoas, de modo a incentivar o convívio social e a prática de atividade físicas ao ar livre (Leal, 2007; Neves, 2009, *apud* Demuzere et al., 2014). Segundo os estudos de Coombes et al. (2010), a presença de infraestrutura verde, incentiva atividades como caminhada e ciclismo e faz com que os moradores tenham uma vida mais ativa e saudável (Coombes et al. *apud* Demuzere et al., 2014).

O termo Infraestrutura verde é uma ferramenta importante no que diz respeito aos serviços prestados ao ecossistema, funciona de forma eficiente na gestão das águas pluviais, desde evitar inundações, até manter saudável o ecossistema aquático. Um sistema natural que interfere em diversos benefícios, como a infiltração e captação, impacta na redução do caudal e diminui a velocidade do escoamento, funcionando de modo interconectado entre os ecossistemas terrestre e aquático. Um bom exemplo são os jardins de chuva, trata-se de fossos rasos que coletam as águas pluviais e escoam gradualmente. O escoamento de águas pluviais funciona por meio de filtração, sedimentação, adsorção, e plantas (Lucke e Nichols 2015 *apud* Jim, 2017).

A Vegetação promove a qualidade de vida nas cidades, nomeadamente na melhoria da qualidade do ar e da água. As plantas auxiliam na diminuição da temperatura do ar e o desenvolvimento dos espaços verdes é considerado uma das principais estratégias para mitigação das ilhas de calor urbana.

Ao inserir áreas verdes em áreas construídas, os benefícios ultrapassam os aspetos de melhorias ambientais. Tocam as relações sociais e melhoram a saúde pública, pois incentivam o convívio social, prática de atividades físicas, de forma a proporcionar benefícios psicológicos e hábitos saudáveis.

Além disso, incentivar as pessoas a praticarem atividades ao ar livre, impacta também no consumo de energia das edificações, pois as horas em que os residentes estão a conviver e praticar uma caminhada, por exemplo, irá influenciar na diminuição de horas em que estão a consumir energia em vossas habitações.

3. Metodologia

Neste capítulo será descrita a metodologia e processo usados para a elaboração deste trabalho.

A Figura 3 apresenta os processos que serão necessários para realização do projeto de intervenção urbanística. Será feita uma análise da área com auxílio de documentos, cartografias e visita técnica local para entender o estado atual. O estudo do Plano de Urbanização de 1946, será necessário para inspirar a intervenção de modo a reestabelecer alguns princípios de urbanismo verde daquela década. A modelação será realizada de duas formas em simultâneo: (1) Projeto urbanístico com representação gráfica visual; (2) Modelação em Envi-met que resultará em parâmetros que serão analisados de modo a obter a tabela de comparação dos resultados. Por fim, apresentará os resultados e discussões, bem como sugestões para futuras investigações:

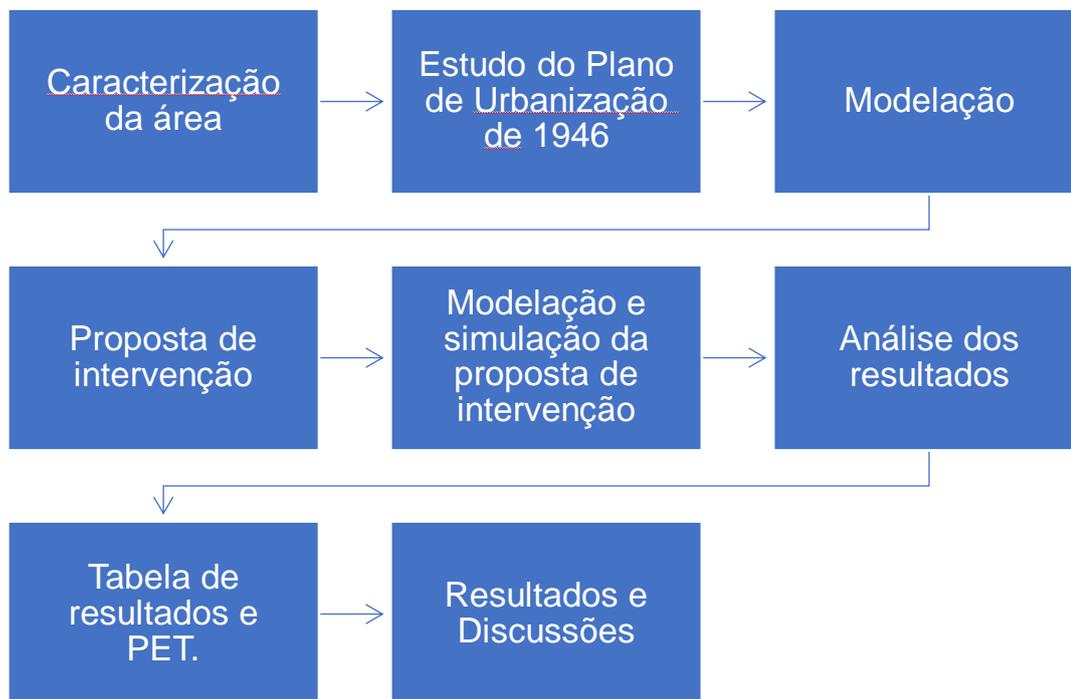


Figura 3: Metodologia

Pesquisa teórica

Estudo sobre o conceito do urbanismo sustentável desde a sua origem, documentos orientadores e sua evolução até os dias atuais. Uma abordagem da Infraestrutura verde, nomeadamente, sua definição, estratégias de intervenção no meio urbano e benefícios para o microclima, com o intuito de replicar algumas estratégias na intervenção urbana proposta nesse trabalho.

Caracterização da área

Baseada num estudo pormenorizado, com auxílio do levantamento fotográfico aéreo realizado por VANT (veículo aéreo não tripulado), cedido pela Geodrone e com o auxílio dos programas Agisoft PhotoScan e ArcGIS 10.5, foram obtidos dados referentes ao modelo digital do terreno; modelo digital de elevação; exposição solar dos edifícios; localização de área de vegetação atual.

Agisoft PhotoScan

Com o uso das fotografias aéreas, através do programa Agisoft PhotoScan, um mapeamento aéreo foi realizado para extrair dados georreferenciados para caracterização da área.

Foram carregadas 158 fotografias georreferenciadas, com o uso do programa podemos obter os dados para gerar o ortomosaico e explorar mais informações através do ArcGis 10.5.

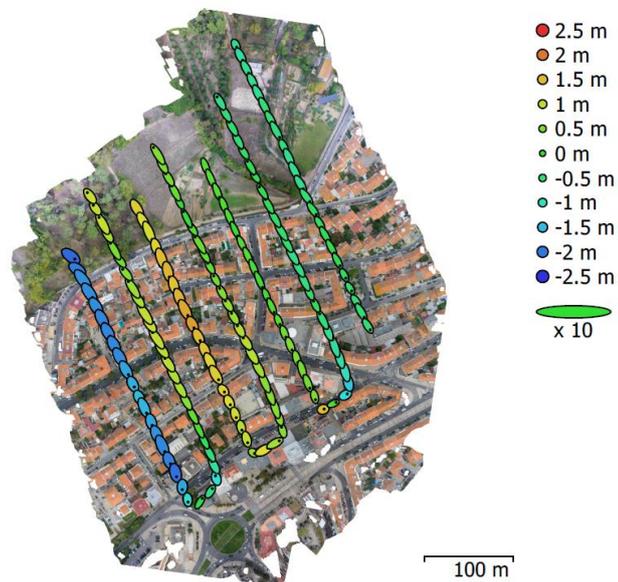


Figura 4: Localização das fotos.

ArcGis

No programa ArcGis, foi possível gerar mapas de exposição de vertentes, tanto do modelo elevado, quanto do terreno, através dos TIFFs (DEM), com essas informações, gerou-se também as curvas de nível, declividade, exposição de vertentes e altura dos edifícios.

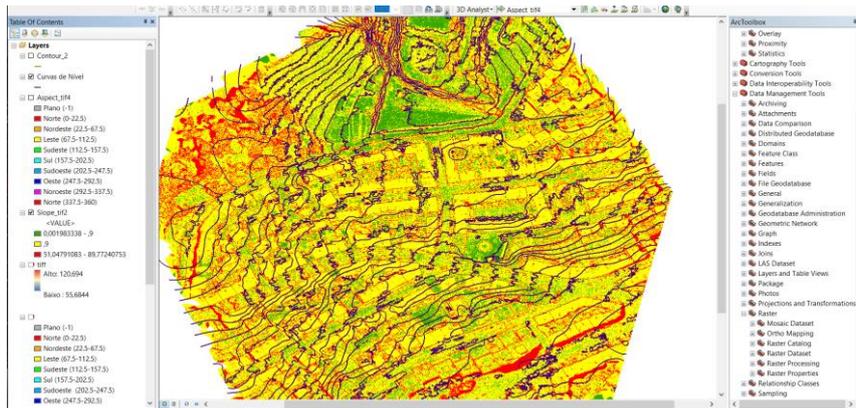


Figura 5: Programa ArcGis - extração de dados georreferenciados.

Levantamento Fotográfico

A visita técnica local, acompanhado de levantamento fotográfico da área, realizado em 06 de dezembro de 2018, permitiu perceber o funcionamento da área de estudo e identificar os desafios presentes.

Cartografia em CAD

A cartografia digital em CAD (Computer Assisted Design), que foi fornecida pela Câmara Municipal de Almada, auxiliou no desenho do projeto da proposta.

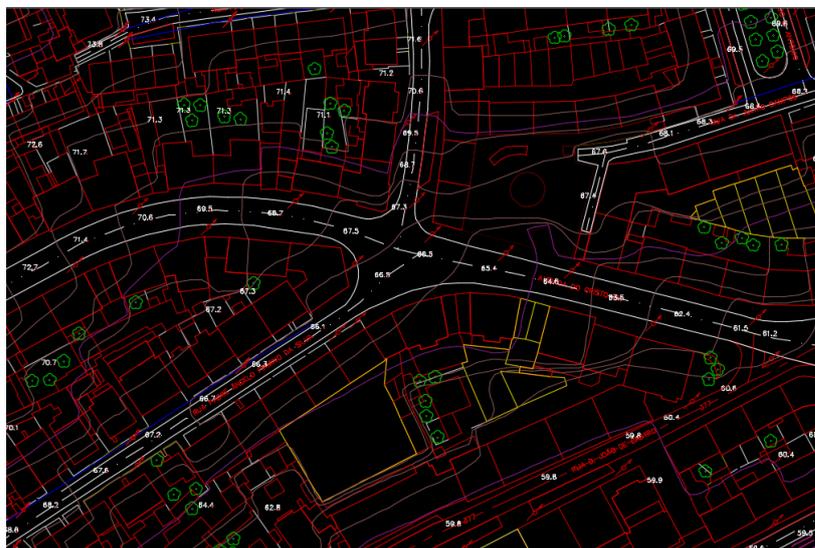


Figura 6: Cartografia digital CAD (Fonte: CMA)

Estudo do Plano de Urbanização 1946

O plano de urbanização foi o ponto de inspiração, da mesma maneira, foi estudado os princípios orientadores que o urbanista pensou para época de modo a entender o planeamento e propor soluções que respondessem a essas diretrizes no presente.

Proposta de Intervenção urbana

Desenvolvimento de uma solução de intervenção urbana à microescala, baseada nos princípios do urbanismo sustentável. O projeto insere estratégias de infraestrutura verde no ambiente construído atualmente, propondo pequenas intervenções com o objetivo de melhorar o conforto térmico urbano.

Modelação

Para realizar a modelação e simulação do estudo, foi utilizado o modelo tridimensional ENVI-met versão 4.4.3 Summer19, versão com licença para estudante. O programa foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores, coordenado pelo professor Michael Bruse da Universidade de Mainz, Alemanha. Sua versão inicial foi desenvolvida em 1994, o ENVI-met tem a capacidade de reproduzir os principais processos da atmosfera, utilizando as leis fundamentais da dinâmica de fluidos e da termodinâmica (Bruse & Fler, 2004).

Segundo Tsoka, Tsikaloudake e Theodosiou (2018), o modelo ENVI-met é uma importante ferramenta para fazer análise microclimática de áreas urbanas, pois permite inserir dados climáticos do local de estudo.

SPACES

Após a análise e extração dos dados necessários, foi elaborada a modelagem na aba *SPACES*, para os edifícios, vegetação e tipo de pavimentação.



Figura 7: Imagem aérea da área escolhida

O tamanho definido para a mesa de modelação é de 100 para x, 50 para y e 50 para z, equivalente à área de 200x100 metros na escala real. Os dados climáticos foram inseridos com base nas informações climáticas da estação meteorológica da cidade de Lisboa, através do Instituto Português do Mar e Atmosfera. A escolha dos dados climáticos referentes a cidade de Lisboa, deve-se ao facto de esta ser a cidade mais próxima com estação meteorológica (Bárbara, Caio, & Teresa, 2018).

Cenário Atual

O cenário atual foi modelado para representar a situação existente do local, as alturas dos edifícios bem como a pavimentação e área de vegetação foi possível com o auxílio dos dados obtidos através do levantamento fotográfico aéreo, visita técnica, análise de mapas e geometria gerada através do PhotoScan e ArcGis.

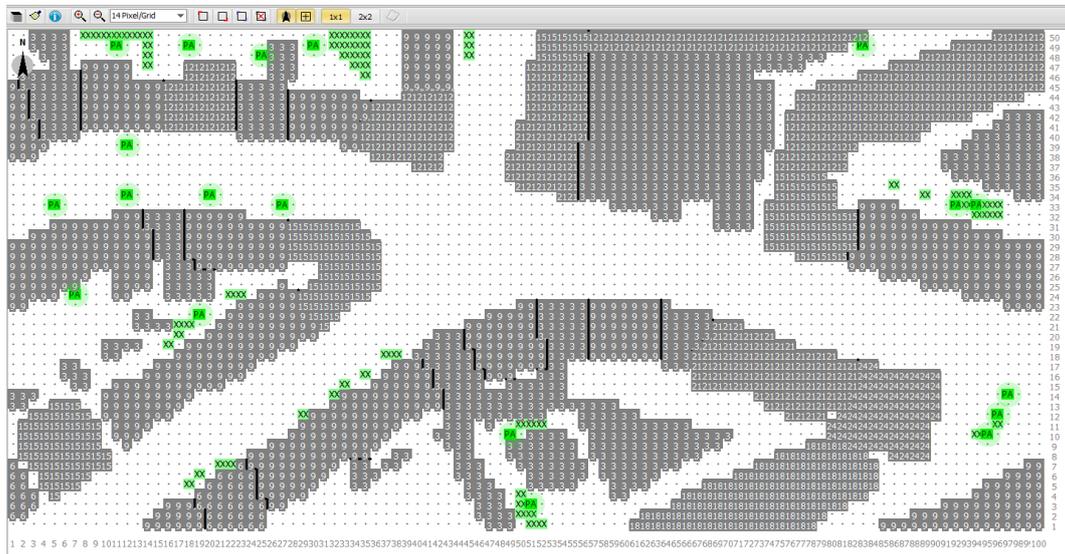


Figura 8: Imagem da modelação do cenário atual.

Cenário Projeto

Para modelação do cenário do projeto de intervenção, foi feito um estudo preliminar da área atual e proposta uma intervenção urbanística com estratégias de infraestrutura verde aumentando significativamente a área verde.

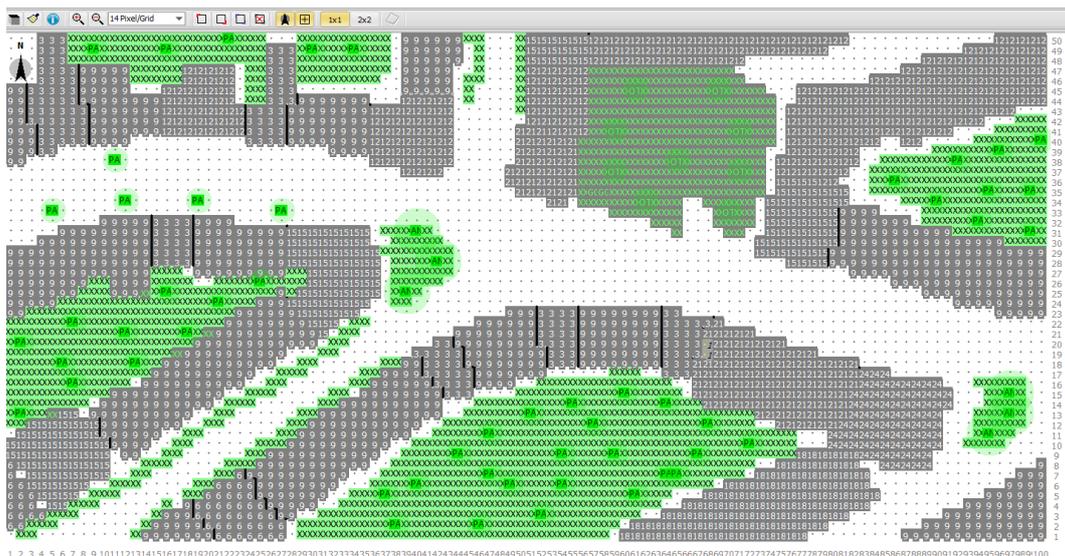


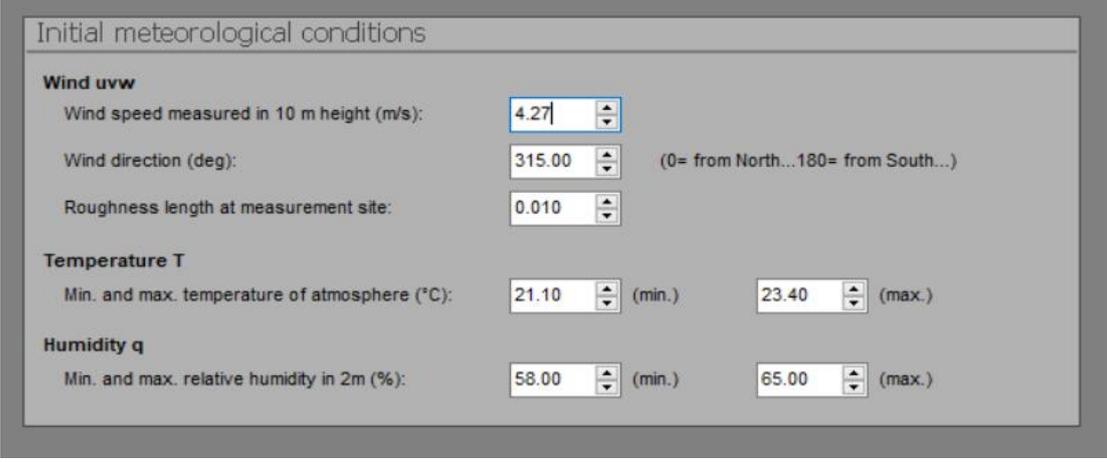
Figura 9: Imagem da modelação do cenário do projeto.

Simulação

Para configuração do arquivo climático, é utilizado a função ENVIguide, o período escolhido para simulação foi o mês de agosto, considerado o mais quente do ano em Lisboa, Portugal, segundo análise meteorológica no período de 30 anos, 1970-2000 (Alcoforado et al., 2006).

A fonte para obtenção dos dados climáticos foram as médias normais climatológicas, publicadas no portal do clima, Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

As simulações foram calculadas para um dia do mês agosto de 2018, em um período de 24h, iniciando-se as 6 horas da manhã, relativamente o horário do nascer do sol.



The screenshot shows a software interface for setting initial meteorological conditions. The title is "Initial meteorological conditions". It is divided into three sections: "Wind uvw", "Temperature T", and "Humidity q".

- Wind uvw:**
 - Wind speed measured in 10 m height (m/s): 4.27
 - Wind direction (deg): 315.00 (0= from North...180= from South...)
 - Roughness length at measurement site: 0.010
- Temperature T:**
 - Min. and max. temperature of atmosphere (°C): 21.10 (min.) and 23.40 (max.)
- Humidity q:**
 - Min. and max. relative humidity in 2m (%): 58.00 (min.) and 65.00 (max.)

Figura 10 – Dados climáticos para simulação.

Os horários escolhidos para a comparação dos resultados, foram às 9 horas e às 15 horas, por serem pontos onde o arrefecimento e o aquecimento apresentam maiores variações. No mês de agosto, onde o sol nasce por volta das 6 horas, 9 horas é o horário em que a atmosfera começa a receber mais radiação solar, sem contar com o arrefecimento da noite anterior. Às 15 horas, é o ponto onde já existe calor acumulado do horário de maior incidência, por volta das 12 horas e onde a energia solar começa a diminuir.

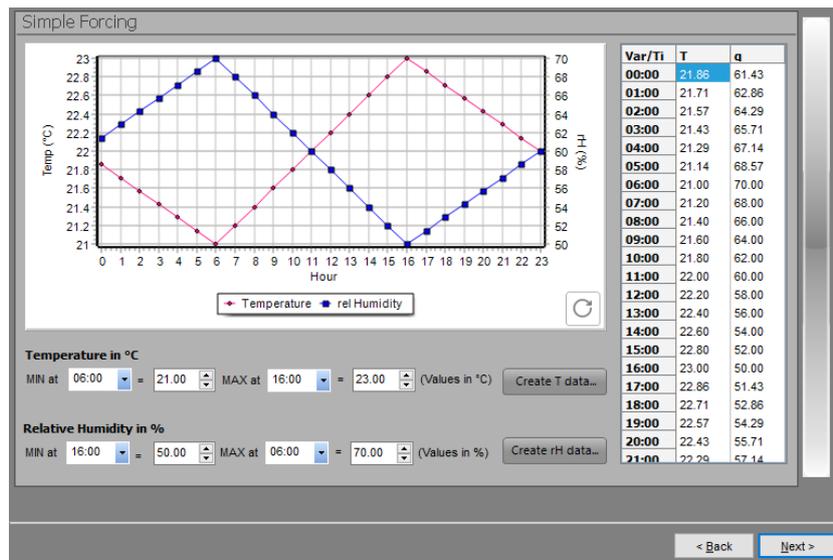


Figura 11 - Interação entre a temperatura do ar e humidade relativa.

Através dos dados inseridos no arquivo climático, o programa faz uma previsão do comportamento do clima durante as 24h analisadas, considerando o aquecimento e o resfriamento.

Visualização

Para visualizar os resultados das variáveis de temperatura do ar, velocidade do vento, humidade relativa e o PET, foi extraído os dados na função LEONARDO. Os dados atmosféricos gerados pela simulação computacional são inseridos e os parâmetros são analisados escolhendo a hora definida para comparar um cenário ao outro.

Para o presente trabalho, foram comparados os dados relativos a temperatura do ar, velocidade do vento, humidade relativa e o PET dos dois cenários.

4. Intervenção Urbana

4.1 Objetivo

Este capítulo apresenta uma solução de intervenção urbanística, baseada nos princípios do urbanismo sustentável, tendo por base o plano de urbanização do concelho de Almada de 1946, que defendia princípios de cidades-jardins, assinado pelo arquiteto Étienne de Gröer.

O projeto insere estratégias de infraestruturas verdes no ambiente construído atualmente, propondo intervenções com o objetivo de melhorar o conforto urbano na microescala.

Não se trata de repor a originalidade do desenho urbano; mas sim propor uma solução que reponha o conforto urbano que o projeto inicial supunha.

4.2 Área de intervenção

O local de estudo está situado na União de Freguesias Almada, Cova da Piedade, Pragal e Cacilhas, no município de Almada, fazendo parte do Distrito de Setúbal, integra ainda a Área Metropolitana de Lisboa.

O município é limitado a leste pelo município do Seixal, a sul por Sesimbra, a oeste pelo Oceano Atlântico, a norte e nordeste pelo Rio Tejo, frente aos concelhos de Lisboa e Oeiras. Possui como principal ponto de interesse o Santuário Nacional de Cristo Rei.

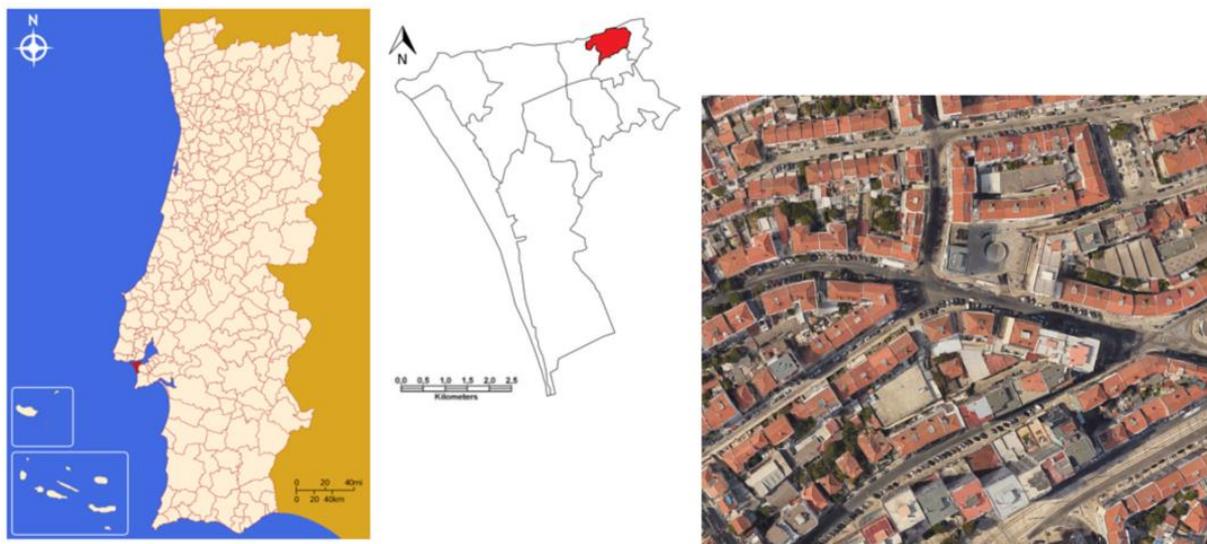


Figura 12: Localização da área de estudo.

Segundo o Diagnóstico Social de Almada (2002)¹, o concelho insere-se territorialmente nas dinâmicas de crescimento urbano da principal região urbana do país, estando historicamente associado ao processo de desenvolvimento da Metrópole de Lisboa.

¹ Território e População Retrato de Almada Segundo os Censos 2011.

O crescimento da população do concelho de Almada, dá-se em 1940 com aumento de novas indústrias, posterior a construção da Ponte sobre o Tejo e expansão da Lisnave, Almada cresce devido ao grande fluxo migratório à procura de habitação e emprego. (CMA, 2019).

A área selecionada fez parte do Plano de Urbanização do Concelho de Almada, junto com o espaço que atualmente é ocupado pelo Mercado das Torcatas. A proposta de intervenção urbanística compreende parte da Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, bem como o Mercado das Torcatas e parte da Av Cristo Rei, conforme ilustrado no destaque da Figura 13.



Figura 13: Delimitação da área do projeto de intervenção urbana.

4.3 Plano de Urbanização do Concelho de Almada – 1946

A legislação de 1934 passou obrigar as câmaras municipais de Portugal a promover o levantamento de plantas topográficas e a elaboração de planos gerais de urbanização (Decreto-Lei nº 24802 de 1934). Neste sentido, alguns experientes arquitetos e urbanistas internacionais, são convidados a participar nos planos de urbanização das principais cidades do País.

Um desses arquitetos foi Étienne de Gröer, responsável por diversos planos de urbanização em Portugal em meados década de 40, entre os quais o Plano de Urbanização do Concelho de Almada (PUCA) datado de 1946, que será apresentado.

O responsável pela elaboração do PUCA

Arquiteto Étienne de Gröer, nasceu em Varsóvia em 1882, obtém o diploma de arquiteto na Academia de Belas Artes de São Petersburgo, Rússia, cidade onde inicia a sua vida profissional na área do Urbanismo.

Em 1920 emigra para França, onde colabora com planos de ordenamento e expansão de cidades, sobre o conceito de cidade-jardim, do qual já tinha tido contacto com experiências pioneiras na Rússia.

Por ter colaborado no Plano de Urbanização do Rio de Janeiro, com o urbanista Alfred Agache, em 1938 foi indicado para dar continuidade aos planos de urbanização de Lisboa.

É, portanto, convidado por Duarte Pacheco, Presidente da Câmara de Lisboa e posteriormente Ministro das Obras Públicas, para fazer parte da equipa de técnicos responsáveis pelos planos de urbanização e torna-se um dos pioneiros na introdução do conceito de cidade-jardim nos planos de urbanização em Portugal.

Estudos relacionados ao Plano

O plano tinha como diretrizes conceitos de cidades-jardins como por exemplo: Jardins públicos no interior dos quarteirões, espaços arborizados, integração entre áreas verdes, áreas de recreio e lazer ao ar livre (PUCA, p. 56).



Figura 14 – Zona das Torcatas.

Fonte: CMA/Arquivo DAU

O desenho apresentado na Figura 14, com escala de 1:1000, apresenta o planeamento da Zona das Torcatas, os quarteirões têm seu interior preservado para uso público e os edifícios no entorno com 3 ou 4 pisos, arborização distribuída por todo o desenho, assim como, na praça 4 e na esquina da Avenida Cristo Rei com a Rua Dom João de Castro.

O que atualmente conhecemos como o mercado das Torcatas foi nomeada como Praça 4, ilustrada em perspectivas pelo arquiteto José Rafael Botelho em 1955.

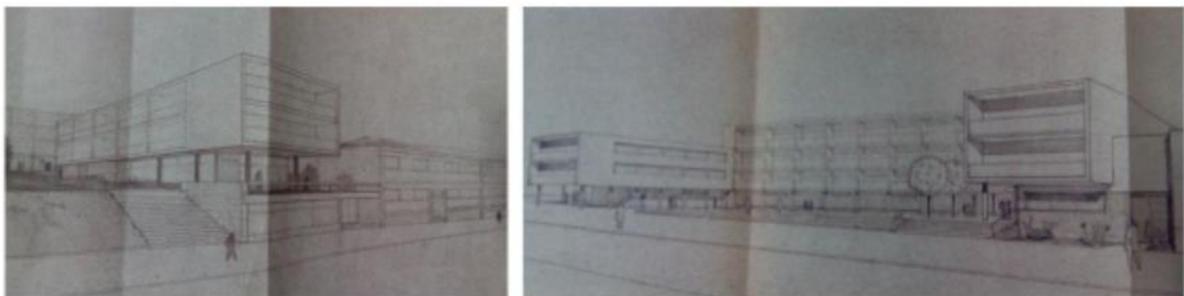


Figura 15: Perspetivas da Praça 4 (Arquivo CMA/DAU arquiteto José Rafael Botelho, 1955)

As duas perspetivas mostram a praça como um desenho de espaço público comum, arborizado para o convívio dos habitantes. Evidencia também que o projeto apresentava um uso misto dos edifícios próximos a praça que tinham comércio ao nível da praça e habitação nos pisos superiores.

O talude amenizava o desnível e o acesso dava-se por escadas. Os edifícios do entorno respeitavam as alturas dos outros prédios residenciais, em média 3 a 4 pisos, permitindo uma visão mais homogenia do bairro. A solução apresentada, foi assinada por José Rafael Botelho em 1955, chefe do Gabinete de Urbanização da CMA.

O Relatório assinado por Étienne de Gröer, revela sua preocupação em desenvolver um projeto que beneficiasse as famílias da classe operária, defendia uma habitação com espaço livre no interior de cada lote para que pudessem usufruir de um espaço mais natural, aproveitado com jardins e hortas.

“os urbanistas sabem que uma casa pequena deve ter à volta de si um certo espaço para que a vida possa decorrer em parte, ao ar livre, um jardim ou uma horta, que ofereça aos adultos e às crianças um certo prazer e faça com que eles não tenham vontade de fugir da sua casa para procura-lo na rua ou nas tavernas” (de Gröer, 1946 p. 94)

4.4 Caracterização da área de estudo

De acordo com as indicações dadas pelos autores em relação ao urbanismo sustentável, é consensual que é preciso estudar e conhecer cada caso de estudo de forma individual antes de propor soluções urbanas, para que desse modo, os resultados das intervenções sejam satisfatórios. Assim sendo, foi feito um estudo de caracterização geral, baseados em dados demográficos, cartografia digital, levantamento fotográfico, visita técnica e pesquisas relacionadas ao local.

Censo de 2011, Instituto Nacional de Estatísticas

Os dados demográficos analisados para perceber as características e o perfil dos moradores, foram consultados os dados do Censo 2011 do Instituto Nacional de Estatística, conforme apresenta a Tabela 2. A população possui um equilíbrio entre homens e mulheres, sendo que existem mais mulheres do que homem e essa diferença é menor que 5%.

Tabela 2: População Residente, Famílias, Alojamentos e Edifícios | Freguesias – Censo 2011

Zona Geográfica	População residente			Famílias		Alojamentos familiares			Alojamentos coletivos	Edifícios
	HM ¹	H ²	M ³	Clássicas	Institucionais	Total	Clássicos	Outros		
Almada (Concelho)	174030	82496	91534	71901	53	101443	101146	297	93	34163
Almada	16584	7480	9104	7927	8	10369	10358	11	8	1672
Caparica	20454	9846	10608	7916	4	10947	10931	16	7	3430
Costa da Caparica	13418	6384	7034	6135	2	13964	13935	29	26	3362
Cova da Piedade	19904	9082	10822	8925	1	10897	10892	5	2	1905
Trafaria	5696	2774	2922	2319	0	3288	3104	184	2	2022
Cacilhas	6017	2684	3333	2818	0	3721	3721	0	1	457
Pragal	7156	3394	3762	2840	1	3377	3374	3	5	465
Sobreda	15166	7287	7879	5630	13	6908	6891	17	13	4024
Charneca de Caparica	29763	14647	15116	11131	21	18186	18178	8	24	12865
Laranjeiro	20988	9941	11047	8523	2	10540	10524	16	4	1480
Feijó	18884	8977	9907	7737	1	9246	9238	8	1	2481

Os dados analisados na tabela de população residente segundo grupo etários, mostraram que nas Freguesias que atualmente fazem parte da União de Freguesias, o grupo etário com maior número de residentes é entre 25 até os 64 anos de idade e o segundo maior número é de pessoas com mais de 65 anos de idade. Ou seja, maior parte da população tem idade ativa de trabalho, e a presença de pessoas com mais de 65 anos é significativa em relação ao número total dos grupos etários.

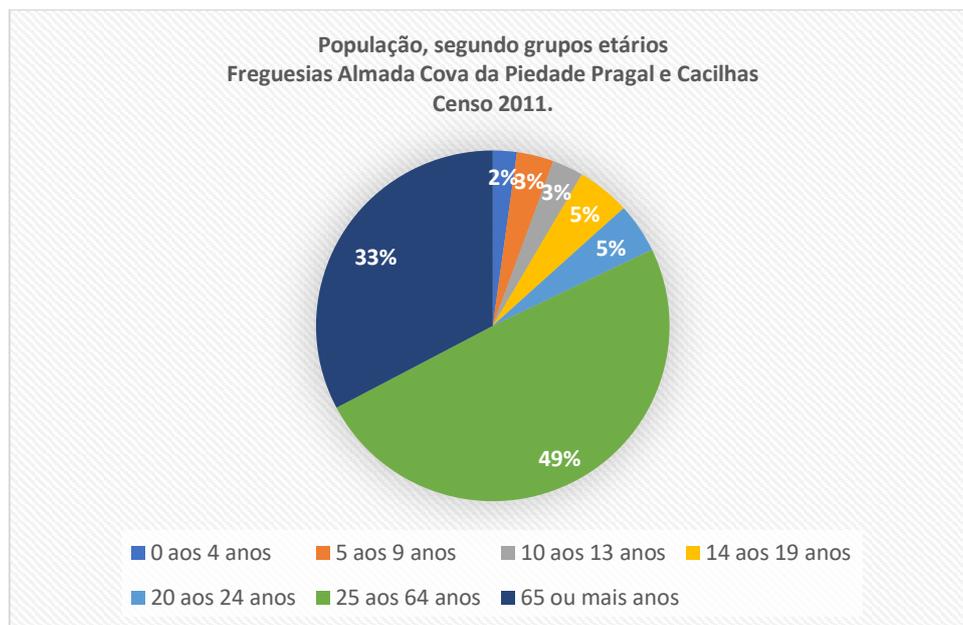


Figura 16: População residente, segundo grupos etários, Censo 2011, INE.

Os meios de transportes também foram analisados, em relação à população residente que estuda e trabalha em Almada. Segundo a Tabela 1, adaptada do documento Retrato de Almada segundo Censo de 2011, a maior percentagem do meio de transporte utilizado é o veículo particular para os residentes que trabalham com 48,4% e para a população que reside e estuda é de 36,4% que utiliza o transporte individual como passageiro. Os dados confirmam as fotografias e levantamento local em relação à grande quantidade de veículos estacionados e circulando nas vias.

Tabela 3: População residente que trabalha e estuda em Almada - Meios de transportes

											Outros
Total de população que reside em Almada e trabalha	10,0	48,4	4,5	18,7	1,3	3,4	9,6	1,1	0,3	2,4	0,4
Total de população que reside em Almada e estuda	29,4	5,5	36,4	17,1	1,5	4,4	4,0	0,2	0,1	0,7	0,5

Caracterização através dos dados georreferenciados

Para analisar as características geográficas da área de intervenção, os estudos tiveram por base o levantamento fotográfico efetuado por VANT.

As fotografias foram selecionadas e carregadas para um arquivo, onde um modelo digital tridimensional foi gerado e junto com cartografia digital, algumas informações puderam ser analisadas, como podemos ver abaixo no mapa de declives:

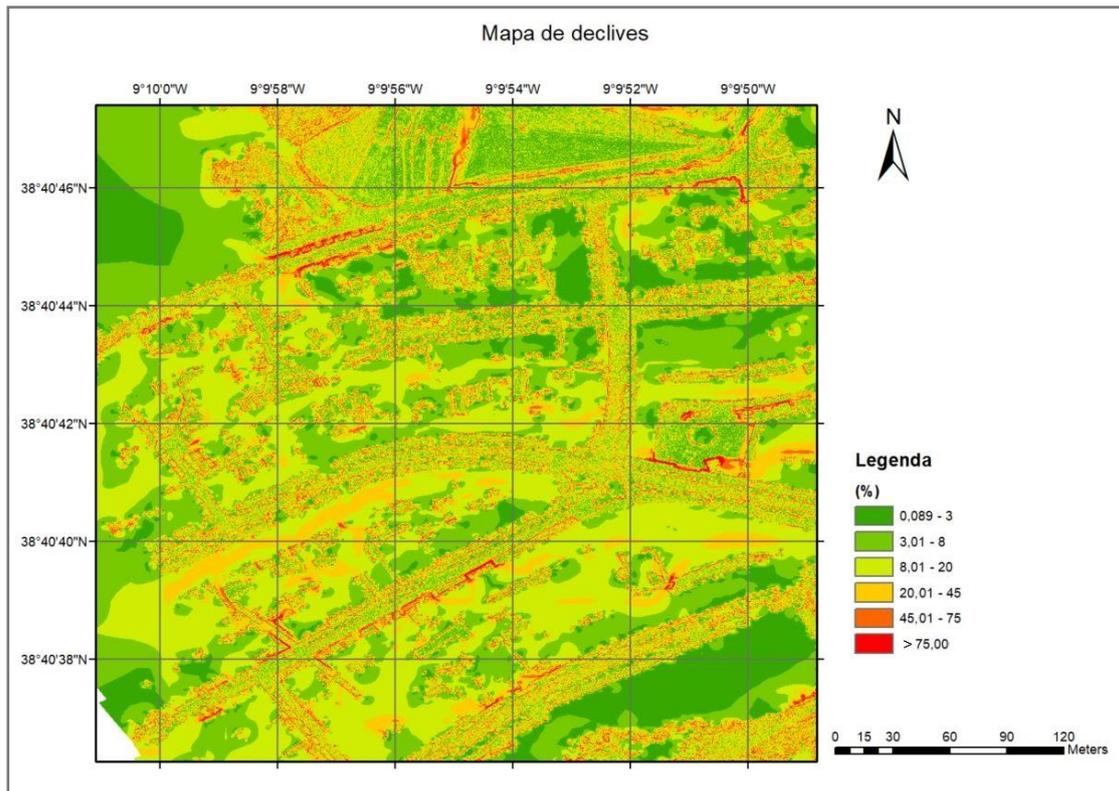


Figura 17: Mapa de declives.

O mapa de declives foi gerado a partir do modelo digital do terreno, obtendo os declives da área de estudo.

O mapa de exposições de vertentes do edificado foi gerado a fim de visualizar a radiação solar nos telhados dos edifícios, para futuramente investigar quais os que podem receber placas fotovoltaicas.

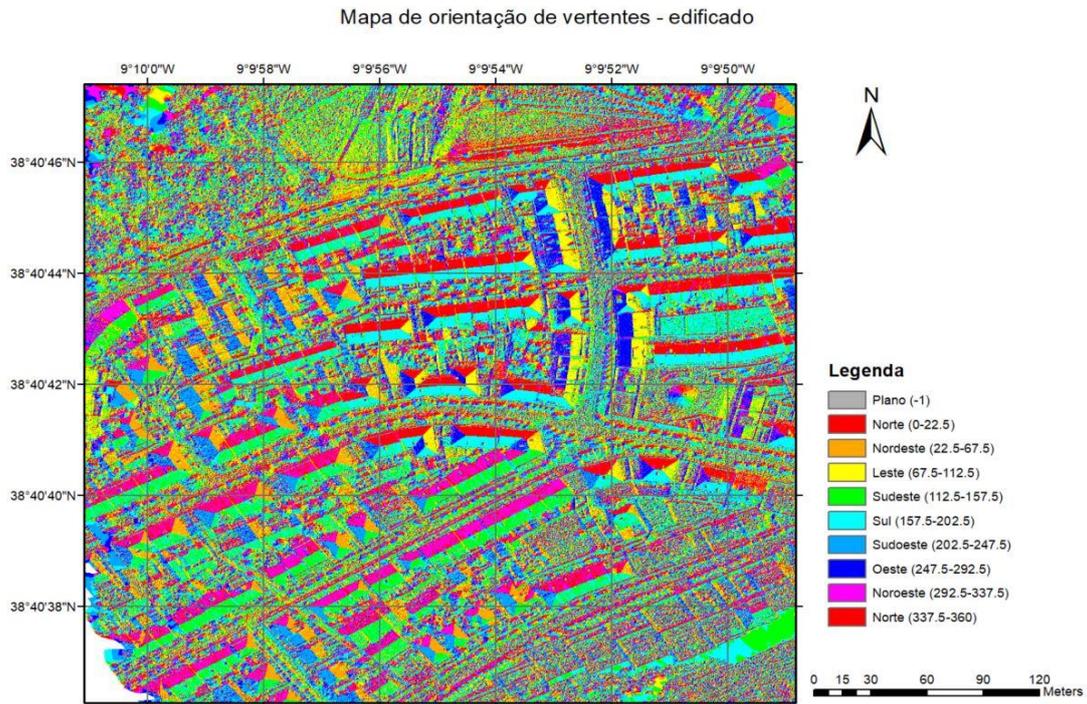


Figura 18: Mapa de exposição com base no DSM.

Foi possível mapear a exposição com base no DSM do edificado presente na área estudada, essa informação é importante devido a influência direta que essas exposições exercem na umidade relativa do ar e temperatura.

Levantamento fotográfico e visita técnica

Através do levantamento fotográfico realizado na visita técnica local, em dezembro de 2018, podemos perceber o funcionamento da área de estudo.



Figura 19: Entroncamento entre a Avenida Cristo e a Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.

A Figura 19 mostra que os veículos ocupam demasiado espaço que poderia estar sendo usado para convívio social e vegetação urbana.



Figura 20 - Telhado Mercado das Torcatas

Na Figura 20 mostra a incidência solar que o telhado recebe, apesar de ser rodeado de edifícios. Essa fotografia foi tirada aproximadamente entre às 11 e 12 horas.



Figura 21 - Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.

Alguns edifícios plurifamiliares mantem o jardim na frente dos lotes, mas uma boa parte, como podemos ver na Figura 21 foram impermeabilizados.

No troço da Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, que fica entre a Rua Torcatas e a Av. Cristo Rei, a maioria dos usos das edificações são residencial plurifamiliares, com 3 pisos, apenas dois edifícios são identificados como uso misto, comércio, serviços e habitações.



Figura 22: Comércio e serviços locais.

Os edifícios mencionados possuem 5 pisos, o que fica localizado no meio da extensão do troço tem no rés-do-chão um mercado, “Meu Super Almada 1”, e o edifício da esquina um café, “Camponesa do Alva”.



Figura 23: Mercado das Torcatas.

Na Av. Cristo Rei, o edifício que está o Mercado das Torcatas, é rodeado por edifícios de uso misto, comércio ao rés-do-chão e habitações nos pisos superiores. Dois edifícios, que estão nas laterais do mercado, são mais altos, ao lado oeste, o edifício tem 7 pisos e do lado leste 5 pisos.

O mercado foi requalificado final de 2018 pela Câmara Municipal de Almada e passou a ter uso cultural, os eventos são ligados à gastronomia e música.



Figura 24: Lojas próximas ao nível do telhado do mercado.

As lojas estão localizadas no mesmo nível do telhado do mercado e a maior partes delas estão desocupadas, afetando diretamente a economia local.

4.5 Projeto de Intervenção urbana

Com o objetivo de gerar benefícios relativamente a qualidade do ar e diminuição da temperatura, a proposta de intervenção urbanística utiliza a infraestrutura verde. O projeto de intervenção urbanística propõe melhorar o microclima do bairro das Torcatas e consequentemente ganhar qualidade do espaço público com o incentivo aos moradores a usufruírem de espaços mais naturais e mais confortáveis.



Figura 25: Projeto de intervenção.

A proposta de intervenção urbanística compreende parte da Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, Avenida Cristo Rei e o Mercado das Torcatas.

As intervenções propostas, estão divididas em 4 pontos: Mercado das Torcatas, Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, cruzamentos e interior dos quarteirões.

Mercado das Torcatas

Inspirado no estudo pormenorizado da Praça 4, assinado por José Rafael Botelho em 1955, chefe do Gabinete de Urbanização da CMA, o projeto propõe a instalação de um telhado verde no Mercado das Torcatas como proposta de praça verde.



Figura 26: Mercado das Torcatas

Atualmente, o telhado do mercado das Torcatas é utilizado como espaço público, onde existem lojas dos prédios que fazem fundo com o mercado, mas essas lojas encontram-se, em sua maioria, sem uso, conforme foi apresentado no levantamento fotográfico.

A ideia é criar um espaço atrativo e confortável para o convívio dos moradores e utentes do comércio local, e também incentivar o uso das lojas que estão ao nível do telhado.

O projeto propõe a preparação e o plantio de relva no telhado do mercado, acompanhado de plantas de pequeno porte e com raízes pequenas. As espécies selecionadas são próprias do clima mediterrânico, facilitando sua adaptação à área.

Os arbustos aromáticos, como a alfazema e o alecrim consomem pouca água, perfumam o ar e previne pragas. A árvore oliveira é resistente à seca e por isso consomem pouca quantidade de água, tornando-se uma boa composição com os arbustos.



Figura 27: *rosmarinus officinalis*, *lavandula angustifolia* e *olea europaea*.

Rua Padre Ângelo Firmino da Silva

Na Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, que é por sua maioria de uso residencial apenas dois edifícios na rua são de uso misto e também são os mais altos, com 5 pisos, o rés-do-chão dos edifícios são comerciais e os pisos superiores são habitações.

A intervenção pretende repor os jardins em frente aos prédios residenciais, tal como árvores urbanas em parte das vagas de estacionamento presentes no local.

Considerando a proposta de retornar os jardins em frente às residências, foi feito um levantamento do local quanto aos jardins em frentes as casas e boa parte da área permeável do desenho original foi vedada com betão, por não existir nenhuma infraestrutura pesada, o espaço pode ser facilmente reconvertido em área permeável e receber vegetação nativas.



Figura 28: Projeto de intervenção urbana na Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.

Utilizando o urbanismo tático, com árvores que ocuparão parte das vagas de carro, de modo que a cada 2 vagas de carro, seja acrescentada uma árvore. A intenção não é extinguir as vagas, mas sim diminuí-las e proporcionar um maior conforto térmico urbano para os moradores, através do sombreamento da rua e das edificações próximas. A arborização na rua, está colocada no lado da rua com maior incidência solar, com objetivo de gerar maior sombreamento.

A proposta de retirar parte das vagas de veículos, vai de encontro com o Regulamento n.º 278-A/2019, que consiste no Regulamento Metropolitano das Regras Gerais para a Implementação do Sistema Tarifário na Área Metropolitana de Lisboa, que por sua vez, incentiva o aumento do uso de transporte público e a diminuição de uso de automóveis particulares.

Cruzamentos

O projeto desenha a expansão da área pedonal e inserção de árvores no cruzamento das ruas Padre Ângelo Firmino da Silva e Avenida Cristo Rei, local que atualmente é ocupado para estacionamento de veículos. A expansão do passeio incluirá também a instalação de pequenos jardins e bancos. A

quantidade de veículos observados no levantamento fotográfico, poderá ser reduzido com o incentivo do uso de transportes coletivos, já citado anteriormente.



Figura 29: Rua Padre Ângelo Firmino da Silva.

As árvores deverão ser de tronco alto, a fim de não vedar a visualização dos motoristas. O espaço receberá bancos fabricados com plástico reciclável que garantirão um espaço mais confortável e convidativo para o convívio e maior permanência dos moradores no espaço público.

Interior dos quarteirões

O projeto propõe uma reconversão do interior dos quarteirões, retirando as arrecadações que em alguns casos ainda possuem telhas de amianto. O objetivo da reconversão é repor a área permeável proposta no Plano de Urbanização de 1946, e incentivar plantio de árvores frutíferas e hortas.



Figura 30: Intervenção na área escolhida.

Dentro de um dos quarteirões, onde atualmente, está localizado um estacionamento, a fim de manter o uso do lote, a opção utilizada é o ecopavimento, que irá permitir uma área com vegetação e ao mesmo tempo manter o uso atual.

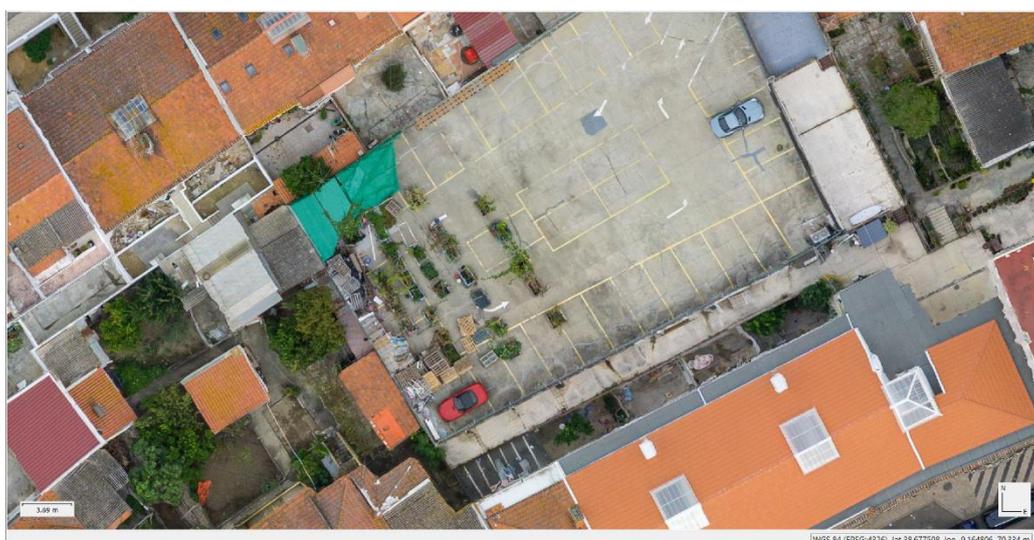


Figura 31: Fotografia aérea do logradouro.

O ecopavimento consiste em grelhas fabricadas com matéria prima da indústria de reciclagem e relva, as grelhas permitem o tráfego de veículos devido sua resistência a carga que é de aproximadamente, 200 toneladas por m^2 . Esta técnica permite o plantio de relva em 100% da área. Sua utilização é aconselhável para locais com tráfego lento de veículos, uma excelente alternativa para manter o uso do lote como parque de estacionamento e garantindo a permeabilidade e o uso de vegetação.

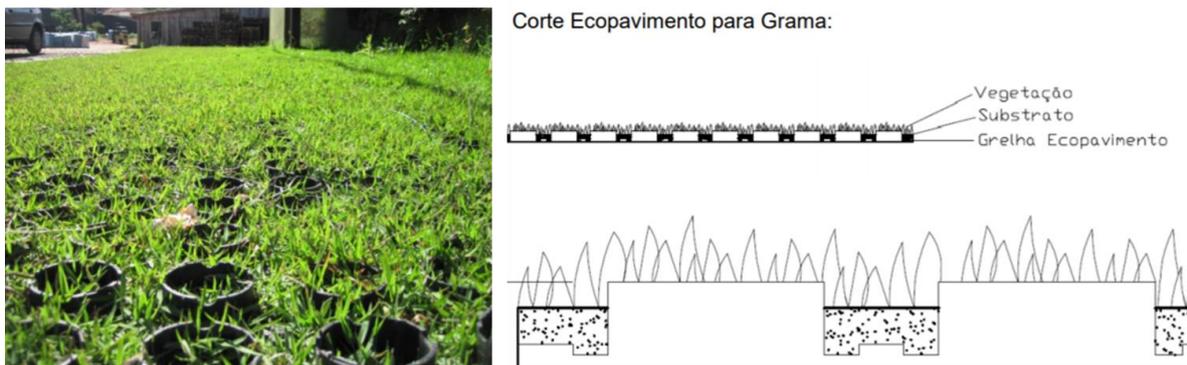


Figura 32: Detalhe do Ecopavimento.

Outros benefícios garantidos pelo uso de relva é a evapotranspiração, a absorção e reflexão de raios solares, diminuição o calor da superfície, além do benefício estético, que por sua vez, pode incentivar a reconversão, a longo prazo, do interior do quarteirão para um jardim ou horta comunitária e não mais estacionamento.

Com incentivo de os moradores usufruírem de um espaço mais natural, a desocupação de logradouros, melhoram a qualidade do ar e ajuda a preservar a vegetação nativa.

Com apoio de políticas publicas, algumas iniciativas buscam assegurar os sistemas naturais urbanos, um exemplo lançado este ano de 2019, foi a recomendação 074/08 que tem por objetivo a garantia da salvaguarda e requalificação ambiental de logradouros, o projeto propõe a reconversão e desocupação no interior dos quarteirões.

“Considerando que alguns logradouros privados possuem, por vezes, inúmeras obras ou construções clandestinas edificadas nestes terrenos, habitualmente situados nas traseiras dos prédios, pelo que se torna necessário que o Município de Lisboa relance uma campanha de recuperação dos logradouros, incentivando a sua desocupação e reconversão, de forma a permitir que eles voltem a ser permeáveis às águas pluviais.” (Assembleia Municipal de Lisboa, 2019).

É uma iniciativa tomada no município de Lisboa que pode ser replicada e inspirar outros municípios, uma vez que vai de encontro com o Art.º 44º do PDM de Lisboa, quando diz respeito a promoção e valorização dos espaços dos logradouros.

Em resumo, o projeto de intervenção urbana, trabalha em pontos específicos com o objetivo de melhorar o conforto térmico urbano. Conforme as referências teóricas podemos perceber que o uso de vegetação num ambiente urbano, apresenta mais benefícios além do objetivo em que foi proposto, nomeadamente, no que diz respeito ao convívio social, valorização da área, maior absorção de partículas poluidoras e consequentemente uma maior qualidade de vida para as pessoas.

5. Resultados e discussão

Com o objetivo de avaliar o conforto térmico urbano obtido com as estratégias de infraestrutura verde apresentadas no projeto de intervenção urbana, foram estudados dois cenários, o primeiro é o cenário atual e o segundo é o cenário do projeto de intervenção urbana, para tal esses dois cenários foram modelados em três dimensões com a ferramenta *spaces*, do programa ENVI-met.

O cenário atual apresenta a situação existente da área estudada, nota-se a pouca presença de vegetação e uma área considerável de pavimento impermeável e edificações.

O cenário projeto apresenta a proposta de intervenção urbana, com telhado verde no Mercado das Torcatas, jardins em frente aos prédios residenciais na Rua Pe. Ângelo Firmino da Silva, vegetação no interior dos quarteirões e vegetação em dois cruzamentos.

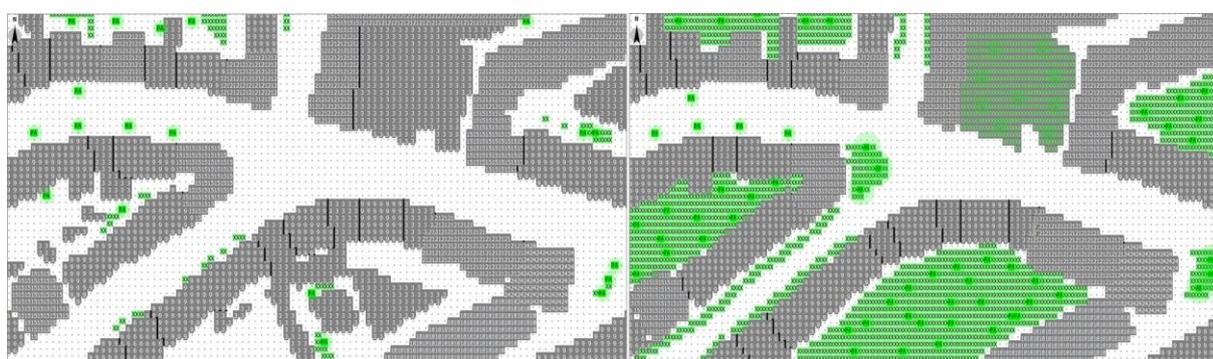


Figura 33: Cenário Atual e Cenário Projeto.

Para ambos os cenários foram usados os mesmos dados para modelação e simulação. O tamanho definido para a área é de 100 para x, 50 para y e 50 para z, equivalente à área de 200x100 metros na escala real. Para a simulação foram usados os mesmos dados climáticos para ambos cenários.

O objetivo das simulações é apresentar em tabela síntese uma comparação na variação de temperatura, velocidade do vento e humidade relativa em cada um dos cenários.

Os resultados mostram as variações da temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento para dois horários, considerando o período de 24 horas no mês de agosto. As horas analisadas foram às 9 horas e às 15 horas, considerando a radiação solar mais consideráveis para avaliar o estresse térmico.

Tabela 4: Resultados das simulações dos cenários.

Parâmetros	9:00		Cenário Projeto		15:00		Cenário Projeto	
	Cenário Atual mín.	Cenário Atual máx.	Cenário Projeto mín.	Cenário Projeto máx.	Cenário Atual mín.	Cenário Atual máx.	Cenário Projeto mín.	Cenário Projeto máx.
Temperatura do ar	19,65° C	23,38° C	19,70° C	22,55° C	24,02° C	33,90° C	22,91° C	32,47° C
Humidade relativa	57,42%	71,61%	60,46%	66,18%	45,45%	56,24%	55,73%	60,60%
Velocidade do vento	0,00 m/s	4,23 m/s	0,00 m/s	4,61 m/s	0,00 m/s	4,52 m/s	0,00 m/s	4,96 m/s
PET	17,80° C	48,80° C	16,80° C	46,80° C	23,40° C	56,60° C	19,80° C	49,60° C

Pelos dados apresentados na Tabela 4, na comparação do cenário atual com o cenário do projeto, podemos perceber que existe uma diminuição da temperatura para os dois horários escolhidos.

As imagens abaixo apresentam os mapas gerados pelo programa e seus resultados, relativos à temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento, avaliados em dois horários: às 9 horas e às 15 horas de um dia no mês de agosto de 2018.

Temperatura do ar:

A temperatura do ar apresentada às 9 horas, em comparação do cenário atual com o cenário do projeto, a temperatura máxima do cenário do projeto baixou 0,83°C em relação cenário atual.

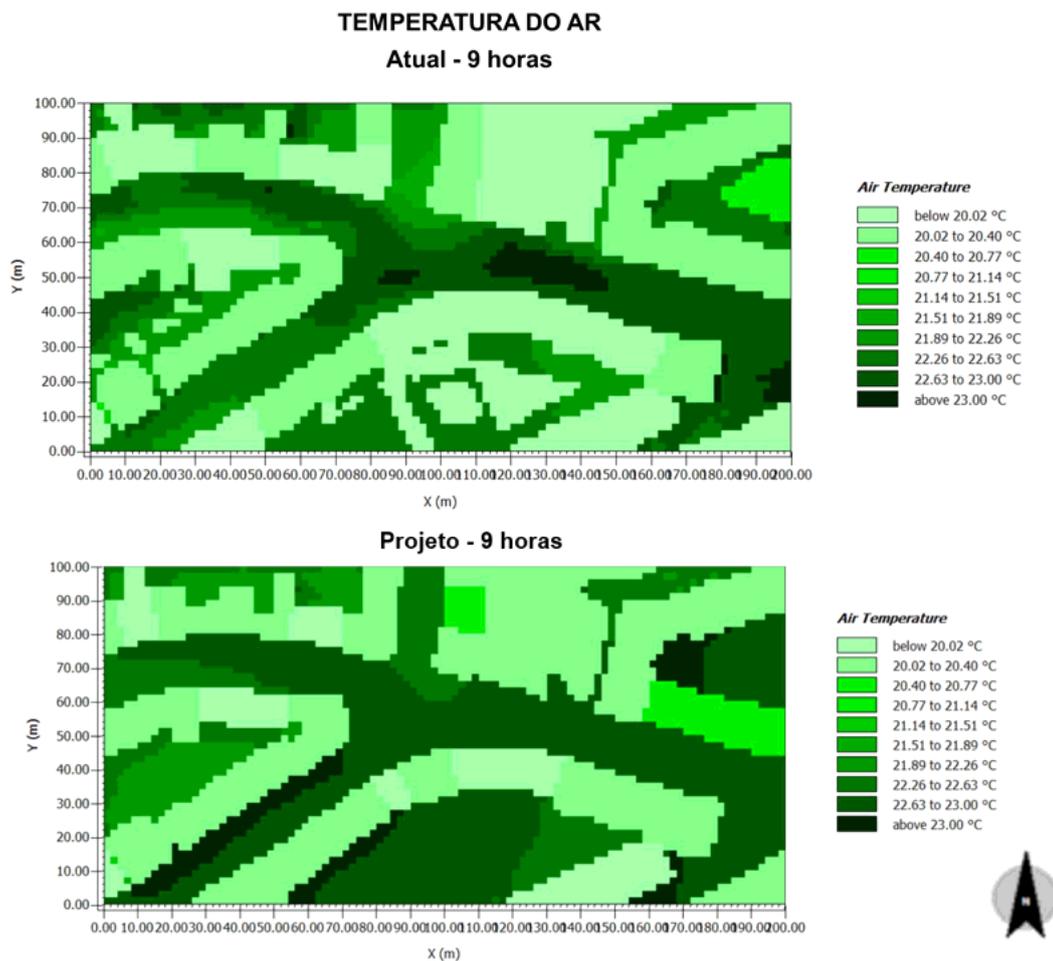


Figura 34: Cenários às 9 horas em agosto de 2018.

Na temperatura do ar apresentada às 15 horas, em comparação do cenário atual com o cenário do projeto, a temperatura máxima do cenário do projeto baixou 1,43°C em relação cenário atual.

Visualmente fica nítido, no esquema apresentado na Figura 35, o edifício do mercado que recebeu o telhado verde e sua influência na temperatura da Av. Cristo Rei. No Corte observa-se que a massa de calor densa no cenário atual, ameniza no cenário do projeto.

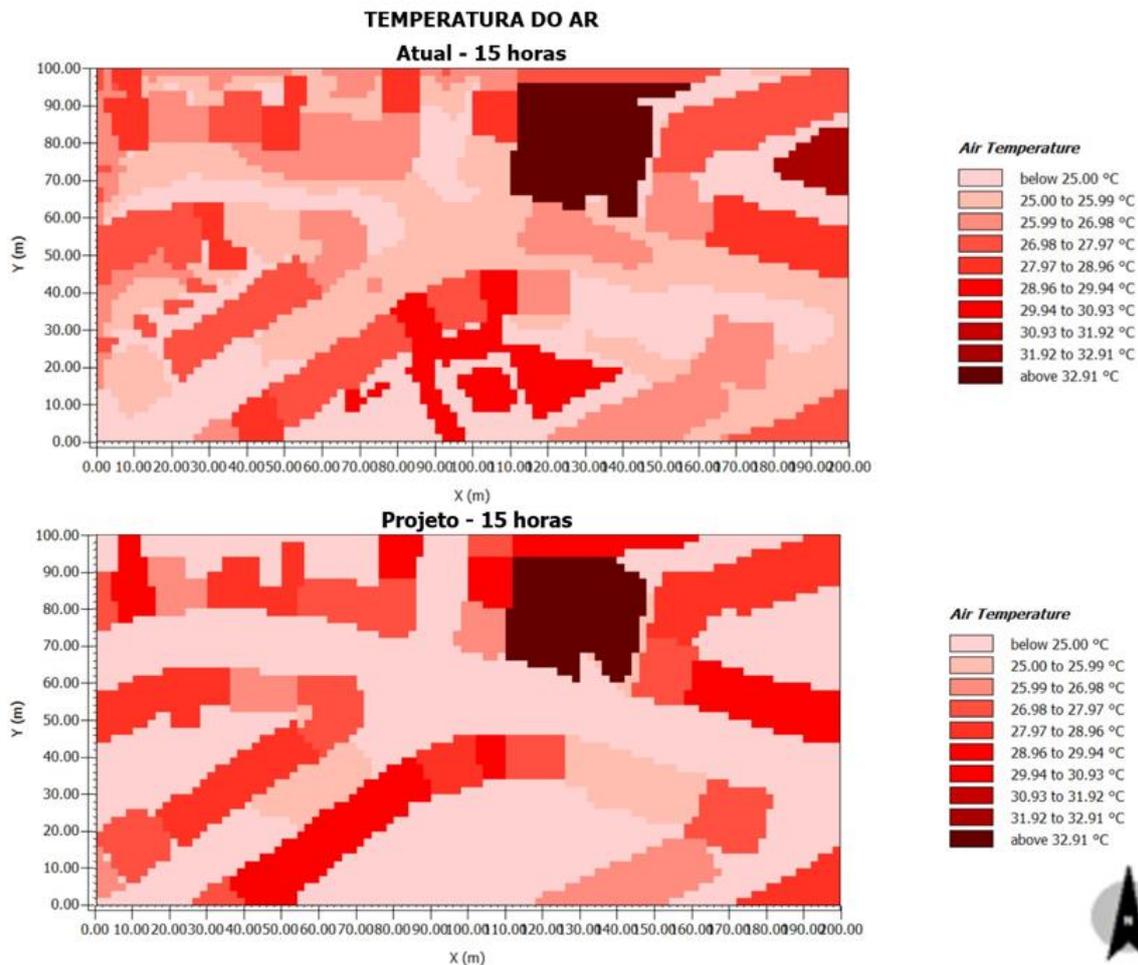


Figura 35: Cenários às 15 horas em agosto de 2018.

Humidade relativa:

A humidade relativa aumenta no cenário do projeto, nos dois horários, isso deve-se à evapotranspiração da área de vegetação inserida na área de intervenção. Considerando às 9 horas a radiação é menor em relação às 15 horas, o ambiente ainda possui a humidade acumulada da noite anterior.

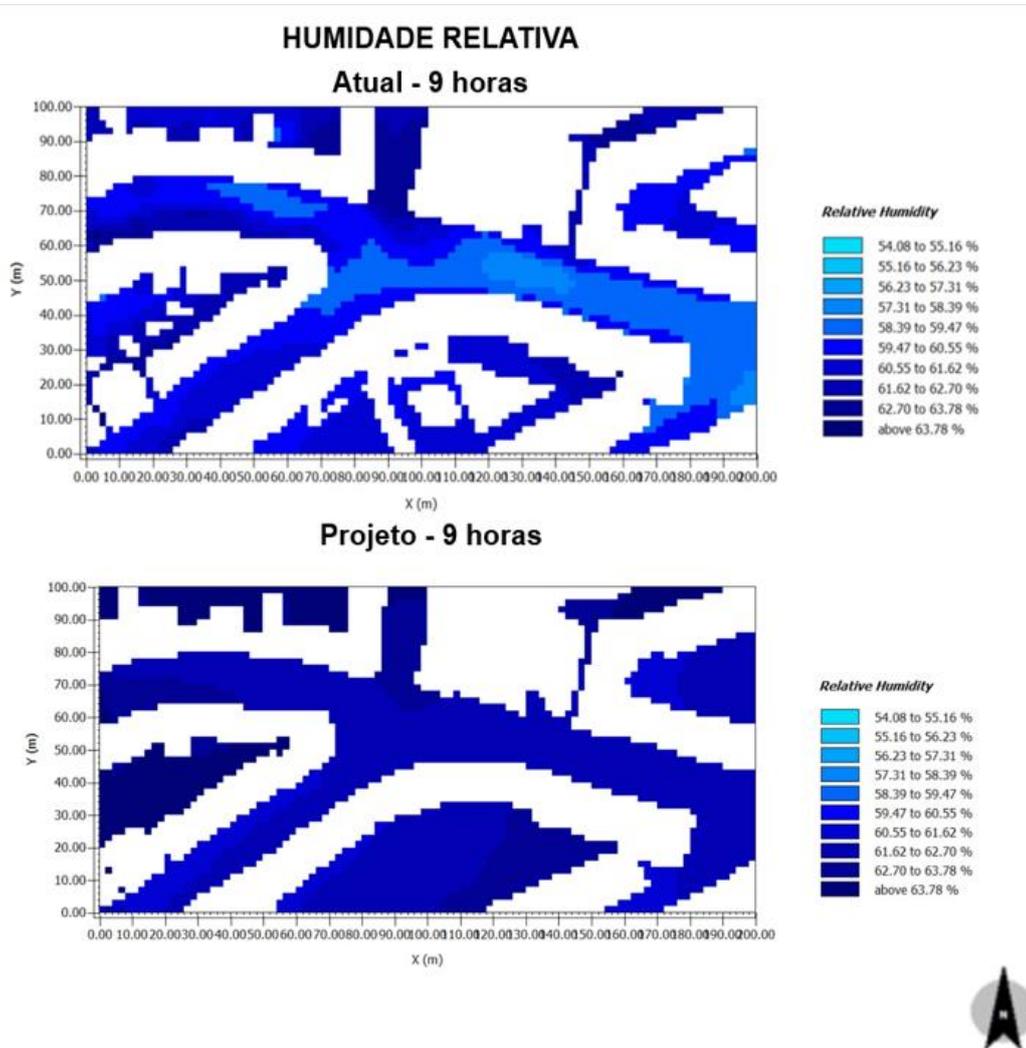
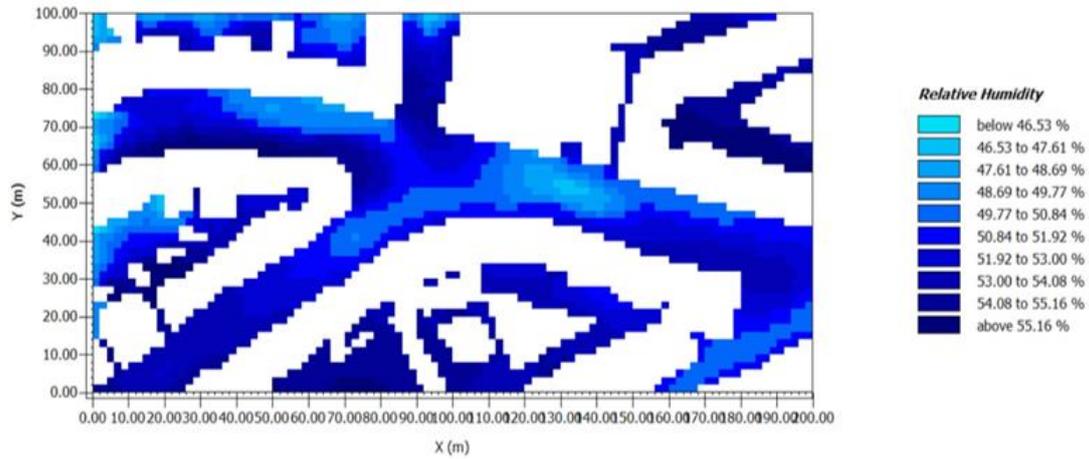


Figura 36: Humidade relativa dos cenários, às 9 horas em agosto de 2018.

Na segunda análise para humidade relativa do ar às 15 horas é menor, ao comparar com as 9 horas, porém aumenta significativamente, ao comparar com o mesmo horário nos cenários atual para o projeto.

HUMIDADE RELATIVA

Atual - 15 horas



Projeto - 15 horas

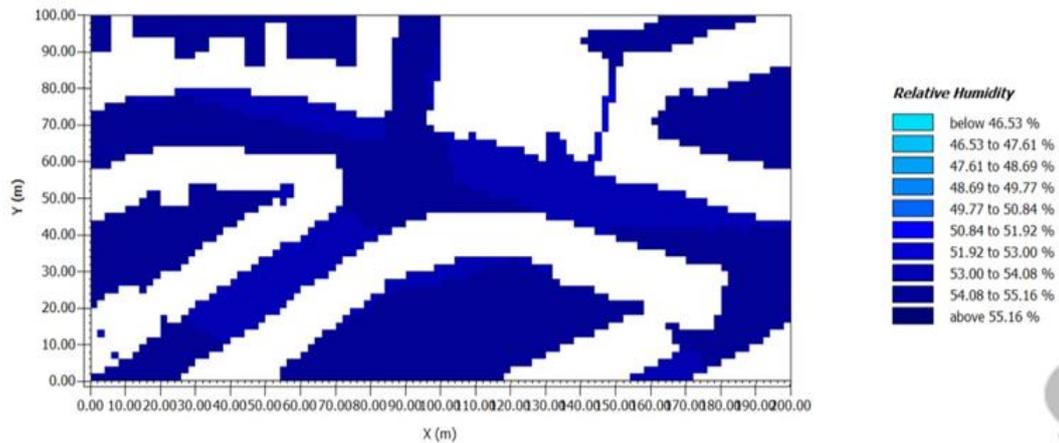


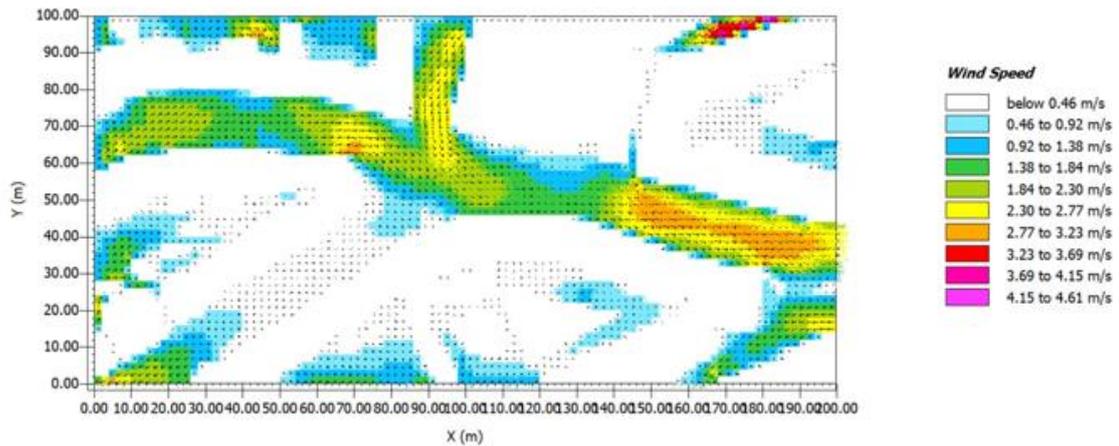
Figura 37: Humidade relativa às 15 horas em agosto de 2018.

Velocidade do vento:

A velocidade do vento aumenta no interior dos quarteirões, devido a maior circulação permitida, diminuindo o efeito turbilhão. A nível da Avenida Cristo o Rei, a mancha com velocidade de vento maior, fica menos concentrada no cenário do projeto.

VELOCIDADE DO VENTO

Atual - 9 horas



Projeto - 9 horas

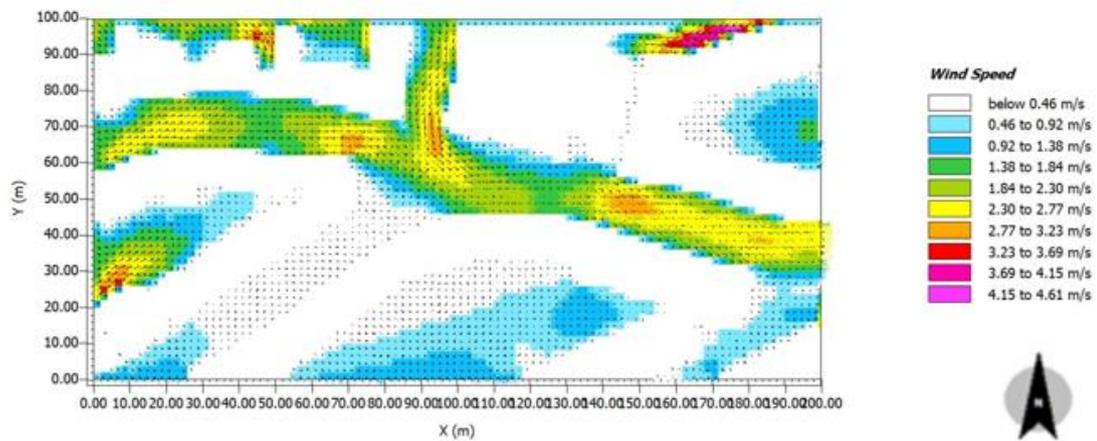
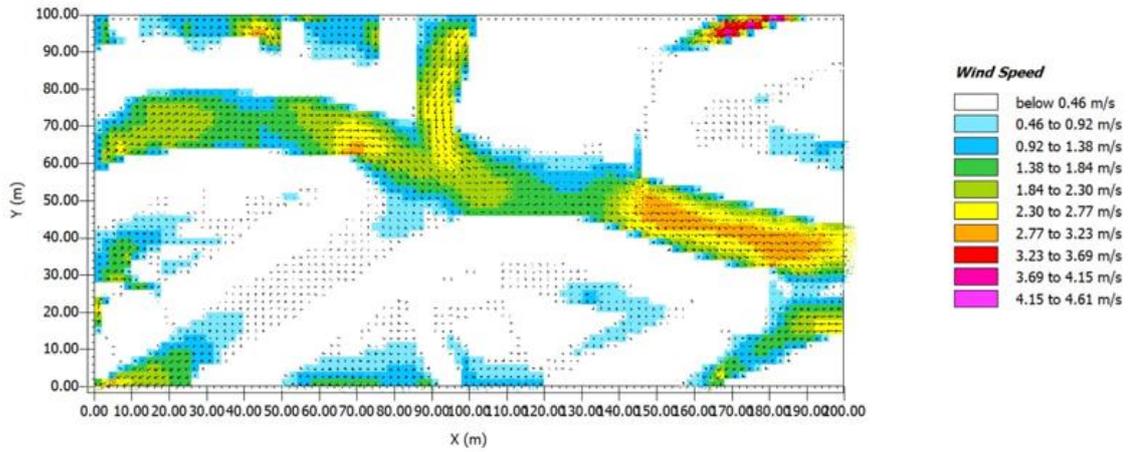


Figura 38: Velocidade do vento às 9 horas em agosto de 2018.

VELOCIDADE DO VENTO Atual - 15 horas



Projeto - 15 horas

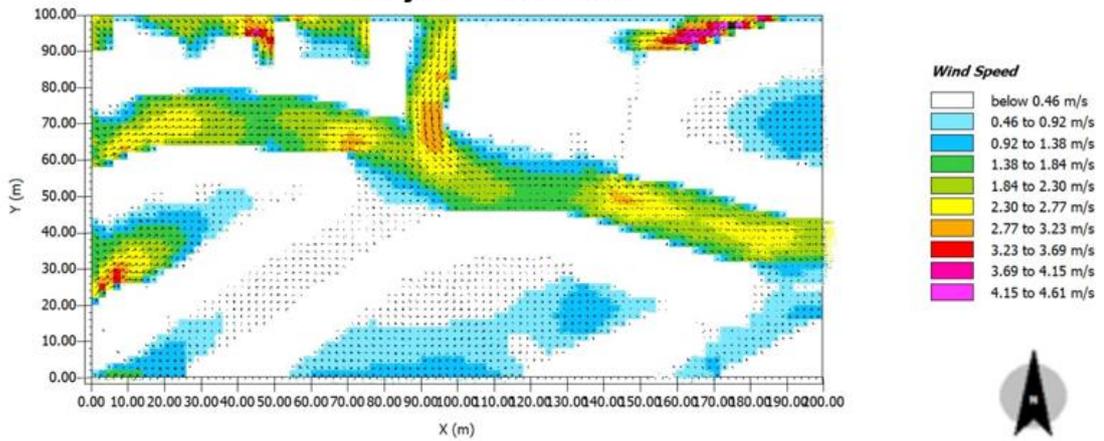


Figura 39: Velocidade do vento às 15 horas em agosto de 2018.

Os resultados obtidos nas simulações permitem a percepção do ganho de benefícios, quanto ao conforto térmico urbano. As variantes analisadas em conjunto podem determinar o conforto térmico humano ao ar livre, mostrando como o uso de infraestrutura verde pode melhorar o espaço público para as pessoas.

Existem diversos estudos relacionados aos índices que medem o conforto térmico. A temperatura do ar influencia diretamente na sensação e estresse térmico, um dos índices definido pela norma internacional ISO 7730, é o PMV (*Predicted Mean Vote*) traduzido para o português, voto médio previsto. O PMV é utilizado para prever a avaliação da sensação térmica do corpo como, um todo, numa escala de nove pontos, de frio à quente criado pelo modelo de Fangers (1972). O valor do PMV, possui um parâmetro de medida de sensação fisiológica que varia de -4 (muito frio) até +4 (muito calor), onde o valor 0 define o menor o stress térmico, ou seja, melhor é a sensação de bem-estar perante o clima exposto.

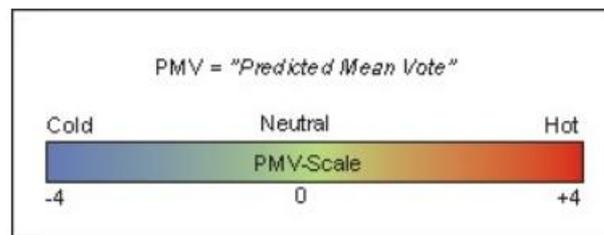


Figura 40: Escala PMV entre -4 (muito frio) e +4 (muito calor), onde 0 é neutro.

Fonte: envi-met.info

Contudo, o PMV é mais apropriado para ambientes internos, pois para condições de temperaturas extremas os resultados obtidos podem ser superiores aos limites da escala original.

Na documentação do programa ENVI-met é sugerido que para avaliar o estresse humano em ambientes externos, para medir a escala de conforto térmico, o índice mais apropriado é o PET.

De acordo com (Jim et al. 2017) os índices mais importantes de conforto térmico ao ar livre são a *Physiological Equivalent Temperature* (PET), traduzido para o português, Temperatura Fisiológica Equivalente (Hoppe 1999) e o Universal Thermal Climate Index (UTCI), que significa Índice Térmico Universal (Jendritzky et al. 2012).

O PET é o índice que avalia o balanço térmico do corpo, considerando as variáveis climáticas do ambiente analisado e as condições fisiológicas que o corpo sofre para manter o conforto térmico humano. Tal como o PMV, utiliza as variáveis climáticas, como humidade relativa, velocidade do vento, temperatura e radiação solar para resultar na sensação térmica. Este índice é baseado no Modelo *Munich Energy Balance Model for Individuals* (MEMI), que apresenta o balanço energético do corpo humano para manter a temperatura média corporal.

Neste trabalho o índice de avaliação de conforto térmico humano usado foi o PET. Conforme apresentado **na Tabela 5**, a categorização para vários níveis de percepção térmica e grau de stress fisiológico, irá avaliar o grau de stress distribuído geograficamente nos mapas gerados.

Tabela 5: Categorização do PET para vários níveis de percepção térmica e estresse fisiológico.

PET	Percepção Térmica	Grau de stress fisiológico
<4	Muito Frio	Stress por frio extremo
4-8	Frio	Stress por frio muito elevado
8-13	Fresco	Stress por frio elevado
13-18	Levemente frio	Stress por frio moderado
18-23	Confortável	Sem Stress térmico
23-29	Levemente calor	Stress por calor moderado
29-35	Calor	Stress por calor elevado
35-41	Muito calor	Stress por calor muito elevado
>41	Calor extremo	Stress por calor extremo

As imagens dos mapas apresentados a seguir, são resultados dos cálculos efetuados pela ferramenta *BIOMET* do programa ENVI-met. Os mapas mostram a sensação térmica no cenário atual e cenário do projeto, em dois horários, às 9 horas e às 15 horas, comparando os resultados obtidos quanto a sensação térmica ao ar livre, sem e com espaços verdes.

Os resultados atingidos para os cenários analisados às 9 horas da manhã, apresenta uma melhora do grau de *stress*.

Na Av. Cristo Rei, no cenário atual possui uma percepção de calor elevado e muito elevado, para o cenário do projeto com percepção de calor e levemente calor, principalmente no trecho em frente ao Mercado das Torcatas.

Na Rua Padre Ângelo Firmino, a mancha verde que indica percepção confortável, aumenta na extensão da rua.

As árvores instaladas nos cruzamentos, bem como o aumento do passeio com a presença de relva, ajudaram a substituir a mancha que no cenário atual é de muito calor e calor extremo, para levemente calor à confortável.

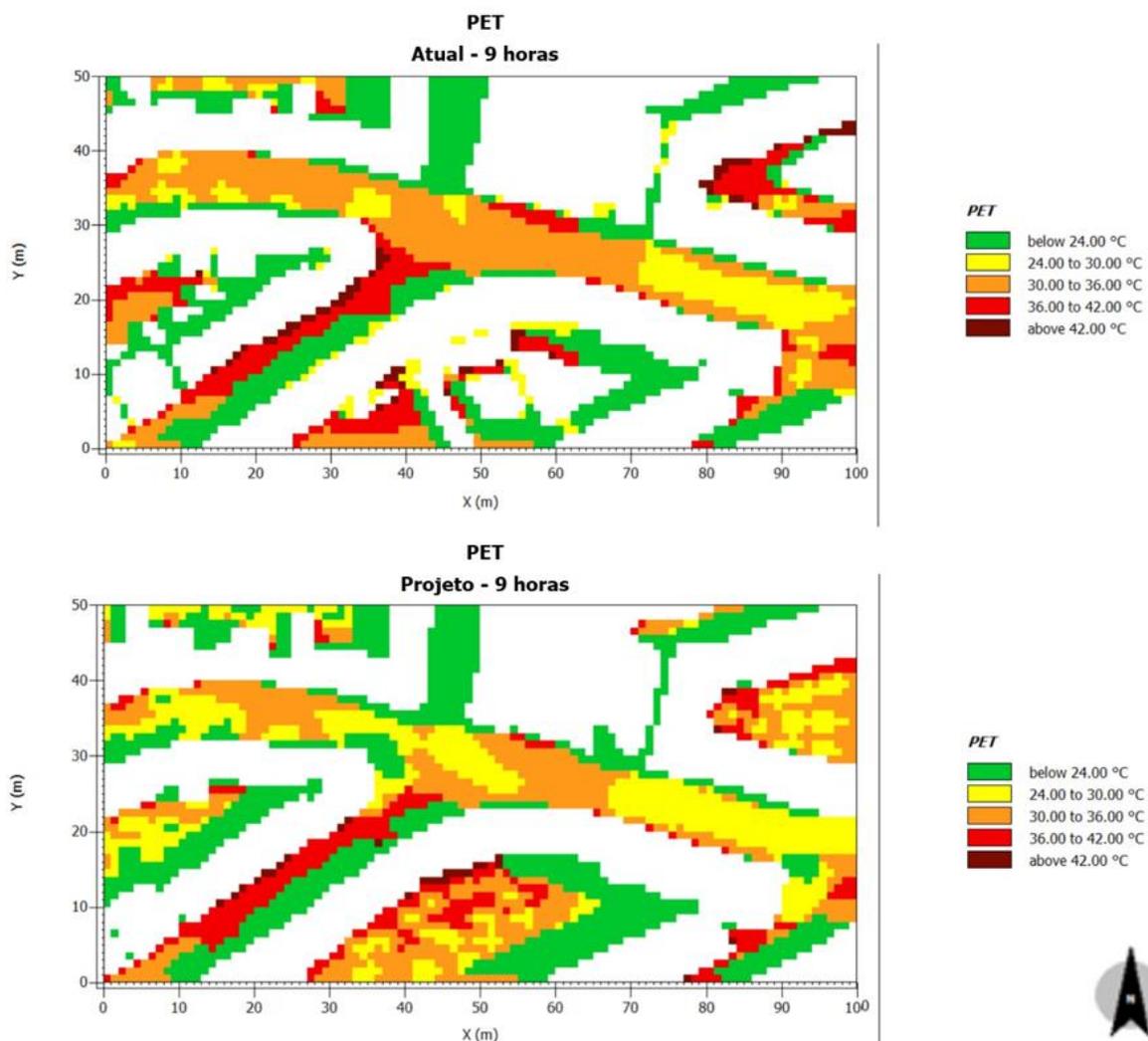


Figura 41: Resultados do PET nos cenários às 9 horas.

Os resultados alcançados para os dois cenários às 15 horas, foram bastante relevantes. O cenário atual está com a maior parte da área com stress por calor extremo, nomeadamente, em frente ao telhado, confirmando a sensação sentida no local durante a visita técnica, por ser um local com bastante incidência solar e pouco sombreamento.

Com o uso do telhado verde no cenário do projeto a percepção e stress térmico diminui de calor extremo para calor elevado, isso significa uma diferença de aproximadamente de 3 a 5°C entre os valores da tabela. Além disso, a mancha verde, que é o conforto térmico distribui-se ao longo da avenida Cristo Rei.

A diminuição em relação à Rua Padre Ângelo Firmino da Silva, mesmo que seja pouca, ela existe e confirma que o uso da vegetação pode melhorar a percepção térmica e diminuir o stress fisiológico.

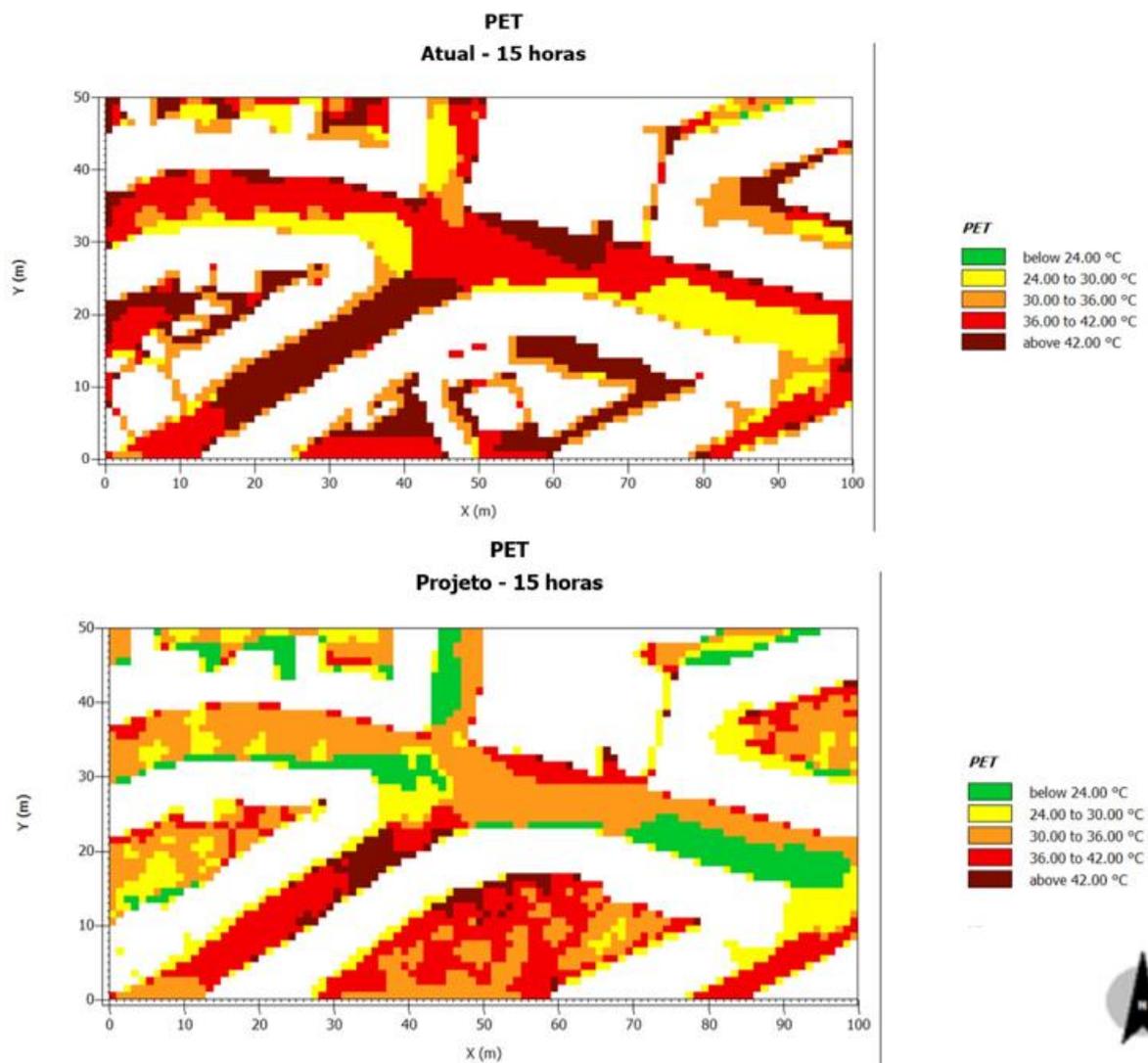


Figura 42: Resultados do PET nos cenários às 15 horas.

Os benefícios relacionados ao conforto térmico urbano, segundo a teoria apresentada, refletirão também no conforto térmico no interior dos edifícios e na sua eficiência energética, pela proximidade a vegetação.

Síntese e considerações finais

O projeto original do Plano de Urbanização do Concelho de Almada, mais precisamente, Zona das Torcatas, desenhado pelo arquiteto Étienne de Gröer, já utilizava soluções de infraestrutura verde na microescala, usando os princípios de cidades-jardins. Ao longo do tempo, o projeto sofreu alterações, em relação a redução de áreas verdes que o plano propunha, designadamente no interior de quarteirão.

A proposta de intervenção urbana apresentada, aumenta a cobertura vegetal com a instalação do telhado verde no mercado das Torcatas, aumenta também a arborização nas ruas usando urbanismo tático, e a substituição de espaço ocupado por veículos no cruzamento de vias pelo aumento da área pedonal e presença de relva, além de árvores.

Com uso do programa ENVI-met, foi realizado um estudo para quantificar o ganho gerado pela intervenção proposta. Através de simulações computacionais, obtivemos resultados das variáveis de temperatura do ar, velocidade do vento, humidade relativa e sensação do conforto térmico humano, através do PET.

Os resultados, apresentam melhorias nos parâmetros citados anteriormente, confirmando que a infraestrutura verde é uma excelente ferramenta para o ganho de conforto urbano à microescala e que fazendo parte da estrutura ecológica contribui para a mitigação de ilhas de calor urbano.

Do trabalho de investigação efetuado fazemos a síntese seguinte:

- a) Da aplicação dos princípios do urbanismo sustentável para uma proposta de intervenção urbana baseada em resultados de simulação, concluímos:
 - Os princípios do urbanismo sustentável auxiliam no planeamento e regeneração do espaço urbano, em respostas aos desafios das cidades atuais.
 - As estratégias inspiradas nos princípios do urbanismo sustentável promovem a integração da paisagem dos espaços verdes, através de jardins, hortas urbanas e telhados verdes.
 - Os benefícios obtidos com a modificação do ambiente construído vão além da redução da temperatura, estendendo-se para a promoção da biodiversidade, conforto térmico urbano, gestão hídrica e melhoria da qualidade do ar.
 - O design sustentável substitui áreas que no cenário atual, são ocupadas por veículos por passeios mais largos e com presença de relvado e árvores, proporcionando assim, um espaço público convidativo e agradável.
 - A reconversão do interior dos quarteirões, por áreas mais naturais, relvados e hortas, dará mais qualidade de vida para os moradores e auxiliará na diminuição de transportes de bens alimentares e conseqüentemente, menores emissões.

Poder utilizar um recorte da cidade como laboratório de experiências, permite-nos criar modelos e testá-los através de simulações computacionais que determinarão o sucesso da implementação do projeto. O êxito da simulação foi alcançado com a combinação de uma caracterização detalhada da área de estudos atual, aplicando técnicas de infraestrutura verde mais eficientes de modo a obter os melhores resultados que diz respeito ao conforto térmico urbano.

A tecnologia computacional possibilita testar os projetos e medir sua viabilidade, além disso, permite-nos criar modelos tridimensionais para apresentá-los à população em discussões públicas e preparar um projeto que atenda as necessidades das pessoas, promovendo o melhor uso das melhores técnicas de sustentabilidade.

A experiência de poder simular cenários e comparar o estado atual com o cenário do projeto de intervenção urbana, e também visualizar os resultados com o ganho em conforto térmico, asseguram que os princípios do urbanismo sustentável resultam numa microescala, através de pequenas modificações dos espaços públicos.

- b) O projeto de intervenção urbana à luz dos serviços ecológicos prestados pela aplicação de infraestruturas verdes.

Como vimos pelos resultados obtidos nas simulações deste projeto, a proposta apresenta uma redução significativa na temperatura do ar, aumento da humidade relativa e melhoria do conforto térmico, que podem ser traduzidos para os serviços ecossistémicos apresentados.

Regulação Climática

Recorrendo ao uso de infraestrutura verde, com o aumento da vegetação, arborização de rua e o telhado verde foi possível obter uma diminuição na temperatura através do sombreamento e evapotranspiração das folhas e aumentando também a humidade relativa de ar. Através dessas estratégias foi possível melhorar a regulação climática mitigando o *stress* fisiológico.

Recreio e Lazer

O projeto da cobertura vegetal no telhado do Mercado das Torcatas, tal como o a arborização e aumento da área pedonal no cruzamento, criam zonas de convívio e lazer, que incentivam a permanência das pessoas nos espaços públicos.

Regulação da Água

O aumento da área permeável na área selecionada, auxilia no escoamento das águas pluviais e drenagem do solo, garantindo a reposição de águas nos aquíferos subterrâneos, bem como a prevenção de enchentes. A vegetação funciona como filtro, removendo os poluentes naturais das águas contribuindo com as características físico-química da água.

Regulação do Ar

A arborização e vegetação proposta no projeto auxiliam na qualidade do ar, por meio da absorção de gases poluentes e barreira natural à circulação de poluentes, beneficiando a saúde humana. Além disso, o aumento da vegetação propicia a melhoria da qualidade do ar devido a produção de oxigênio através do processo fotossintético.

Produção de Alimentos

A reconversão do interior dos quarteirões, mesmo que parcial, permite o plantio de hortas e árvores frutíferas, promovendo a produção de alimentos. Essa produção aumenta a qualidade da alimentação dos moradores além de beneficiar o ecossistema com paisagem e cultura.

Paisagem e Cultura

O embelezamento da área selecionada para intervenção, com o uso de árvores, arbustos relvas e mobiliário público beneficiam em aspetos físicos e psicológicos da saúde dos moradores.

A paisagem natural alivia o *stress* e ansiedade da população, que são causados pela vida agitada do meio urbano.

Podemos perceber que os serviços ecossistêmicos prestados pelo uso de infraestrutura verde estão entrelaçados, ou seja, a infraestrutura verde inserida no projeto tinha como objetivo inicial à regulação climática com o aumento do conforto térmico urbano, porém quando a vegetação é inserida no contexto urbano ela exerce por si só a regulação do ecossistema e promove o bem-estar humano.

c) Propostas de investigação futura com base nos resultados obtidos:

Investigação da melhoria do conforto térmico no interior dos edifícios localizados na área de intervenção. Qual impacto do uso da infraestrutura verde proposta, na eficiência energética dos edifícios com base na vegetação intervencionada e o tipo de edificação?

Um estudo de comparação de ganho energético entre o mercado que recebeu telhado verde e os prédios residenciais onde as árvores foram colocadas numa altura média e mais espaçadas.

Investigação para a localização de telhados com maior radiação solar e potencial para receber a instalação de placas fotovoltaicas com o objetivo de produzir energia renovável e estimar o ganho energético para cada edifício localizado.

Estudo de gestão da água, investigando o ganho de permeabilidade do solo, bem como o reaproveitamento das águas pluviais, nomeadamente para o reaproveitamento das águas

pluviais infiltradas no telhado do mercado para uso do edifício e o escoamento do caudal que infiltrará no estacionamento que esta localizado no interior do quarteirão.

O estudo aumentou significativamente o conhecimento relacionado às estratégias de melhoramento urbano através dos princípios do urbanismo sustentável e serve de inspiração para novos projetos, uma vez que para uma arquiteta urbanista, promover o bem-estar da população é o maior reconhecimento do seu trabalho.

Bibliografia

- Agenda 21. (1992). *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro.
- Andersson, E., Barthel, S., Borgström, S., Colding, J., Elmqvist, T., & Gren, C. F. (2014). Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services. *AMBIO*, 445-453.
- Bárbara, S., Caio, S., & Teresa, S. (2018). PROTOCOLO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MICROCLIMA URBANO PARA A CIDADE DE LISBOA, PORTUGAL. *XVI COLÓQUIO IBÉRICO DE GEOGRAFIA*.
- Benton-Short, L., Keeley, M., & Rowland, J. (2019). Green infrastructure, green space, and sustainable urbanism: geography's important role. *Urban Geography*, 330-351. Obtido em agosto de 2019
- Bruse, M., & Fler, H. (Março de 2004). <http://www.envi-met.net/documents/papers/overview30.pdf>. Obtido em Outubro de 2019, de www.envi-met.com: <http://www.envi-met.net/documents/papers/overview30.pdf>
- CIAM, A. d. (1933). Carta de Atenas. *Congresso Internacional de Arquitetura Moderna*. Atenas.
- Coder, K. (July de 1996). Tree heat stress syndrome. p. 11.
- Conselho Europeu de Urbanistas. (1998). A Nova Carta de Atenas. *Conferência Internacional de Atenas*.
- Dagmar Haase, N. F. (2014). Ecosystem Services in Urban Landscapes: Practical Applications and Governance Implications. *AMBIO*, 407-412.
- Demuzere, K., Orru, O., Heidrich, E., Olazabale, D., Geneletti, H., Orru, . . . M. Faehnlejk. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 107-115.
- Geneletti, C., & Cortinovis, D. (Junho de 2019). A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating. *Ecosystem Services*.
- Howard, E. (1898). *Garden and City of To-morrow*.
- Jim, C. Y., Tan, P. Y., Feng, Y., Erell, E., & Vogt, C. A. (2017). *Greening Cities*. Singapore: Springer.
- Lehmann, S. (2010). *The Principles of Green Urbanism*. Earthscan.
- Magarotto, M., Madureira, H., Costa, M., & Calor, I. (2019). FRAGMENTAÇÃO E DIMINUIÇÃO DOS ESPAÇOS NATURAIS NAS CIDADES: TENDÊNCIAS GERAIS E ESPECIFICIDADES LOCAIS. *XVI Colóquio Ibérico Geografia*. Lisboa, Portugal.
- Matthews, T., Lo, A. Y., & Byrne, J. A. (2015). Reconceptualizing green infrastructure for climate change adaptation. *Landscape and Urban Planning*, 155-163.

- Nosso Futuro Comum. (1987). *Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 2186-2194.
- Raymonda, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., . . . Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based. *Environmental Science and Policy*, 15-24.
- Salmond, J. A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., . . . Wheeler, B. W. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *The 11th International Conference on Urban Health* (pp. 96-171). Manchester, UK.: Springer.
- Santos, T., Silva, C. F., & Tenedório, J. A. (2019). Geographical Information Theory, Application and Management. *Promoting Citizens' Quality of Life Through Green Urban Planning*, pp. 1-23.
- Santos, T., Silva, C., & Tenedório, J. A. (2017). Modelling Urban Thermal Comfort: Evaluating the Impact of the Urban Requalification Project of Praça Duque De Saldanha and Avenida Da República in Lisbon . *rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management*.
- Santos, T., Tenedório, J. A., & A., G. J. (2015). Modelação de dados geográficos para determinação do potencial uso. *VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia*. Lisboa, Portugal.
- Wang, J., & Banzhaf, E. (2018). Towards a better understanding of Green Infrastructure: A critical review. *Ecological Indicators*, 758-772.
- Wanga, J., & Banzhafa, E. (2018). Towards a better understanding of Green Infrastructure: A critical review. *Elsevier*, 758-772. Obtido em agosto de 2019