

MESTRADO EM RISCOS, CIDADES E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
PREVENÇÃO DE RISCOS E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Soluções Baseadas na Natureza

Análise Espacial Multicritério: O caso de Dublin

Luiz Fernando de Oliveira e Silva

M

2020/2022



Luiz Fernando de Oliveira e Silva

Soluções Baseadas na Natureza

Análise Espacial Multicritério: O Caso de Dublin

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

2020/2022

Luiz Fernando de Oliveira e Silva

Soluções Baseadas na Natureza

Análise Espacial Multicritério: O Caso de Dublin

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira

Membros do Júri

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Classificação obtida: (escreva o valor) Valores

*Ao meu querido avô Luiz (in memoriam)
pelo incentivo a curiosidade.*

Sumário

Declaração de honra	7
Agradecimentos	8
Resumo.....	9
Abstract	10
Índice de Figuras	11
Índice de Mapas	11
Índice de Tabelas.....	12
Índice de Quadros	12
Índice de Gráficos.....	12
Introdução.....	13
1.Mudanças Climáticas e Urbanização.....	15
2.Ecosistemas	16
2.1. Serviços Ecosistêmicos.....	17
2.2. Serviços Ecosistêmicos no contexto urbano.....	20
2.3. Mitigação e Adaptação.....	21
3.Soluções Baseadas na Natureza.....	23
4.Enquadramento Metodológico.....	27
4.1. Ferramentas	28
4.1.1. InVEST	30
4.1.2. Sistema de Informação Geográfica.....	31
4.2. Estudo de Caso	31
4.3. Análise Hierárquica de Processos.....	33
4.4. Elaboração dos Mapas de Critérios	33
4.4.1. Elaboração do Mapa de Arrefecimento Urbano	34
4.4.2. Elaboração do Mapa de Mitigação do Risco de Inundação	37
4.4.3. Elaboração do Mapa de Abundância de Polinizadores	38
4.4.4. Elaboração dos mapas de Qualidade da água, Estoque sequestro de carbono e Provisão Alimentar.....	40
4.4.5. Elaboração do mapa da Privação Social	41
4.5. Comparação Pareada	42

4.5.1. Coleta do Julgamento de Especialistas	43
4.5.2. Matriz de Comparação Pareada	43
4.5.3. Cálculo do AutoVetor e Validação dos Resultados	44
4.5.4. Síntese das prioridades.....	46
5.Resultados e Discussão	47
5.1. Mitigação do Risco de Inundação.....	48
5.2. Polinização	52
5.3. Arrefecimento Urbano	59
5.4. Projeto Piloto Nacional de Mapeamento de Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos para um Conjunto de Serviços Priorizados.....	63
5.4.1. Qualidade da água	64
5.4.2. Provisão Alimentar	67
5.4.3. Estoque e Sequestro de Carbono	71
5.5. Privação Social	75
5.6. Análise Hierárquica de Processos.....	78
5.7. Demanda por Serviços Ecossistêmicos.....	82
5.8. Demanda por Soluções Baseadas na Natureza	83
Considerações Finais	86
Referências Bibliográficas	92
Anexos	115
Apêndices	121

Declaração de honra

Declaro que a presente dissertação é de minha autoria e não foi utilizada previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e autoplágio constitui um ilícito acadêmico.

Porto, 2022

Luiz Fernando de Oliveira e Silva

Agradecimentos

À minha orientadora, Profa. Dra. Helena Madureira, pela orientação cuidadosa.

Aos Professores e colegas do MRCOT pelas contribuições e apoio no ciclo de estudos, principalmente, durante o nosso isolamento na pandemia.

Aos colegas do Spatial Dynamic Lab., em especial ao Professor Dr. Francesco Pilla pelas preciosas partilhas do conhecimento.

À Natalia Panis, pelas leituras, revisões, sugestões e, principalmente, pelo apoio nos momentos mais críticos destes últimos dois anos caóticos.

Resumo

Este trabalho se enquadra no debate em torno da Crise Climática e de como as Soluções Baseadas na Natureza podem contribuir para que as cidades se tornem mais resilientes ao oportunizar o atingimento de metas focadas no desenvolvimento sustentável e em ações de Adaptação e Mitigação dos efeitos das Mudanças Climáticas sobre o território urbano, ressaltando a importância dos Ecossistemas e dos Serviços Ecossistêmicos.

Desta forma, este trabalho contribui para a urgência do tema, propondo uma abordagem estratégica que busca, a partir de um estudo de caso, analisar e criar ferramentas para auxiliar o processo de planejamento e tomada de decisão. Neste contexto, e considerando o município de Dublin, Irlanda, partimos da seguinte questão: “Quais são as áreas em Dublin onde as Soluções Baseadas na Natureza são mais necessárias?”.

Diante desta questão de investigação, o trabalho propõe uma Análise Espacial Multicritério, considerando os aspectos socioambientais do território, através da aplicação da Análise Hierárquica de Processo, considerando, exclusivamente, dados e software abertos e gratuitos. Essa análise busca, primeiramente, caracterizar os Serviços Ecossistêmicos considerados chave, assim como os aspectos sociais, para então, produzir uma cartografia de síntese como ferramenta de suporte à decisão.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Soluções Baseadas na Natureza; Serviços Ecossistêmicos; InVEST; AHP.

Abstract

This work is part of the debate around the Climate Crisis and how Nature-Based Solutions can contribute to making cities more resilient by providing opportunities for achieving sustainable development goals and helping to adapt and mitigate the effects of Climate Changes on the urban territory, emphasizing the importance of Ecosystems and Ecosystem Services. Thus, this work takes into consideration the urgency of the theme, proposing a strategic approach that seeks, from a case study, to analyse and create tools to assist the decision-making process at the planning level. In this context, taking into account Dublin City, Ireland, we started with the question: "Which areas in Dublin where Nature-based Solutions are most needed?".

Faced with this research question, the work proposes a Multicriteria Spatial Analysis, considering the socio-environmental aspects of the territory, through the application of the Analytic Hierarchy Process method, exclusively using open and free datasets and software. This analysis aims, first, to characterize key ecosystem services and social aspects in order to later overlap the datasets to produce a decision support tool.

Key-words: Climate changes; Nature-Based Solutions; Ecosystem Services; Invest; AHP.

Índice de Figuras

FIGURA 1 - ESQUEMA METODOLÓGICO	28
---------------------------------------	----

Índice de Mapas

MAPA 1 – LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	32
MAPA 2 - ÍNDICE DE MITIGAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO	51
MAPA 3 - ÍNDICE DE ABUNDÂNCIA DE POLINIZADORES (PRIMAVERA).....	54
MAPA 4 - ÍNDICE DE ABUNDÂNCIA FLORAL (VERÃO)	57
MAPA 5 - ÍNDICE DE MITIGAÇÃO DO CALOR URBANO	61
MAPA 6 - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	66
MAPA 7 - ÍNDICE DE PROVISÃO ALIMENTAR.....	69
MAPA 8 - ÍNDICE DE ESTOQUE DE CARBONO (SOLO)	72
MAPA 9 - ÍNDICE DE ESTOQUE DE CARBONO (VEGETAÇÃO).....	73
MAPA 10 - ÍNDICE DE PRIVAÇÃO SOCIAL	77
MAPA 11 - ÍNDICE DE DEMANDA POR SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	83
MAPA 12 - ÍNDICE DE DEMANDA POR SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA	85

Índice de Tabelas

TABELA 1 - DADOS BIOFÍSICOS	36
TABELA 2 - BIOFÍSICA (<i>CURVE NUMBER</i>)	38
TABELA 3 - "GUILD TABLE"	39
TABELA 4 - BIOFÍSICA (POLINIZAÇÃO)	40
TABELA 5 - DADOS DE ENTRADA	41
TABELA 6 - ÍNDICE RANDÔMICO	46

Índice de Quadros

QUADRO 1 - TIPOS DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	19
QUADRO 2 - DADOS DE ENTRADA (<i>URBAN COOLING MODEL</i>).....	34
QUADRO 3 - ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY	43
QUADRO 4 - EXEMPLO DE SBN PARA MITIGAÇÃO DO RISCO DE IMUNDAÇÃO	52

Índice de Gráficos

GRÁFICO 1 - ORDEM HIERÁRQUICA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	80
GRÁFICO 2 - ORDEM HIERÁRQUICA DOS CRITÉRIOS	81

Introdução

Em 2021, pela primeira vez, cientistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) conseguiram demonstrar com um alto nível de confiança que as atividades humanas são responsáveis pelo aquecimento global, sendo diretamente responsáveis pela elevação da temperatura global em 1.07 °C desde meados do século XIX. Evidenciou-se também que a meta, estabelecida pelo Acordo de Paris 2015 (UNFCCC, 2015) de não ultrapassar os 1.5°C até 2030 é muito difícil de ser alcançada. Entretanto, o relatório do (IPCC, 2021) aponta ser possível manter a temperatura global abaixo de 2 °C de aquecimento neste século, para isso serão necessário grandes e imediatos esforços governamentais para cortar drasticamente as emissões de gases do efeito estufa (IPCC, 2021).

O relatório é inequívoco quanto a relação do aumento das temperaturas globais e o aumento na frequência e severidade de eventos climáticos extremos, como as ondas de calor, inundações, incêndios florestais, secas e o aumento do nível dos oceanos, reforçando ainda mais a severidade e urgência dos desafios sociais impostos pelas mudanças climáticas, exigindo, desta forma, uma resposta rápida e eficaz que forneça subsídios para a adaptação e mitigação dos efeitos nefastos da crise climática.

Ainda mais preocupante são os efeitos das mudanças climáticas em ambientes urbanos, onde as cidades devem sofrer com a amplificação das consequências dos efeitos, expondo a situação de vulnerabilidade aos riscos hidrometeorológicos milhões de pessoas mundo afora (IPCC, 2021).

É diante deste cenário que este trabalho se inscreve. A pesquisa propõe olhar para as Soluções Baseadas em Natureza (SBN) como uma das possíveis respostas em termos de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, reconhecendo seu potencial em serem incorporadas nos processos de planejamento, com objetivo de promover o desenvolvimento sustentável e promover a resiliência territorial.

Este trabalho¹ se divide em dois momentos. A primeira parte compreende uma abordagem teórica, através da revisão da literatura em torno das Mudanças Climáticas,

¹ Este trabalho foi escrito em referência ao português do Brasil.

o papel dos Ecossistemas e de seus Serviços Ecossistêmicos, e como as Soluções Baseadas na Natureza podem contribuir para a restauração e melhoramento dos Serviços Ecossistêmicos no contexto urbano, de modo a entender as principais premissas em que este trabalho se inscreve. Em segundo momento, foi explorada uma dimensão empírica, através de um Estudo de Caso que corresponde à cidade de Dublin, Irlanda, recorte geográfico escolhido a partir da mobilidade Erasmus+ realizada no laboratório de dinâmicas espaciais da University College Dublin. Neste momento, optou-se pela Análise Espacial Multicritérios onde fatores críticos que constituem o espaço de Dublin foram caracterizados para posteriormente serem sobrepostos, a partir da aplicação metodológica da Análise Hierárquica de Processos, de modo a formar uma cartografia de síntese que pudesse ser utilizada como uma ferramenta de suporte à decisão.

Buscou-se explorar as possibilidades e limitações da abordagem metodológica e realizá-la utilizando somente dados e ferramentas gratuitos e abertos para aumentar o grau de transparência e replicabilidade do trabalho, assim como apontar e registrar caminhos e abordagens possíveis de tornar os territórios mais resilientes frente aos desafios da crise climática em qualquer parte.

1. Mudanças Climáticas e Urbanização

Em um debate recente, em 2021, cientistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) conseguiram demonstrar pela primeira vez, com um alto nível de confiança, que as atividades humanas são responsáveis pelo aquecimento global, as quais estão diretamente relacionadas com a elevação da temperatura global em 1.07 °C desde meados do século XIX. Isso é o aumento das temperaturas globais bem como o aumento na frequência e severidade de eventos climáticos extremos como as ondas de calor, inundações, incêndios florestais, secas e o aumento do nível dos oceanos está imediatamente ligado com as ações antrópicas (IPCC, 2021).

Ainda no contexto do Painel Intergovernamental reconheceu-se que a meta previamente estabelecida pelo acordo de Paris em 2015 de não ultrapassar os 1.5 °C até 2030 seria muito difícil de ser alcançada (IPCC, 2021). O relatório, portanto, reforça ainda mais a severidade e urgência dos desafios sociais impostos pelas mudanças climáticas, exigindo tomadas de decisões rápidas e eficazes que forneçam subsídios para a adaptação e mitigação dos efeitos nefastos da crise climática. Em resposta a esse diagnóstico, o relatório aponta a possibilidade de manter a temperatura global abaixo de 2 °C de aquecimento neste século (IPCC, 2021)

Para tanto, serão necessários grandes e imediatos esforços governamentais para cortar drasticamente as emissões de gases do efeito estufa. Este cenário torna-se ainda mais complexo e preocupante em espaços urbanizados. As cidades, ao redor do mundo passaram por acelerados processos de urbanização, em razão de fatores diversos como pressões demográficas e econômicas e, segundo a (UN/DESA, 2018), devem continuar crescendo com o aumento da proporção da população urbana de 55% atuais para cerca de 68% no ano de 2050.

Esse cenário tem implicações diretas sobre a intensificação das mudanças climáticas em escala global, onde os espaços urbanos têm efeitos ainda mais amplificados. As cidades são tidas como protagonistas em termos de causa e efeito sobre os impactos das mudanças climáticas (Camaren et al., 2012; Rosenzweig et al., 2015).

Sendo assim, não só os espaços urbanos promovem condições consideradas originárias no desenvolvimento de consequências negativas sobre as mudanças climáticas, como o alto consumo de energia, que caracteriza cerca de 75% do fornecimento global de energia primária, como também são considerados espaços de maior vulnerabilidade frente aos efeitos das mudanças climáticas. Os espaços urbanos também são responsáveis por cerca de 60% das emissões globais de gases do efeito estufa, podendo chegar a 80%, se considerado o consumo indireto feito pelos habitantes de áreas urbanas (Tsay & Herrman, 2013).

De modo que, a conjuntura atual das mudanças climáticas em face às dinâmicas dos espaços urbanos estão pontualmente associadas. Os processos de urbanização amplificam os efeitos das mudanças climáticas, com a perda e degradação de áreas naturais e a impermeabilização dos solos, que por sua vez promovem a perda da biodiversidade e a alternam a morfologia do espaço produzindo um mau funcionamento do ecossistema local e desbalanceado os serviços ecossistêmicos (Revi et al., 2014; UNEP, 2016).

2. Ecossistemas

Um ecossistema é uma área geográfica ou unidade ecológica onde acontecem interações entre os componentes bióticos - animais, plantas, fungos, bactérias e vírus - e os componentes abióticos, ou seja, suas características geográficas, como clima, a geologia, a pedologia, e a geomorfologia. Na definição da (MEA, 2005):

“Ecossistema é um complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais, microorganismos, e seu respectivo meio, que interagem como uma unidade funcional”. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005, p.5).

Um ecossistema constitui-se, portanto, de componentes físicos, químicos e biológicos, que interagem de maneira cíclica fazendo constantes trocas de energia e materiais. São considerados sistemas abertos, pois como entrada recebem, fixam e utilizam a energia de uma fonte externa - o sol, e como saída a dissipam como calor no espaço. Podendo ter dimensões variadas, toda superfície da terra é considerada um arranjo de ecossistemas que estão ligados entre si, como também conectados a um bioma maior. Biomas, por sua vez, são porções de terra, água ou atmosfera, como, por exemplo,

florestas, lagoas ou recifes, organizados a partir dos tipos de plantas e animais que possuem, produzindo, desta forma, ecossistemas específicos (Odum, 1969; MEA, 2005).

2.1. Serviços Ecossistêmicos

O reconhecimento das dinâmicas ecossistêmicas e seus benefícios diretos e indiretos é relativamente um senso comum, contudo a formulação do conceito de serviços ecossistêmicos foi crucial para a organização e a ampliação do debate ambiental em termos científicos, políticos e práticos.

Segundo Ferraz et al. (2019), a concepção do termo “serviços” surge quando Westman, (1977) sugere que os benefícios providos dos ecossistemas fossem considerados como valores, ou seja, “serviços da natureza”, para que, desta forma, pudessem ser considerados como meios de suporte à decisão naquilo que diz respeito ao gerenciamento dos recursos naturais. Neste trabalho, recorreremos às definições de Serviços Ecossistêmicos de Daily (1997) que descreve como "serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra" (Daily, 1997, p.3).

Já o termo serviços ecossistêmicos surgiu, como aponta Ferraz et al. (2019), em parte pelo objetivo de encorajar o interesse público e privado para as questões ambientais, principalmente no que tange a conservação da biodiversidade. O termo começa a ser cada vez mais recorrente em trabalhos, como Ehrlich & Mooney (1983) e De Groot (1987), onde os autores abordam os possíveis reflexos negativos da perda da biodiversidade nas funções ecossistêmicas, ou agora, serviços ecossistêmicos e como essas dinâmicas acabam por afetar as formas de vida e o bem-estar humano. Por exemplo, o suprimento de água de bacias hidrográficas normalmente dispostas próximas aos limites das cidades em contraposição com a conservação de áreas úmidas e sua biodiversidade, como os rios, que viabilizam reservatórios naturalmente, capazes de armazenar e fornecer água.

De maneira que, a concepção de ecossistemas passa a ser cada vez mais difundida enquanto sistemas estreitamente ligados às formas de organização da vida, principalmente na década de 1990, no contexto da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Mais tarde, em 2005, o ciclo de conferências da

Avaliação Ecosistêmica do Milênio, (*MEA - Millennium Ecosystem Assessment, 2005*) promoveu outro expressivo debate em torno dos serviços ecossistêmicos.

O MEA reuniu cerca de dois mil autores e revisores de 95 países os quais exploram diferentes tópicos com o comum intuito de avaliar como as perturbações ecossistêmicas poderiam afetar o bem-estar humano e produzir bases científicas para o suporte de ações para a conservação, melhoramento e uso sustentável dos ecossistemas. Foi também durante o MEA que se convencionou classificar os serviços ecossistêmicos, de modo a simplificar o entendimento e amplificar o debate, em quatro tipos: *Provisioning, Regulating, Cultural e Supporting*, traduzidos por Provisão, Regulação, Cultural e Suporte.

Essa categorização, expressa no quadro abaixo, foi crucial para que a concepção de Serviços Ecossistêmicos fosse promovida e desenvolvida enquanto pesquisa, integrando também as agendas políticas em um nível global (Gómez-Baggethun et al., 2010; De Groot et al., 2017).

Quadro 1 - Tipos dos Serviços Ecosistêmicos

Tipos de Serviços Ecosistêmicos	Exemplos
Regulação	Sequestro de carbono; Decomposição de resíduos; Purificação de água/ar; Polinização de culturas; Controle de pragas e doenças; Controle de inundação; Controle de erosão.
Provisão	Aprovisionamento de Alimentos; Madeira; Água; Energia (ex: energia hidrelétrica).
Suporte	Ciclagem de Nutrientes; Dispersão de Sementes; Formação do Solo.
Cultural	Serviços Recreativos; Prazer Espiritual e Estético.

Fonte: MEA, 2005.

Na segunda metade da década de 2000 os problemas de ordem ambiental começam cada vez mais serem abordados em uma perspectiva econômica, como, por exemplo análises de custo-benefícios, onde os serviços dos ecossistemas passam a ser entendidos como uma forma de capital, destaca Gómez (2010). Uma aproximação que tem sido debatida pela União Europeia (2021), que reconhece o papel dos serviços ecossistêmicos nos processos econômicos, que deve ser pensado para além do campo acadêmico, como pontualmente nas práticas políticas.

Em março de 2007, por exemplo, ministros do meio ambiente membros do G8+5, em conjunto com a UNEP definem a criação de uma iniciativa conhecida como TEEB: *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*, publicada em Londres 2010 (Kumar, 2011). A criação do TEEB reflete o crescente interesse por parte dos setores público e privado acerca dos valores monetários dos

serviços ecossistêmicos, instigando a busca por soluções ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis, por meio do desenvolvimento de métodos e ferramentas para a conversão dos bens e SE em valores monetários (Comissão Europeia, 2008).

Ambas MEA e TEEB constituem, segundo Potschin (2011), modelos de abordagens aos serviços ecossistêmicos que acabam por nortear os estudos sobre o tema. Além disso, compartilham a característica de reconhecer o domínio natural separado do domínio socioeconômico, que entende os serviços ecossistêmicos como um fluxo ligado inicialmente ao domínio natural e que caminha no sentido social na medida em que reconhece o bem-estar humano.

2.2. Serviços Ecossistêmicos no contexto urbano

Os espaços urbanos, as cidades, são formas de organização que dependem dos ecossistemas nos quais estão inseridos para contemplar serviços nas áreas econômica, social e ambiental. Nesse contexto, os serviços ecossistêmicos podem, potencialmente, agir como regulador climático, suprir demandas energéticas e agrícolas, proteger contra riscos, erosões de solo como também influenciar em atividades recreativas e culturais.

A capacidade dos serviços ecossistêmicos em criar circunstâncias nas quais prevalece o bem-estar dos habitantes urbanos passa a ser uma ideia cada vez mais recorrente entre autores que discutem as mudanças climáticas e as entidades responsáveis pelas tomadas de decisão, uma vez que a forma de vida urbana é cada vez mais expressiva. Segundo as projeções atuais, conforme as previsões da *UN World Urbanization Prospects* (UN/DESA, 2018), até 2050 a população global deverá aumentar para cerca de 9,8 bilhões de habitantes, e estima-se que cerca de 6,7 bilhões de pessoas estarão vivendo em espaços urbanos. As tendências apontam que esse crescimento ocorra com maior intensidade em atuais cidades pequenas e médias.

A crescente urbanização do espaço desencadeia uma série de disrupturas ecossistêmicas, pois favorecem dinâmicas que desfragmentam, isolam e degradam o ambiente, como, por exemplo a impermeabilização de solos, a alteração dos sistemas hidrológicos através de drenagens, ou mesmo a disseminação de espécies exóticas invasoras, que, conseqüentemente, promovem uma homogeneização e simplificação da morfologia local e a perda da biodiversidade, a alteração do fluxo de energia, criando

áreas de *habitat* perturbados, que, em última instância impactam a capacidade de entrega de serviços ecossistêmicos (Alberti et al. 2003; Alberti et al. 2005; Pickett et al. 2003, Goddard et al. 2010).

Em 2012, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), publicou um levantamento na qual apontam as tendências dos processos de urbanização e sintetizam as suas principais implicações diante da diversidade biológica: o aumento da área e população urbana, o uso de recursos naturais, a expansão urbana em áreas de baixa capacidade econômica e humana, a expansão urbana em áreas próximas à rica biodiversidade, chamadas de *hotspots*, com destaque para as regiões costeiras como o Cabo da África do Sul, a Mata Atlântica no Brasil e por fim aumento das taxas de urbanização em cidades de pouca capacidade de governabilidade e práticas políticas.

A urbanização, nestes parâmetros, provoca inevitavelmente impactos socioambientais, produzindo mudanças na paisagem que alteram a composição da diversidade biológica e conseqüentemente a pressão em relação aos serviços ecossistêmicos. Este cenário é recorrente, apontam UN-Habitat (2011) e World Bank (2010), os centros urbanos apresentam uma infraestrutura ineficaz frente à agenda climática, refletida na falta de serviços públicos e de implementação de planejamento urbano sustentável.

Compreender este contexto nos permite, portanto, refletir a crescente demanda urbana considerando os recursos naturais, de maneira que sejam articulados estrategicamente e de forma sustentável, levando em conta os riscos climáticos, a vulnerabilidade, a resiliência urbana e os processos participatórios.

2.3. Mitigação e Adaptação

Ao buscar por soluções aos desafios das Mudanças Climáticas e refletir sobre formas sustentáveis de desenvolvimento econômico e territorial levando em consideração o papel da natureza em contribuir com estes objetivos, surgem dois conceitos chave: Mitigação e Adaptação. O primeiro é relativo à prevenção de danos indiretos, como exemplo reduzir as emissões de carbono evitando o aceleração do aquecimento global; o segundo diz respeito ao que seria a prevenção de danos diretos, como construir infraestruturas para impedir o galgamento costeiro (Verheyen, 2005).

As ações de Mitigação devem ocorrer ao nível global, exercendo a função de atuar contra as causas das mudanças climáticas minimizando seus possíveis impactos através das premissas de acordos e tratados multilaterais internacionais, como o Protocolo de Quioto (UNFCCC, 1997), por exemplo, onde foram estabelecidos compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que produzem o efeito estufa. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, conhecida como Acordo de Paris, da UNFCCC (2015), é outro exemplo onde foi estabelecido que os países signatários devem reduzir as emissões de CO₂ limitando o aquecimento global abaixo de 2 °C, de preferência 1,5 °C. Mais um exemplo é a Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD), conhecida com ECO-92, que se refere direta ou indiretamente a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável da biodiversidade e a repartição justa e equitativa dos benefícios provenientes da utilização dos recursos genéticos (UNFCCC, 1997; UNFCCC, 2015; CBD, 1992).

O IPCC aponta que todos os caminhos da mitigação passam necessariamente pela limitação do aumento das temperaturas globais, que como mencionado anteriormente, a qual a meta de 1,5 °C não é mais factível de ser alcançada. Desta forma, passa a ser considerado o limite de 2 °C, tornando imprescindível a reestruturação do espaço geográfico por formas mais sustentável de uso e ocupação.

Já ao que corresponde Adaptação, suas ações são sobretudo relativas ao nível local, seus impactos se manifestam com relativa rapidez, são ações traduzidas em intervenções espaciais e comportamentais, como, por exemplo, o plantio de árvores para reduzir a ocorrência de ilhas de calor, ou seja, medidas mais eficazes e pontuais do ponto de vista energético e dos riscos associados às mudanças climáticas. As ações de adaptação estão, portanto, mais próximas do cotidiano das pessoas, sendo possível, através delas, difundir a conscientização e reflexão sobre as mudanças climáticas, tanto no nível local quanto mundial.

Apesar de serem cruciais, as medidas de adaptação sozinhas não são suficientes. A adaptação sem ações efetivas de mitigação diante das causas das mudanças climáticas têm limitações, segundo IPCC (2001) somente ações de adaptação não são sustentáveis a longo prazo, uma vez que resolvem questões muito pontuais, num determinado

contexto e tempo, as quais, sem medidas de mitigação em paralelo, inevitavelmente ressurgem, sendo assim, impraticáveis.

Desta forma, é preciso explorar a relação entre a Mitigação e a Adaptação, os chamados *Trade-offs* e sinergias. Pensar em que medida uma medida se sobrepõe a outra e quais critérios devem ser adotados quando planejando uma intervenção espacial, buscando responder como estas ações influenciam e são influenciadas no desenvolvimento local, qual sua eficácia e custo benéficos ao longo do tempo (GAIM Task Force, 2002; Clark et al., 2004).

Mitigação e Adaptação são, desta forma, indissociáveis do debate em torno das mudanças climáticas. Nesse sentido, trazemos essa reflexão para o reconhecimento das Soluções Baseadas na Natureza enquanto um caminho possível, tanto do ponto de vista econômico, tecnológico e do acesso à informação.

3. Soluções Baseadas na Natureza

Considerando o debate em torno de Mitigação e Adaptação, o termo Sustentabilidade passa a ganhar cada vez mais visibilidade enquanto estratégia de resposta às mudanças climáticas. Movimentos, protocolos e projetos como *New Urban Agenda (2017)* e *Sustainable Development Goal (2016)* dão cada vez maior visibilidade para pesquisas que pensam soluções de organização do meio urbano, de modo a promover cidades cada vez mais resilientes. Isso é, cidades sustentáveis que agem de encontro com a neutralização dos impactos da urbanização e, no que lhe concerne, a mitigação dos efeitos climáticos, onde as soluções baseadas na natureza assumem um papel protagonista.

A designação Soluções baseadas na Natureza (SBN), termo originário do inglês, *Nature-Based Solutions*, foi articulada pelo Banco Mundial (2008) como resultado de um portfólio de iniciativas em busca por soluções inovadoras que privilegiasse o gerenciamento dos sistemas naturais promovendo o equilíbrio das relações entre sociedade e natureza. O projeto, financiado pelo banco no período de 1998 e 2008, investiu cerca de 6 bilhões de dólares mundo afora em iniciativas baseadas em capital natural que se mostraram eficientes para o alcance dos objetivos (*World Bank, 2008*).

Em outras palavras, as SBN surgiram como uma das possíveis abordagens de desenvolvimento sustentável, ao reproduzir princípios que poderiam se traduzir em uma economia mais resiliente e eficiente através da valorização do capital natural, em resposta a um contexto crítico em que as perturbações antropogênicas nos sistemas naturais ultrapassam a capacidade de planetária (Rockstrom, 2009; Nascimento, 2012; Sowińska-Świerkosz & García, 2022).

Desde então muitos esforços foram realizadas para definir o tema, e entre estes, destaca-se a definição da Comissão Europeia, a primeira feita por um órgão oficial:

“They are actions which are inspired by, supported by or copied from nature. Some involve using and enhancing existing natural solutions to challenges, while others are exploring more novel solutions, for example mimicking how non-human organisms and communities cope with environmental extremes. Nature-based solutions use the features and complex system processes of nature, such as its ability to store carbon and regulate water flow, in order to achieve desired outcomes, such as reduced disaster risk, improved human well-being and socially inclusive green growth.” (European Commission, 2015, p.5).

Os desafios do contexto urbano apresentam um cenário na qual as soluções com base nos serviços ecossistêmicos são, por definição da União Internacional para a Conservação da Natureza “ações para proteger, gerir e restaurar de forma sustentável os ecossistemas naturais” (UCNI, 2016, p. 12). Para tanto, a UCNI reúne sete princípios norteadores do conceito:

1. As intervenções devem oferecer uma solução eficaz frente aos desafios globais, utilizando a natureza,
2. Beneficia a biodiversidade,
3. É mais econômica em relação a outras soluções,
4. Trata-se de um conceito facilmente e convincentemente comunicado,

5. É passível de ser medido, verificado e replicado,
6. Respeita e reforça os direitos das comunidades sobre os recursos naturais,
7. Aproveita fontes de financiamento públicas e privadas (Cohen-Shacham, 2016).

Além das definições conceituais dadas pela Comissão Europeia em 2015 e os princípios elencados pela UCNI em 2016, as duas fontes também esboçam uma orientação para a definição de áreas estratégicas para intervenções com Soluções Baseadas na Natureza como: urbanização sustentável, recuperação de ecossistemas degradados, adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas, gerenciamento de riscos e resiliência, segurança hídrica, segurança alimentar, saúde pública, redução de riscos de desastres e mudanças climáticas.

De maneira que as Soluções baseadas na Natureza representam um caminho possível. Entretanto, é necessário apontar que suas definições são amplas em definição e escopo, e por vezes bastante genéricas e se confundem com outros conceitos com abordagens parecidas. Segundo Pauleit et. al. (2017), as SBN são conceitualmente muito abrangente, articulando em si as soluções que, de alguma maneira, têm como base processos naturais, por exemplo, ainda que o conceito esteja relacionado com mitigação de mudanças climáticas, pode abordar simultaneamente diferentes objetivos políticos, desde o enfrentamento da pobreza à promoção de uma economia verde. A própria noção de natureza, intrínseca no termo, pode representar desde a proteção e expansão de áreas florestais, como a plantação de telhados verdes ou retenção de águas pluviais.

As Soluções Baseadas na Natureza também têm como característica uma abordagem integrativa, isto é, serem pensadas através de iniciativas participativas entre diversas partes interessadas, e, em última instância, o conceito das soluções baseadas na natureza deve ser orientado para a ação, com objetivo de promover, simultaneamente, o crescimento econômico e a sustentabilidade em detrimento de uma discussão conceitual (Maes & Jacobs, 2015; European Commission, 2015).

De caráter estratégico, as SBN reduzem as entradas de energias não renováveis, onde a natureza deixa de ser uma fonte de recursos e passa a ser integrada de maneira a promover a manutenção, melhoria e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas.

O que abrange melhorias no conforto térmico, por exemplo, ou a viabilização de espaços adequados para diferentes espécies habitarem (Maes e Jacobs, 2015)

No contexto da União Europeia, o foco na gestão das implementações de Soluções Baseadas na Natureza tem caráter bastante utilitarista, a qual considera a natureza como um capital natural, disponível para a sustentação da vida humana, e não como um capital insubstituível, aponta Nesshover et al. (2017).

Cohen & Shacham (2016) destacam três tipos de soluções baseadas na natureza:

1. Soluções que envolvem fazer melhor uso de recursos naturais existentes,
2. Soluções baseadas no desenvolvimento de protocolos para a gestão sustentável de ecossistemas, e,
3. Soluções que envolvem a criação de novos ecossistemas.

Independente de sua tipologia, as evidências em torno da efetividade da implementação de Soluções Baseadas na Natureza estão intrinsecamente ligadas com a melhoria na saúde e no bem-estar dos indivíduos (Barton and Grant, 2006), o desenvolvimento da economia verde e dos serviços ecossistêmicos. Kabisch et al. (2015) enfatiza também a neutralização das pressões e a conservação da biodiversidade com o aumento de habitats para diferentes espécies, ou mesmo a restauração ativa de rios, lagos e matas. As SBN estão também interligadas com benefícios relacionados à justiça social entre moradores de cidades críticas (Elmqvist et al., 2015).

Em suma, seus benefícios compreendem diferentes áreas de atuação: econômicas, sociais e ambientais, sua implementação, portanto deve refletir esforços institucionais, promovendo a colaboração entre diferentes setores e partes interessadas. Ham & Klimmek (2017) e Nunes et al. (2021) destacam que, ações no campo social, em contraste com o econômico, podem gerar um aumento no compromisso por parte do governo, uma vez que as soluções baseadas na natureza privilegiam abordagens participativas, que defendem interesses locais. Isto é, ainda que soluções, a priori, ambientais, as implementações das soluções baseadas na natureza acabam por

responder aos desafios sociais. Além disso, compreende-se que as soluções baseadas na natureza tem capacidade regenerativa (Scopelliti et al, 2015).

Sendo assim, a proposta das SBN se traduz em uma abordagem sistêmica que envolve, ao mesmo tempo, desafios sociais, ambientais e econômicos. A construção do conceito tem forte base na literatura sobre serviços ecossistêmicos (Faivre et al., 2017), diferenciando-se, entretanto, das iniciativas de valoração dos serviços ecossistêmicos, ao orientar-se para uma visão de longo prazo, essencialmente fundamentada em processos de inovação tecnológica, social e de mecanismos de gestão.

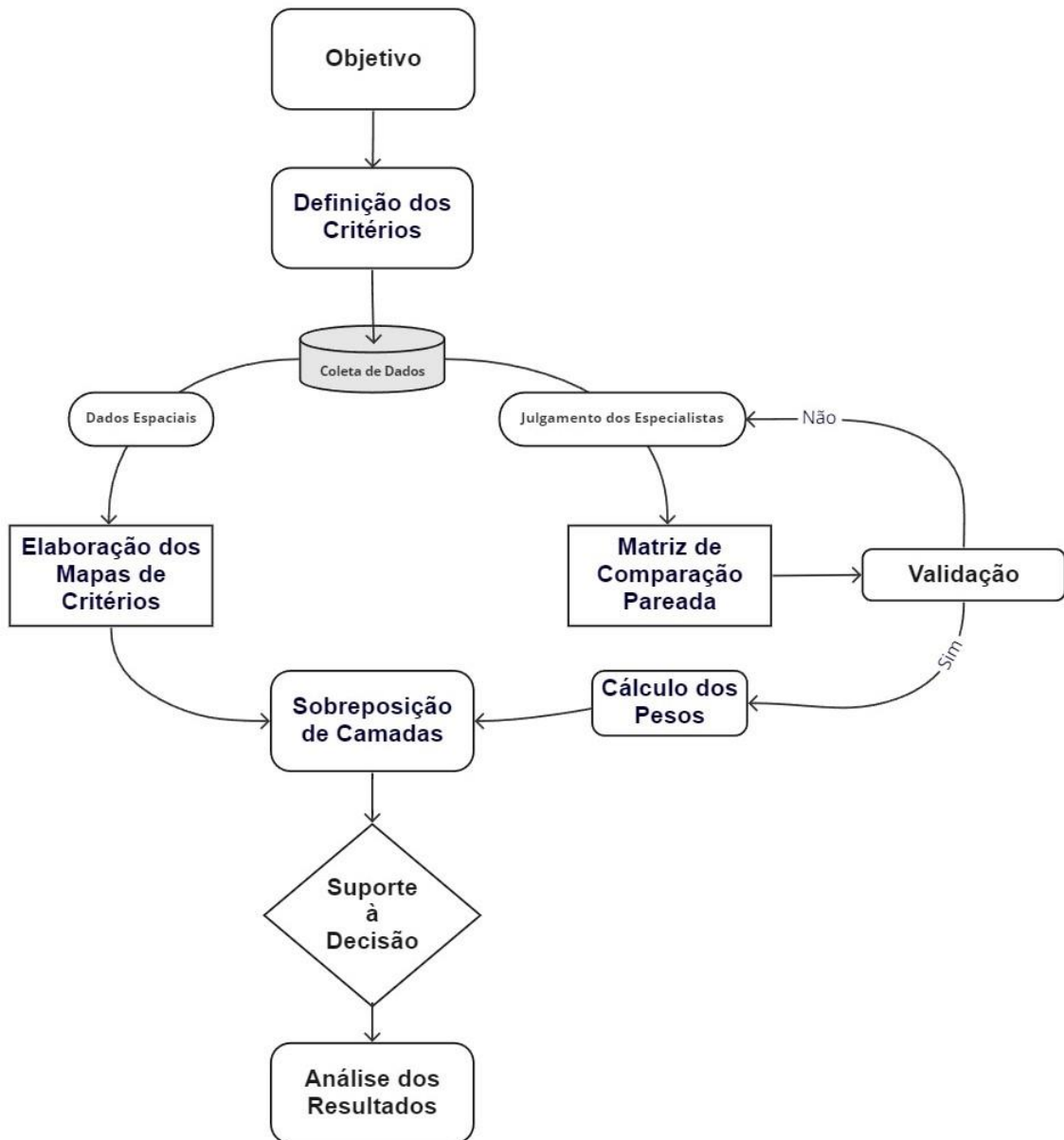
4. Enquadramento Metodológico

Partimos do objetivo de compreender onde estão as áreas prioritárias para implementação de Soluções Baseadas na Natureza através da seleção e padronização de critérios.

Esse capítulo descreve as escolhas metodológicas, enquadramento e as ferramentas que auxiliam no desenvolvimento desse objetivo. Começamos a partir do enquadramento da Análise de Decisão Espacial Multicritério, que, em linhas gerais, consiste em decompor critérios, aplicar o método de análise hierárquica de processos seguida da análise de comparação pareada.

Os critérios estão articulados a partir de duas categorias: Ambiental e Social, na qual os Ambientais estão representados por índices de Serviços Ecossistêmicos e os Sociais correspondem a um índice de Privação Social. Em seguida a coleta de opinião de especialistas, referente ao peso relativo dos critérios, e então a elaboração da matriz de comparação pareada, assim como o cálculo do autovetor, a validação dos pesos através do cálculo da razão de consistência e por fim a sobreposição dos mapas em ambiente SIG. Etapas expressas no esquema metodológico a seguir:

Figura 1 - Esquema metodológico



Luiz Silva, 2022.

4.1. Ferramentas

A primeira escolha metodológica corresponde ao acesso a software livres (*Open Source*), os quais são fornecidos gratuitamente e possuem licença de código aberto, permitindo, dessa forma, o acesso ao código-fonte do *software*. Sua disponibilidade representa um grande trunfo para organizações, governos e indivíduos que podem personalizar um aplicativo específico ou usar uma tecnologia de código aberto como base para desenvolver e construir outra aplicação.

A transparência e a acessibilidade trazidas pelos *software* livres têm potencial para promover a interação entre as partes interessadas (*stakeholders*), seja na própria criação do software como na discussão dos resultados e aprimoramento de sistema, além de estarem acompanhados de fóruns de discussão que servem como fonte de informação e divulgação do conhecimento prático e teórico. De forma que os softwares livres favorecem o desenvolvimento de processos participativos ao passo que democratizam o acesso à informação e ao conhecimento.

No campo do ordenamento do território e planejamento urbano existem disponíveis diversos software livres. Estes podem ser utilizados como ferramentas de suporte de decisão, ao possibilitar simulações e análises, como, por exemplo, “What-if”, termo que refere a cenários futuros e hipotéticos, onde especulações a partir de dados reais possam ser feitas. Possibilidade que representam um avanço, contraposto aos software fechados, que acabam sendo caros e muitas vezes inacessíveis, ainda mais diante das limitações já enfrentadas entre pesquisadores diante da escassez de recursos e financiamentos externos (Quan et al., 2013).

Portanto, as ferramentas *open source* de suporte à decisão podem assumir caráter fundamental no processo de planejamento urbano, priorizando os processos participativos e a transparência do acesso às informações pelas populações, e, desta forma, ampliando o acesso a informações em diferentes contextos e o conhecimento de recursos geoespaciais, promovendo o processo do ordenamento do território mais eficaz, tanto do ponto de vista estratégico como do ponto de vista social (Maarseveen et al. 2019).

Desta forma a opção por software livres neste trabalho é uma premissa que, não só busca por enfatizar o uso de ferramentas livres e, por tanto, mais democráticas, como também permite que os resultados sejam passíveis de validação, pois, assim como toda informação e conhecimento coletado, os resultados gerados estarão disponíveis para a reprodução em outros contextos, priorizando, portanto, não só aspecto de aplicabilidade dos métodos, mas sobretudo sua acessibilidade.

4.1.1. InVEST

Para a quantificação e mapeamento dos serviços ecossistêmicos foi utilizado o *software* livre e gratuito InVEST, sigla em inglês para *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* na versão 3.9.2, desenvolvido pelo *Natural Capital Project da Stanford University*.

Tratando-se de uma ferramenta de avaliação dos benefícios e malefícios dos serviços ecossistêmicos de forma acessível, o InVEST exige uma relativa baixa quantidade de dados de entrada e foca em ações, inclusive oferecendo referências de bancos de dados globais livre em seu [manual](#) (Sharp et al., 2016). Oferece uma *interface* clara e objetiva, facilitando sua utilização, por exemplo, por tomadores de decisão não especialistas, reforçando desta forma a integração dos serviços ecossistêmicos aos processos de tomada de decisão no âmbito da gestão ambiental e do planejamento urbano estratégico (Dennedy-Frank et al., 2016; Sharp et al., 2016).

O InVEST consiste em um conjunto de modelos espacialmente explícitos, ou seja, requer mapas como entrada, assim como a maior parte de seus resultados são apresentados no mesmo formato. Estes resultados são expressos em termos biofísicos, por exemplo: índice de mitigação de calor, de abundância de polinizadores, de retenção de escoamento superficial. Opcionalmente ainda pode gerar resultados em termos econômicos, como, por exemplo, danos potenciais à infraestrutura construída em unidades monetárias pela área de estudo, valor de economia de energia (kWh ou em moeda). Além disso, existe a possibilidade da elaboração de cenários hipotéticos que permite a avaliação prévia dos efeitos das intervenções espaciais sobre a dinâmica dos Serviços Ecossistêmicos, proporcionando a identificação de áreas onde o investimento em capital natural tenha melhor desempenho. Destaca-se ainda que os modelos possuem resolução espacial flexível, abrangendo, desta forma, análises em escala global, regional ou local (Dennedy-Frank et al., 2016; Sharp et al., 2016).

Diversos trabalhos em diferentes escalas têm utilizado os modelos InVEST para a caracterização e avaliação dos Serviços Ecossistêmicos ao nível do ordenamento do território e do planejamento estratégico. Verhagen et al. (2016) usaram o InVEST com o

objetivo de avaliar e quantificar os efeitos da configuração da paisagem na capacidade de resposta dos SE na Escócia.

Já Wei et al. (2021) utilizaram a ferramenta para avaliar os impactos do clima e das mudanças no uso do solo sobre o rendimento hídrico nas regiões a Montante da bacia do rio Shule no platô tibetano. Nelson et al. (2009) utilizaram em três cenários com diferentes configurações de uso do solo, cenários de planejamento, cenários de desenvolvimento e cenário de conservação, demonstrando como as alterações no uso do solo afetam os serviços ecossistêmicos de ordem hidrológica, como a qualidade de água e mitigação de enchentes, o estoque e o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade, a conservação do solo, além de calcular o valor de mercado de commodities.

4.1.2. Sistema de Informação Geográfica

Apesar da maior parte dos resultados obtidos dos modelos InVEST serem mapas, o *software* não proporciona nenhuma ferramenta para a visualização e edição cartográfica final. Desta forma, este trabalho encontrou nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) uma alternativa para as edições, ainda sob a premissa de utilizar somente *software* livre e gratuitos, através do *Quantum Geography Information* (QGIS) versão 3.12.1, uma aplicação SIG profissional altamente reconhecida tanto no campo acadêmico e no setor privado.

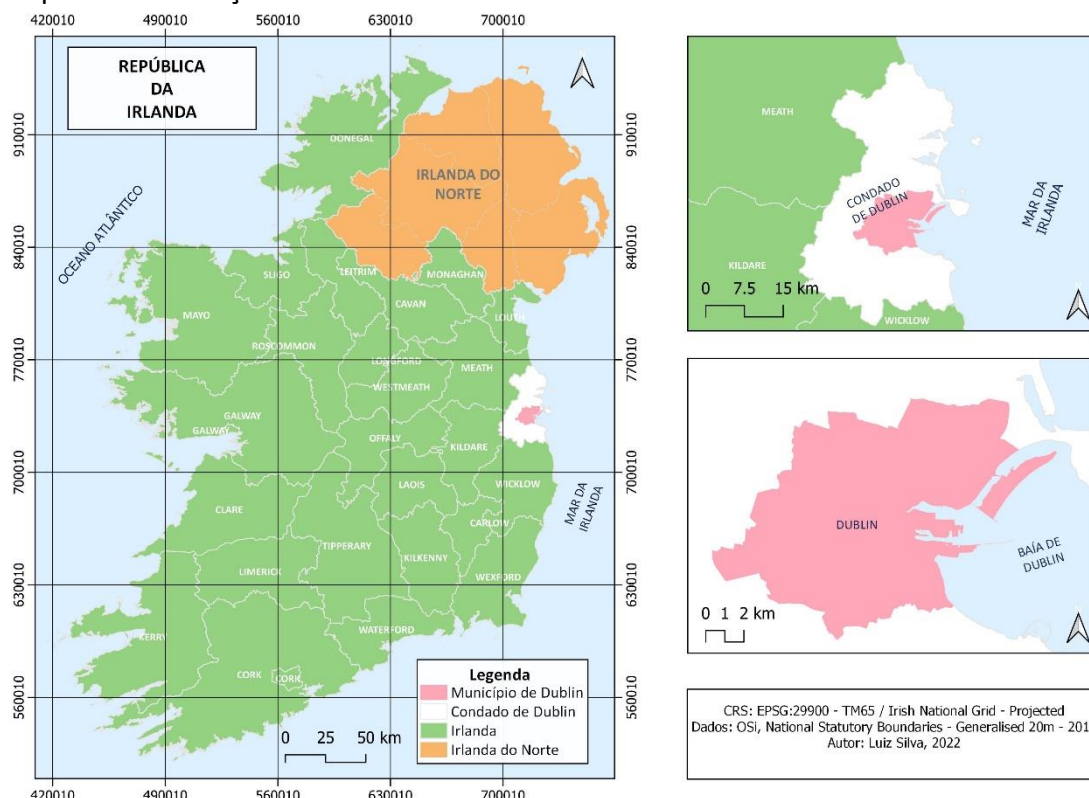
A ferramenta é licenciada sob a GNU *General Public License*, um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), e, no enquadramento deste trabalho, foi utilizada para a normalização dos dados, construção dos layouts finais e para a aplicação dos Processos Analíticos Hierárquicos.

4.2. Estudo de Caso

Dublin foi escolhida enquanto a área de estudo deste trabalho porque seu desenvolvimento aconteceu simultaneamente ao período de mobilidade Erasmus+ em parceria com o Laboratório de Dinâmicas Espaciais (*Spatial Dynamics Lab.*) na University College Dublin. Desta forma, o recorte viabilizou a troca de ideias e experiência com os colegas pesquisadores, facilitado pela localidade, assim como oportunizou-se da acessibilidade aos dados relevantes para o desenvolvimento da investigação.

Dublin ou *Áth Cliath* (em irlandês) é a capital da República da Irlanda, Mapa 1, e está situada na província de Leinster e no condado de Dublin. Com uma população estimada em 606.110 habitantes em uma área de 117,8 km², é o maior centro urbano irlandês.

Mapa 1 – Localização do Estudo de Caso



É um território quase totalmente urbanizado, com a presença de grandes áreas verdes como o parque público Phoenix e a Reserva *Natural Bull Island*. Em termos de relevo a paisagem do município de Dublin é predominantemente composta por uma planície com elevação variando entre 0 a 200 m acima do nível do mar. Os rios Liffey e Tolka são marcos na paisagem urbana dividindo a parte sul e norte da cidade. Dublin é uma cidade litorânea, encontrada na costa leste do país e banhada pelo Mar da Irlanda. A costa é geralmente baixa e é caracterizada por feições de deposição como praias e espetos (*sandspit*), e de embasamento geológico composto por calcário carbonífero inferior (Walsh et al., 2002; Parkes et al. 2014).

Em termos climáticos, Dublin apresenta clima do tipo Cfb de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, ou seja, um clima oceânico, caracterizado por apresentar verões

amenos e invernos frios, mas não congelantes, com uma faixa de temperatura anual relativamente estreita e poucos extremos de temperatura (De Carli et al., 2017).

O município encontra-se localizado dentro do bioma de Floresta Decídua Temperada. Entretanto, segundo Cross (2012), não só Dublin, mas o país em si, enfrenta a redução de sua cobertura florestal para cerca de 1% já no início do século XX, restando apenas pequenos bolsões de floresta que refletem as características da cobertura nativa da região.

4.3. Análise Hierárquica de Processos

O método AHP é baseado em três etapas básicas: a estrutura do modelo, onde o problema definido é decomposto e estruturado em níveis hierárquicos, permitindo a sua simplificação e facilitando a compreensão por partes; a comparação pareada, onde ocorre o julgamento comparativo dos critérios e/ou alternativas; e a síntese das prioridades (Costa, 2002; Görener, 2012).

Portanto, definido o objetivo - quais seriam as áreas prioritárias para a implantação das Soluções Baseadas na Natureza? – seguiu-se a decomposição da questão em critérios, sendo que neste caso, optou-se por utilizar como critérios a demanda por Serviços Ecosistêmicos e a Demanda por Serviços Sociais, dando origem aos critérios Ambientais/Biofísicos, representados pelos Serviços Ecosistêmicos: Arrefecimento Urbano, Mitigação de Risco de Inundação, Polinização, Estoque e Sequestro de Carbono, Provisão Alimentar e Qualidade da água; os critérios Sociais, caracterizados por um índice de Privação Social, o qual reúne 10 indicadores sociais.

4.4. Elaboração dos Mapas de Critérios

Foram elaborados sete mapas de critérios, sendo que seis estão inscritos na categoria ambiental, e um na categoria social. Sua elaboração compreende três abordagens metodológicas diferentes. Os mapas de Arrefecimento Urbano, Mitigação do Risco de Inundação e Polinização foram elaborados a partir do uso da Ferramenta InVEST; os mapas de Qualidade da Água, Estoque e Sequestro de Carbono e Provisão Alimentar foram elaborados a partir de dados obtidos da base de dados (NPWS, 2016); e o mapa de Privação Social foi elaborado a partir dos dados obtidos do projeto *The 2016 Pobal HP Deprivation Index, 2016*, (Haase & Pratschke, 2017).

Todas as camadas raster utilizadas para a elaboração dos mapas foram padronizadas em 10m de resolução, as escalas dos índices para valores de 0 à 1, e projetadas no sistema de coordenadas oficial da Irlanda o *Irish Transverse Mercator* (ITM).

4.4.1. Elaboração do Mapa de Arrefecimento Urbano

Este mapa foi elaborado através da utilização do software InVEST que requer os dados de entrada descritos no quadro a seguir. Uma vez fornecidos os dados de entrada, o modelo calcula o índice de capacidade de resfriamento (CC) para cada píxel com base no Albedo, Sombra e Evapotranspiração. Essa abordagem é baseada nos índices propostos por Zardo et al. (2017) e Kunapo et al. (2018).

Quadro 2 - Dados de Entrada (Urban Cooling Model)

TIPO	ENTRADA	FONTE
Camada Raster de Uso e Cobertura do Solo	ESA WorldCover - 10m – 2020	Zanaga, D. et al., 2021. ESA WorldCover 10 m 2020 v100.
Camada Raster de Evapotranspiração	MOD16A2 Version 6	MOD16A2 Version 6 Evapotranspiration/Latent Heat Flux product is an 8-day composite dataset produced at 500 meters (m) pixel resolution. For the date 28/07/2021 (summer).
Camada Vetorial da Área de Interesse	Limites municipais	OSi National Statutory Boundaries - Generalised 20m
Tabela biofísica	Valores de Sombreamento, Coeficiente de Cultura (Kc), Albedo e Áreas	Sombreamento - (Default Values) Kc - (Allen, Pereira, & Raes, 1998; J.E.Zawadzka & J.A.HarrisR.Corstanje,

	Verdes para cada classe de Uso e Ocupação do Solo.	2021; Ronchia et al., 2020). Albedo - Schaeffer et al., 2005; Wang et al., 2011. Green Area - (Verdadeiro ou Falso)
Temperatura Média do Ar	10 ° C	Alexander & Mills, 2014.
Magnitude do Efeito da Ilha de Calor Urbano	4° C	Alexander & Mills, 2014.
Temperatura do Ar – Distância Máxima de Mistura	550m	Schatz et al. 2014 e Lonsdorf et al. 2021.
Distância Máxima de Resfriamento das Áreas Verdes	450m	Default Value (Natural Capital Project)
Método de Cálculo da Capacidade de Resfriamento	Fatores Pesados	Default Value (Natural Capital Project)
Umidade Relativa Média (0-100%)	Dublin Airport 1981–2010 averages.	Met Ireland, 2022
Ajuste Manual do Índice de Capacidade de Arrefecimento	Sombra = 0.6 Albedo = 0.2 Evapotranspiração = 0.2	Default Value (Natural Capital Project).

A parametrização do modelo dá-se através das seguintes entradas: um mapa de Uso e Ocupação de Solo no formato raster e um de Evapotranspiração no mesmo formato que podem ser para uma data específica ou valores mensais, optou-se por utilizar uma média de 8 dias que representa o ápice do verão, aumentando as chances de obter um valor representativo de altas temperaturas.

Outra entrada corresponde a uma tabela biofísica - Tabela 1 - com indicação numérica de cada classe presente no mapa (LULC), e os respectivos valores de Sombra - que representam a proporção da copa das árvores (≥ 2 m de altura), o Albedo que é razão entre a quantidade de radiação que é difundida ou refletida por uma superfície, neste caso as classes da LULC, representados com um valor entre 0 e 1. A Evapotranspiração² é representada na tabela como Coeficiente de Cultura (Kc) que representa um valor associado a estimativas da evapotranspiração de referência³, e um valor binário 0 ou 1 representando se a classe LULC é considerada ou não uma área verde (Sharp, 2016).

Tabela 1 - Dados Biofísicos

Lucode	Shade	Kc	Albedo	Green_area
10	1	1	0.2	1
20	0.6	0.95	0.17	1
30	0	0.95	0.21	1
40	0	0.8	0.2	1
50	0	0.001	0.2	0
60	0	0.95	0.17	1
80	0	0.6525	0.8	0
90	0	0.8	0.14	1

Fonte: Koh et al. 2016; Ruas et al. 2021.

² Evapotranspiração: “é a perda combinada de água para a atmosfera, em forma de vapor, através dos processos de evaporação das superfícies e transpiração das plantas”, ou seja, evaporação + transpiração (Stone & Silveira, pg. 7, 1995).

³ Evapotranspiração de Referência (ET) é o processo evapotranspiratório em superfícies vegetadas, com boa provisão de água, em sua fase ativa de desenvolvimento. (Stone & Silveira, pg. 9, 1995)

Para o desenvolvimento do mapa é necessário fornecer: um valor de referência da temperatura do ar em uma área onde o efeito de ilha de calor urbana não é observado, geralmente um ponto na zona rural, um valor que expressa a magnitude do efeito de ilha de calor urbana, ou seja, a diferença entre a temperatura de referência “rural” e a temperatura máxima observada na cidade, um valor do raio (em metros) da distância em que as temperaturas médias do ar se misturam, e por fim a distância máxima em que as áreas verdes podem promover o resfriamento urbano. É preciso escolher o método de cálculo da capacidade de resfriamento, no qual foi utilizado o método da ponderação de Sombra, Albedo e Evapotranspiração, por último é necessário inserir a média da umidade relativa do ar.

4.4.2. Elaboração do Mapa de Mitigação do Risco de Inundação

O mapa de Índice de mitigação de Risco de Inundação foi também produzido a partir do InVEST, um modelo que estima a capacidade da infraestrutura natural em relação à redução do escoamento superficial, ou seja, a quantidade de escoamento retido por píxel em relação ao volume pluviométrico (Sharp, 2016).

Os dados de entrada são compostos por uma camada em formato *shapefile* da área de interesse (ex: Bacia Hidrográfica), o índice pluviométrico em mm, mapa de Uso e Ocupação do Solo do tipo raster, um mapa com os Grupos Hidrológicos dos Solos do tipo *raster*, onde os píxels podem ter valores 1, 2, 3 ou 4, correspondendo aos grupos A, B, C ou D, respectivamente, e, por fim, uma tabela biofísica, tabela 2, como valores de Número de Curva⁴ para cada tipo de solo presente na área em relação a sua respectiva classe de uso do solo e ocupação (cálculo no apêndice).

⁴ O método Número de Curva baseia-se no conceito de que a lâmina de escoamento superficial produzida em um dado evento ocorre em função da altura total da lâmina precipitada (volume) e das abstrações iniciais, representando as perdas que ocorrem do volume da lâmina de precipitação, principalmente, devido à infiltração, à retenção em depressões do terreno e à interceptação pela vegetação. (TYAGI et al., 2008).

Tabela 2 - Biofísica (*Curve Number*)

LULC	CN_A	CN_B	CN_C	CN_D
Tree Cover	36	60	73	79
Shrubland	63	77	85	88
Grassland	68	79	86	89
Cropland	74	83	88	90
Built-up	89	92	94	95
Bare/Sparse Veg	89	92	92	95
Water bodies	100	100	100	100
Herbal/ Wetland	98	98	98	98

Fonte: Huw Thom, 2018.

4.4.3. Elaboração do Mapa de Abundância de Polinizadores

O mapa de Abundância de Polinizadores utiliza o modelo Pollinator do *software* InVEST. O modelo estima locais de nidificação de insetos polinizadores, recursos florais e faixas de voo produzindo um índice de abundância de polinizadores (Sharp, 2016).

Para tanto, os dados de entrada requeridos pelo modelo incluem um valor para cada classe LULC, que corresponde a disponibilidade de nidificação e abundância floral para cada substrato, cavidade e solo, e estação, primavera e verão, expressos na tabela a seguir.

Tabela 3 - "Guild Table"

SPECIES	Nesting Suitability Cavity Index	Nesting Suitability Ground Index	Foraging Activity Spring Index	Foraging Activity Summer Index	Alpha	Relative Abundance
Andrena haemmorhoa	0	1	0.803	0.197	650	0.224
Bombus hortorum	1	1	0.198	0.802	1900	0.179
Bombus lucorum agg	0	1	0.431	0.569	1500	1
Bombus pascuorum	0.2	0.8	0.323	0.677	1000	0.669
Bombus pratorum	0.2	0.8	0.566	0.434	1100	0.205
Halictus rubicundus	0	1	0.323	0.677	155	0.362
Lasioglossum albipes	0	1	0.198	0.802	85	0.048
Lasioglossum calceatum	0	1	0.54	0.46	153	0.129
Lasioglossum fratellum	0	1	0.409	0.591	50	0.095
Episyrrhus balteatus	1	0	0.135	0.865	50	0.368
Eristalis tenax	0	1	0.407	0.593	155	0.178
Eupeodes corollae	1	0	0.198	0.802	155	0.088
Helophilus pendulus	0	1	0.467	0.533	155	0.658
Platycheirus albimanus	0.8	0.8	0.315	0.685	55	0.201
Syrphus ribesii	1	0	0.281	0.719	155	0.094

Fonte: Koh et al 2016; Ruas et al 2021.

Tabela 4 - Biofísica (Polinização)

Descript	Nesting Cavity Availability Index	Nesting Ground Availability Index	Floral Resources Spring Index	Floral Resources Summer Index
Tree Cover	0.61	0.52	0.66	0.42
Shrubland	0.48	0.63	0.75	0.59
Grassland	0.23	0.48	0.66	0.66
Cropland	0.07	0.26	0.26	0.34
Built-up	0.19	0.18	0.4	0.53
Bare/Sparse Veg	0.08	0.26	0.25	0.27
Water bodies	0	0.08	0.03	0.09
Herbal/ Wetland	0.13	0.48	0.53	0.66

Fonte: Koh et al 2016; Ruas et al 2021.

4.4.4. Elaboração dos mapas de Qualidade da água, Estoque sequestro de carbono e Provisão Alimentar

Os mapas de Qualidade da Água, Estoque Sequestro de Carbono e Provisão Alimentar foram elaborados a partir da coleta e adaptação de dados da organização *National Parks & Wildlife Service* (NPWS), a partir do projeto “Piloto Nacional de Mapeamento de Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos para um Conjunto de Serviços Priorizados” - *National Ecosystem and Ecosystem Service Mapping Pilot for a Suite of Prioritised Services* (Parker et al., 2016)

Estes mapas foram elaborados em escala nacional pelo NPWS utilizando diversos indicadores de Serviços Ecossistêmicos a partir da abordagem *SENCE - Spatial Evidence for Natural Capital Evaluation* - por meio da qual os indicadores espaciais são combinados e ponderados em relação a cada serviço ecossistêmico usando uma Base de regras científica. Os dados utilizados para a elaboração destes mapas correspondem aos da tabela a seguir:

Tabela 5 - Dados de Entrada

Qualidade da Água	Provisão Alimentar	Estoque Carbono (Solo)	Estoque Carbono (Vegetação)
1. Habitat Type (Habitat Asset Register)	1. Habitat Type	1. Soil type (Teagasc Soils), 2. Habitat asset register)	1. Habitat Type
2. NextMap 5m DTM	2. Teagasc Soil,	3. Landform (NextMap 5m DTM),	2. Soil (Teagasc Soil)
3. Teagasc Soil	3. Teagasc Subsoil,	4. Land management	3. Land management
4. Teagasc Subsoil	4. NextMap 5m DTM	(conservation designations)	(Conservation designations)
5. Groundwater Recharge	5. Conservation designations,		
6. Groundwater Aquifers			
7. Conservation Designations			

Fonte: National ecosystem and ecosystem service mapping pilot for a suite of prioritised services. Parker et al., 2016.

4.4.5. Elaboração do mapa da Privação Social

Por fim, o mapa de privação social se desenvolve a partir dos resultados obtidos por Haase & Pratschke (2016), no projeto “Índice de Derivação Pobal HP 2016”, o qual utiliza dados do Censo da População de 2016 para a construção de um índice de Privação Social baseado em três dimensões sociais: Perfil Demográfico, Classes Sociais e Situação do Mercado de Trabalho. Cada uma das dimensões é composta por uma série de indicadores que são classificados em termos de associação positiva ou negativa (vantagem/desvantagem).

O Perfil Demográfico é medido por:

- Variação percentual da população nos últimos cinco anos (associação positiva)
- Percentagem da população com idade inferior a 15 ou superior a 64 anos (associação negativa)
- Percentagem da população com apenas o ensino primário (associação negativa)
- Porcentagem da população com ensino de terceiro nível (associação positiva)
- Percentagem de agregados familiares com crianças com idade inferior a 15 anos e chefiadas por um único progenitor (associação positiva)
- Número médio de pessoas por quarto (associação positiva)

A Composição da Classe Social é definida por:

- Porcentagem da população com apenas o ensino primário (associação negativa)
- Porcentagem da população com ensino de terceiro nível (associação positiva)
- Porcentagem de domicílios chefiados por profissionais ou funcionários administrativos e técnicos, incluindo agricultores com 100 acres ou mais (associação positiva)
- Porcentagem de agregados familiares chefiados por trabalhadores manuais semiqualeificados ou não especializados, incluindo agricultores com menos de 30 acres (associação negativa)
- Número médio de pessoas por quarto (associação negativa)

A Situação do Mercado de Trabalho é definida por:

- Percentagem de agregados familiares com crianças com idade inferior a 15 anos e chefiadas por um único progenitor (associação negativa)
- Taxa de desemprego masculino (associação negativa)
- Taxa de desemprego feminino (associação negativa)

Cada dimensão é calculada e combinada para formar um valor “Índice Absoluto” e “Índice Relativo”. A partir dos resultados do índice de Privação Social, em formato (.csv) o mapa foi elaborado para a escala das zonas censitárias (*Small Areas*), inicialmente em formato vetorial, sendo posteriormente convertido ao formato raster, a partir da ferramenta QGIS.

4.5. Comparação Pareada

Definido os critérios e subcritérios, foi aplicado o método da Comparação Pareada, que consiste na comparação dos fatores da hierarquia em um determinado nível, realizada através do julgamento par a par (ex: fator A em relação ao fator B, fator A em relação ao fator C e assim sucessivamente até que todos os fatores tenham sido comparados). A comparação nestes termos avalia a importância relativa dos fatores, usando como guia a Escala Fundamental de Saaty (1980), detalhados na tabela que segue. Desta forma, os critérios são avaliados e hierarquizados com base na percepção do quão importante são em relação uns aos outros, visando a mitigação das mudanças climáticas (Görener, 2012; Marins et al., 2009; Sagir & Saaty, 2005).

Quadro 3 - Escala Fundamental de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro
5	Forte importância de um elemento sobre o outro	Um elemento é fortemente favorecido sobre o outro
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença
2,4,6,8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes	Usado como valores de consenso entre as opiniões

Fonte: Saaty 1980, adaptado de (Roche, 2004, p. 6).

4.5.1. Coleta do Julgamento de Especialistas

A coleta das ponderações para o método da Comparação Pareada foi efetuada entre especialistas da área de planejamento em dois momentos distintos, a primeira em um pequeno workshop e a segunda por meio da solicitação via internet. O workshop foi realizado via Zoom e as CP foram realizadas através de um formulário online (*Google Forms*). Já a coleta online, foi realizada entre especialistas por meio de um formulário online em inglês utilizando a plataforma *Business Performance Management Singapore*.

4.5.2. Matriz de Comparação Pareada

O valor médio de cada fator da CP é transferido e organizado em uma Matriz de Comparação Pareada que são matrizes quadradas recíprocas e positivas (Oliveira &

Belderrain 2008), onde os dados de entrada devem seguir as duas regras estabelecidas pelo método AHP de (Saaty, 1980).

Primeira regra: ($a = 1/a$), ou seja, o fator (a) em relação com o fator (b) (ex: Arrefecimento Urbano em relação a Mitigação do Risco de Inundação) recebe o valor de importância 7. Consequentemente, na comparação inversa, (b) em relação à (a), (Mitigação do risco de Inundação em relação Arrefecimento Urbano) entra-se na matriz com o valor inverso ($1/7$), ou seja 0.142.

Segunda regra: ($a=1$), onde todo fator comparado a ele mesmo deve receber o valor de 1. Desta forma, a matriz será quadrada pois faz a comparação de todos os fatores entre si e recíproca por atribuir o valor inverso a comparação inversa, conforme o exemplo abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde:}$$

$$a_{ij} > 0 \Rightarrow \textit{positiva}$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \Rightarrow \textit{recíproca}$$

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \Rightarrow \textit{consistência}$$

Fonte: Marins et al. (2009, p. 1780)

4.5.3. Cálculo do AutoVetor e Validação dos Resultados

A Matriz de Comparação Pareada permite o cálculo dos vetores de prioridades, que é o resultado da análise hierárquica de processos. Os vetores de prioridade são obtidos através do cálculo do autovetor direito proposto por (Saaty, 1980) que é associado ao cálculo do autovalor que permite a validação da equação, já que é esperado que o método da Comparação Pareada envolva alguma imprecisão lógica, uma vez que, na prática, o método ocorre na interação de dados quantitativos com as entradas qualitativas por meio das ponderações efetuadas pelos participantes. Faz-se necessário mitigar estas imprecisões, neste caso se optou por selecionar apenas especialistas em planejamento para CP. No entanto, mesmo assim algumas matrizes podem ser geradas com um grau de imprecisão mais alto do que o aceitável (Siddayao et al., 2014).

Desta forma, é necessário validar a consistência dos julgamentos da CP através do cálculo da Razão de Consistência (Oliveira & Belderrain, 2008). Isso garante que os valores da CP sejam validados como suficientemente consistentes pelo cálculo da razão de consistência (CR). Segundo Görener (2012), a qualidade do resultado do AHP depende muito desta consistência dos valores obtidos pela Comparação Pareada. Para tal, é preciso seguir o seguinte procedimento metodológico proposto por (Saaty, 1980):

- O primeiro passo é calcular o autovetor direito (W) que será o produto da soma dos valores de cada linha da matriz dividido pelo total desses valores.
- O segundo passo é calcular o produto vetorial ao multiplicar cada valor das linhas de critério (D) pelo autovetor correspondente (W).

$$D*W$$

- O terceiro passo é calcular o autovalor, ou Lambda (λ), que é obtido através da divisão do produto vetorial pelo autovetor.
- O quarto passo é calcular o maior autovalor também conhecido como Lambda máximo (max) sendo que apesar do nome “maior autovalor” o λ_{max} é na prática a média do autovetor. o resultado deste cálculo deve ser algum valor próximo do número de critérios. (Oliveira & Belderrain 2008; Meirelles et al., 2018).
- O quinto passo consiste em calcular o Índice de Consistência (IC) usando a seguinte equação (Görener, 2012; Oliveira & Belderrain 2008):

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Onde o IC é igual ao maior autovalor (max) menos (n) que é a ordem da matriz (número de critérios), dividido por ($n-1$).

- O sexto e último passo é o cálculo da Razão de Consistência por meio da seguinte equação:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Onde a Razão de consistência (*RC*) é igual ao índice de consistência (*IC*) dividido pelo Índice Randômico, ou Índice de Inconsistência Aleatória ⁵(*IR*), que deriva da tabela a seguir, proposta por (Saaty, 1990). O valor de (*IR*) é selecionado dependendo da ordem da matriz de comparação, ou seja, do (*n*) número de critérios.

Tabela 6 - Índice Randômico

Dimensão da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória Média	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Satty, T., 1990.

4.5.4. Síntese das prioridades

Uma vez calculado os valores do autovetor e efetuada a sua validação ocorreu a síntese das prioridades em ambiente SIG, a sobreposição das camadas através da hierarquia estabelecida pela aplicação do método AHP. Utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator* no *software* QGIS, onde cada camada *raster* dos mapas de critérios foi multiplicada pelo seu Autovetor correspondente e somadas entre si. Exemplo: (Arrefecimento Urbano * W + Estoque de Carbono * W) + (...).

Para prosseguir com a sobreposição foi necessário normalizar o conjunto de dados do *National Ecosystem and Ecosystem Service Mapping Pilot for a Suite of Prioritised Services (2016)*, para padronizar com o restante em uma escala de 0 a 1. Para tal, utilizou-se o método de normalização Min-Max (Saranya & Manikandan, 2013; Henderi, et al., 2021), o qual permite realizar transformações lineares dos dados para uma escala padrão através da utilização da seguinte fórmula:

⁵ Uma vez feito os cálculos, é necessário ater-se aos limites aceitáveis de Razão de Consistência que depende do tamanho da matriz, uma matriz quadrada com 3 fatores, por exemplo, tem uma (*RC*) de 0,058, e uma com 5 ou mais fatores (critérios) tem o (*RC*) mínimo de 0,1. (Gorener, 2012; Oliveira & Belderrain, 2008).

$$x_{new} = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Onde x_{new} é igual ao novo valor dos resultados normalizados; e x é igual ao valor antigo; o $\max(x)$ é igual ao valor máximo no conjunto de dados e o $\min(x)$ igual ao valor mínimo no conjunto de dados.

Após a sobreposição hierárquica das camadas obteve-se o mapa final, que foi então reclassificado em 5 classes utilizando o método dos intervalos iguais (*Equal Intervals*) representando as seguintes classificações do índice: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Foi ainda elaborada uma camada vetorial para o cálculo da área, e por último a edição do layout final, onde foram acrescentados os elementos cartográficos básicos na camada.

5. Resultados e Discussão

Esse capítulo busca sumarizar as principais considerações sobre a dimensão teórica ao qual o trabalho se inscreve, e as reflexões em torno do enquadramento metodológico e seu desdobramento.

De modo a estabelecer uma ordem hierárquica ou delimitar zonas prioritárias para a implantação das Soluções Baseadas na Natureza no território do município de Dublin, e desta forma viabilizar um planejamento estratégico e efetivo frente aos desafios das mudanças climáticas o trabalho incorporou métodos de levantamento e caracterização de fatores ambientais e sociais. Sendo estes um dos primeiros pontos a serem explorados na discussão, depois de considerações acerca das metodologias utilizadas.

Em seguida, através da análise espacial hierárquica foram obtidos resultados que, uma vez analisados, ponderados e agregados, transformam-se em um mapa síntese. A discussão, portanto, reflete, para além dos resultados, o debate teórico ao qual a pesquisa está implicada, assim como questões pontuais, como: que benefícios em termos de Serviços Ecológicos a infraestrutura natural fornece? Onde estão esses benefícios? Quem tem acesso a esses benefícios?

A análise espacial dos fatores ambientais permite refletir a quantificação dos benefícios dos serviços ecossistêmicos e onde esses serviços estão distribuídos no território de Dublin. Já os fatores sociais nos permite perceber quem tem acesso a estes. Finalmente

é possível refletir sobre as áreas prioritárias para a implementação das Soluções Baseadas na Natureza.

Para além da análise espacial dos fatores ambientais e sociais, as áreas prioritárias são pensadas a partir do método de análise hierárquica de processos. Esse método permitiu que um grupo de especialistas comparassem todos os critérios que correspondem aos serviços ecossistêmicos, agregando valores que possibilitam sua hierarquização. Os dados dessa análise permitem, por sua vez, a elaboração de um mapa síntese, onde os resultados não são meramente matemáticos, mas compreendem a percepção humana em torno da importância dos serviços ecossistêmicos, promovendo uma discussão estratégica essencialmente participativa e integradora.

Ainda que a partir de uma dimensão empírica experimental o trabalho permanece comprometido com a produção científica que viabiliza a prática e, em simultâneo, defende um enquadramento político, através de estratégias como optar por dados e ferramentas livres e gratuitos, buscando responder os desafios e objetivos pressupostos de forma acessível e democrática.

5.1. Mitigação do Risco de Inundação

A inundação, segundo a definição do Plano de Gestão de Risco de Inundação Irlandês, 2018, é um fenómeno natural definido como um período temporário de cobertura de terra por água, podendo acontecer a qualquer momento em locais diferentes. As inundações podem ocorrer a partir de uma variedade de fontes, individualmente ou combinadas, incluindo: inundações fluviais (de rios ou córregos), inundações pluviais (de chuvas intensas e escoamento superficial), inundações costeiras (do mar ou estuários), inundação de águas subterrâneas (normalmente de *turloughs*⁶ na Irlanda) e outras fontes, como mau funcionamento de infraestrutura (ex: bueiros bloqueados).

Como parte do ciclo hidrológico as inundações podem ser positivas para o ambiente, por exemplo, onde muitos habitats de zonas húmidas dependem de inundações periódicas para sua conservação. No entanto, as inundações também têm o potencial

⁶ Um turlough, é um corpo de água sazonal ou periódico encontrado principalmente em áreas cársticas de calcário da Irlanda, a oeste do rio Shannon. O nome vem do irlandês tur, que significa "seco", e loch, que significa "lago".

de causar danos, perdas de várias maneiras (*Office of Public Works, The Review of the Flood Risk Management Plans, 2018; EU Floods Directive, 2007*).

O Risco de Inundação é uma ameaça que existe quando o potencial de impacto é negativo, representado por danos para pessoas, como lesões físicas, doenças, estresse e morte; danos a propriedades, através de danos ao patrimônio privado, como residências e veículos, ou por danos à infraestrutura crítica, como estradas e rede de abastecimento de água potável; ou ao patrimônio cultural, ambiental entre outros que de alguma forma podem potencialmente afetar a vida humana ou o ambiente. Portanto, para qualquer evento de inundação, o grau de risco de inundação depende de uma série de fatores que variam de local para local e de um evento de inundação para outro (*EU Floods Directive, 2007*). O risco de inundação é calculado a partir da combinação da probabilidade de eventos de inundação de diferentes magnitudes e o grau de impacto ou dano potencial que cada um pode causar.

É provável que as mudanças climáticas tenham impactos significativos nas inundações e no risco de inundação na Irlanda devido ao aumento do nível do mar, aumento das chuvas no inverno, mais dias de chuva forte e tempestades mais intensas. Embora seja importante que as causas das mudanças climáticas sejam abordadas, a Irlanda também deve se preparar para se adaptar a essas mudanças. O Escritório de Obras Públicas (OPW) publicou em 2019 o Plano Setorial de Adaptação às Mudanças Climáticas para Risco de Inundação Gestão (OPW, 2019) para definir como as atividades de gestão de risco de inundação podem ser adaptados para ter em conta os potenciais impactos.

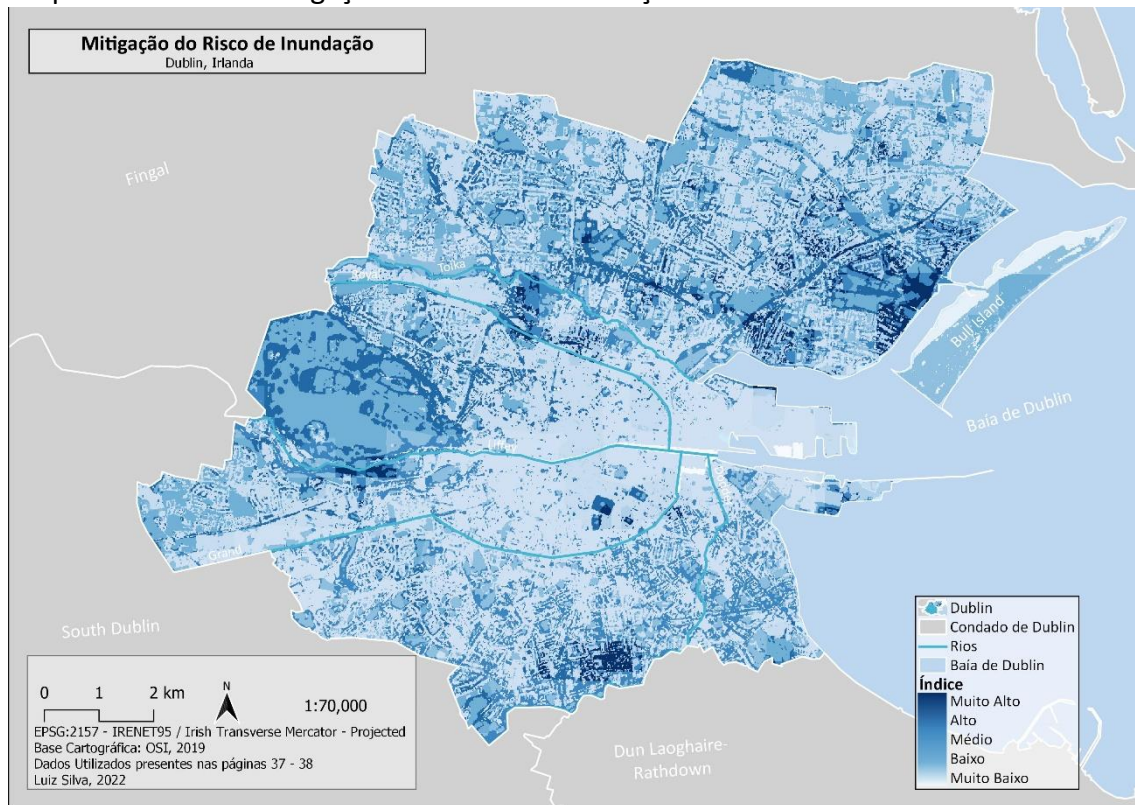
O modelo *Urban Flood Risk Mitigation* considera o papel da infraestrutura natural em reduzir a produção de escoamento superficial, diminuindo os fluxos superficiais e criando espaços para a água (em várzeas ou bacias). Isto é, considera áreas propensas as inundações a partir da interação dos tipos de uso e cobertura do solo e a capacidade de drenagem dos solos, que influenciam a dinâmica de escoamento superficial do volume pluviométrico. Considerando essas entradas, o modelo gera como saída uma representação cartográfica em formato raster, em que cada píxel representa a capacidade de redução do escoamento do superficial do volume pluviométrico, uma

cartografia que caracteriza o Serviço Ecossistêmico de regulação de inundações (SHARP et al., 2016; Quagliolo et al., 2021).

O modelo baseia-se em três variáveis:

1. Os Grupos Hidrológicos de Solos (A, B, C e D) que indicam o potencial de escoamento do solo, onde os solos do tipo A possuem um menor potencial de escoamento e o D o maior USDA (2009), onde na área de estudo predominam os solos do tipo B que apresentam moderada taxa de infiltração e os solos do tipo D que possuem alto potencial de escoamento;
2. Número de Curva que é um parâmetro empírico utilizado para determinar do escoamento superficial a partir de excessos de precipitações, e seu cálculo depende dos diferentes usos e coberturas da solo, permitindo desta forma, ao contrastar com o mapa de uso e ocupação, a inferência quantitativa de como cada classe de LULC interfere na absorção ou na produção de escoamento das águas pluviais. (Nagel et al., 2020).
3. Dados relativos a um evento pluviométrico extremo, onde foi utilizado o valor 73,9 mm, maior evento registrado em um período de 30 anos (MET ÉIREANN, 2012).
4. O principal resultado do modelo *Urban Flood Risk Mitigation* é uma camada raster com um índice de 0 a 1 representando a capacidade da infraestrutura natural em reter o escoamento urbano, como mostra o mapa a seguir, mitigando o risco de inundação. Outros resultados intermediários são obtidos, como o volume em m³ de retenção do escoamento superficial, uma camada com os valores em (mm) do escoamento superficial (ver anexos).

Mapa 2 - Índice de Mitigação do Risco de Inundação



Dadas as características de entrada, o modelo estimou que as áreas onde o uso e cobertura do solo é predominantemente composto pela infraestrutura natural, como parques e jardins que, em um evento extremo, tem o potencial de retenção médio de 46,7 mm, ou cerca de 63,2% de retenção do volume pluviométrico e podendo chegar ao máximo de 65,4 mm. Isto é, cerca de 88% do volume total. Enquanto as áreas urbanizadas, em contraste, por apresentarem uma taxa de impermeabilização de solo muito maior, é capaz de reter em média 12,9 mm, correspondendo a cerca de 17,5%. Desta forma, podemos utilizar este modelo como orientação de implementação de SBN em projetos urbanos de gestão de águas considerando a mitigação do risco de inundação a infraestrutura natural principalmente nas áreas urbanas.

Práticas que respondem a estes objetivos já foram desenvolvidas ao redor do mundo, como exemplos da tabela a seguir, podendo ser incorporados em diversos contextos dado suas particularidades, que, em suma, reduzem a velocidade e o volume de escoamento da água.

Quadro 4 - Exemplo de SBN para mitigação do Risco de Imundação

Terminologias	Soluções Baseadas na Natureza	Referências
Sustainable Urban Drainage System (SUDS) - Sistemas de Drenagem Sustentáveis	Superfícies sem calçamento, Pavimentação Permeável, Jardins de Chuva, Áreas de Alagamento gramadas, Fossos de Árvores, Telhados Verdes, Tanques e etc.	Butler & Parkinson (1997); Martin (2000); Tebal (2007); Bastock et al, (2014)
Water Sensitive Urban Design (WSUD) - Desenho Urbano Sensível à Água		Wong (2006); Hoyer et al. (2011); Burge et al. (2012); Ashley et al. (2013); Rodriguez et al. (2014); Andrade et al. (2016)
Green Stormwater Infrastructure (GSI) - Infraestrutura de águas pluviais verdes		Keeley et al. (2013); Rai (2013); Palmer et al. (2015); Nysten & Kiparsky (2015); Strickler (2015), Suppakittpaisarn et al. (2017)
Sponge City - Cidade Esponja		Zheng, Lei, and Fei (2016); Dai et al. (2018); Peng &

Luiz Silva, 2022

5.2. Polinização

A polinização de culturas feita por abelhas e outros animais, é um serviço ecossistêmico potencialmente valioso em muitas paisagens de habitats agrícolas e naturais mistos (Allen-Wardell et al. 1998; Free 1993). A polinização pode aumentar o rendimento, a qualidade e a estabilidade de culturas de frutas e sementes tão diversas como tomate, canola, melancia, café, girassol, amêndoa e cacau. De fato, (Klein et al., 2007) descobriram que 87 das 115 culturas de importância global se beneficiam da polinização animal, um serviço avaliado de bilhões a dezenas de bilhões por ano globalmente

(Costanza et al. 1997; Losey e Vaughan 2006; Nabhan & Buchmann 1997; Southwick e Southwick 1992).

Apesar desses números, é importante perceber que nem todas as culturas precisam de polinização animal. Algumas plantas cultivadas são polinizadas pelo vento (por exemplo, grãos básicos como arroz, milho, trigo) ou autopolinizadas (por exemplo, lentilhas e outros feijões).

Apesar da extensa variedade de animais polinizadores, como pássaros, moscas, mariposas e morcegos, focamos aqui nas abelhas selvagens, pois, segundo Free (1993) são consideradas o grupo mais importante para a maioria das culturas. Segundo (Cane 1997) as abelhas selvagens e nativas são polinizadores chave, porque desempenham este SE com mais eficiência e eficácia, quando comparadas com as colmeias artificialmente manejadas (Cane,1997; Groff et. al, 2016).

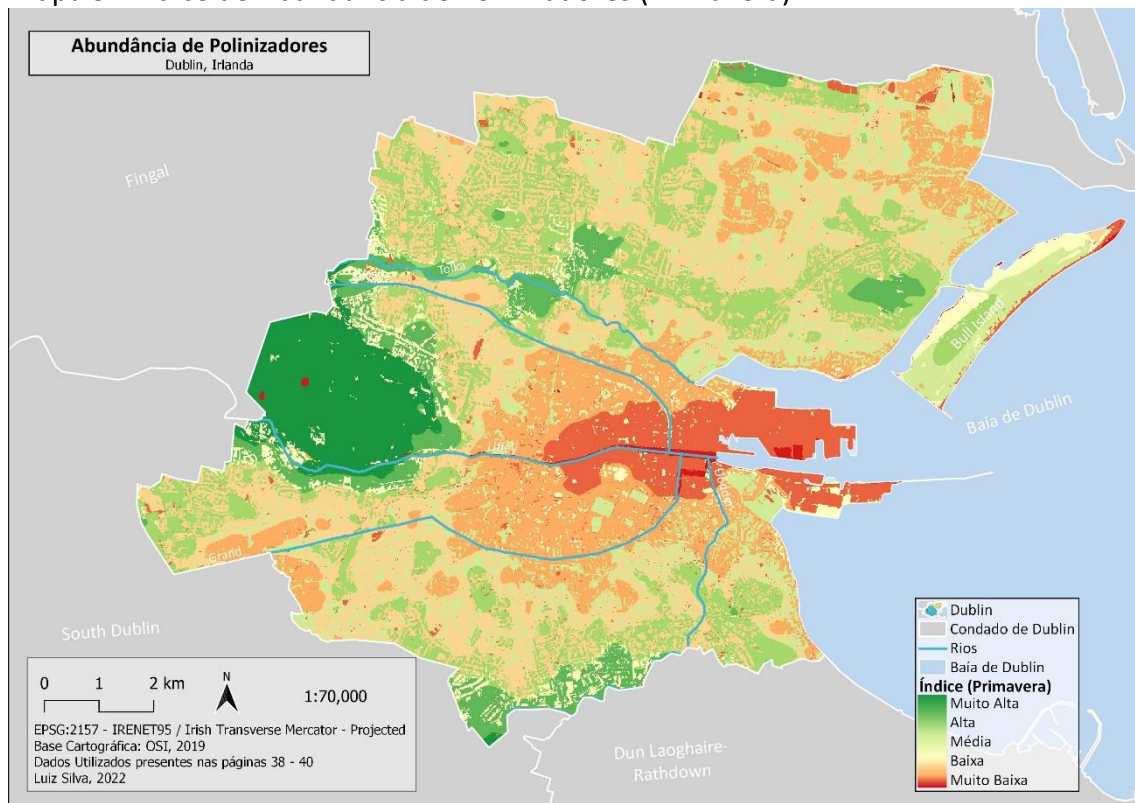
Para explorar este serviço ecossistêmico, partimos do modelo *InVEST Pollination*. Um modelo a princípio idealizado para ambientes rurais, mas que apresenta-se relevante também para avaliação de cenários de planejamento urbano. O modelo explora o uso do solo para a promoção e melhoria da agricultura e renaturalização urbana, que, por sua vez oferece SE de suporte e regulação, contribuindo para manutenção e implementação de diversas SBN como jardins de chuva e hortas urbanas, além de ser um indicador de biodiversidade e qualidade ambiental (Davis et al., 2017).

O modelo *InVEST Pollination* retorna camadas do tipo raster que espacializa o fenômeno da polinização através de um Índice de Abundância de Polinizadores em uma paisagem durante as estações da Primavera e Verão, época do ano que a dinâmica da polinização acontece de forma mais intensa (*All-Ireland Pollinator Plan*, 2016); um Índice de Abundância Floral Relativa, para as mesma estações do ano. E duas camadas com os substratos de nidificação, ou seja, área adequada para a construção de ninhos dos polinizadores, em termos de cavidades e de solo. O modelo retorna ainda como resultados intermediários camadas raster com a abundância de polinizadores por espécie que podem ser utilizados em trabalhos mais específicos, por exemplo, aqueles ligados à biodiversidade.

Adaptado a partir de Lonsdorf et al. (2009) o modelo aponta duas variáveis necessárias para a estabilidade das abelhas em uma paisagem: locais adequados de nidificação e a atividade de forrageamento, relacionada a quantidade suficiente de alimentos, neste caso fornecida pelas flores na área de estudo. Portanto, se estes recursos estiverem presentes na paisagem, os polinizadores terão um ambiente propício para voarem para as plantações próximas e efetuarem, durante a coleta do néctar e pólen, a polinização (SHARP et al., 2018; Lonsdorf et al., 2009).

Para o propósito deste trabalho focou-se apenas na utilização dos resultados de abundância de polinizadores, no melhor cenário possível, durante a primavera, representados no mapa a seguir.

Mapa 3 - Índice de Abundância de Polinizadores (Primavera)



De acordo com os dados estimados pelo modelo, é possível visualizar no território de Dublin uma correlação direta entre os diferentes usos do solo e a presença de polinizadores. Áreas densamente urbanizadas, como a região central, propiciam um

valor muito baixo de presença de polinizadores, chegando a quase 0, principalmente nas áreas entre a região industrial do porto em direção ao centro pelo rio Liffey.

Avançando do centro para as regiões periféricas percebe-se o aumento de arborização na cidade, assim como o número de parques. Em resposta a essa mudança na composição do uso do solo o modelo aponta maiores oportunidades de nidificação, como, por exemplo, nos troncos de árvores e, desta forma, aumento do forrageamento, com flores presentes nos parques públicos e jardins públicos e privados.

O modelo de Polinização INVEST ao quantificar e espacializar este SE, identifica onde faltam suprimentos de polinização. Desta forma, oferece subsídios aos tomadores de decisão para elaborar planos estratégicos de alocação dos recursos necessários para correção desta deficiência, contribuindo, por consequência, com a discussão em torno das funções dos espaços públicos e privados, da participação da sociedade civil, do setor privado e dos gestores públicos em promover espaços verdes abertos com a presença de vegetação propícia para a atividade de polinização.

No caso de Dublin, o reconhecimento da importância da polinização já vem sendo feito através de dispositivos legais, como através do enquadramento do Plano Nacional de Polinização (*All-Ireland Pollinator Plan, 2021*) e o Plano de Ação Municipal para a Polinização (*SDCC Pollinator Action Plan 2021 – 2025, 2022*), que representam esforços em inserir a polinização nas intervenções espaciais e de promover a conscientização pública da relevância do tema.

Também vimos que 46.5% do território apresenta uma condição boa para a polinização e cerca de 4.9% uma condição intermediária. Sublinha-se a influência da infraestrutura natural sobre a oferta deste SE, grandes áreas verdes como o Phoenix Park destaca-se enquanto potencial área para a polinização. Sendo o maior parque público murado em área urbana da Europa, medindo 712 hectares, e com uma circunferência de 16 km, observa-se que os índices de polinização podem atingir seu potencial máximo.

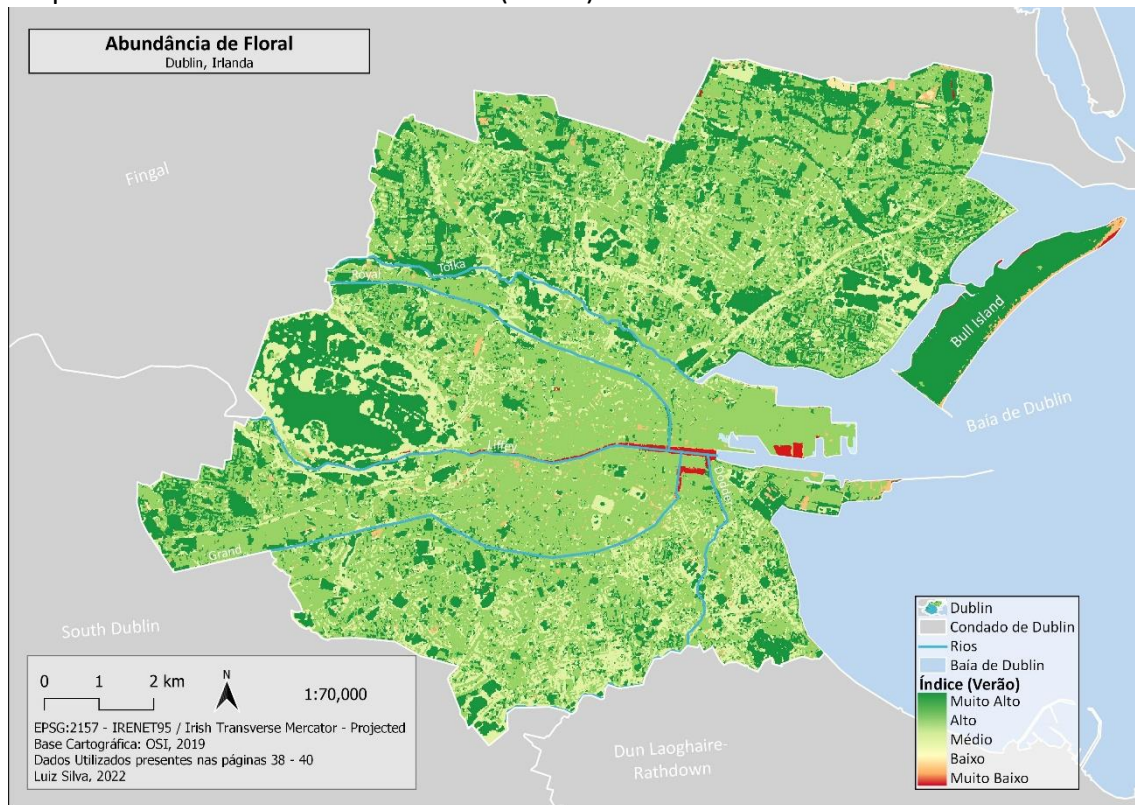
Ainda considerando o mapa, vimos que 46.5% do território apresentata uma condição boa para a polinização e cerca de 4.9% um condição intermediária e 49.5% em uma situação ruim ou péssima. Lembrando que o modelo considera apenas as abelhas como os principais polinizadores, no entanto, a polinização ocorre de outras formas.

Sendo assim, é necessário pensar estratégias que vão de encontro a melhora do SE de polinização. Estudos de casos dedicados a este contexto, como (Davis et al., 2017), a partir do modelo InVest na zona urbana de Chicago e (Blackmore & Goulson, 2014) realizado em áreas urbanas no Reino Unido, constataram que substituição do uso do solo de gramas, em jardins público e privado, por recursos florais aumentam a produtividade das hortas caseiras e quintas urbana, assim como o aumento do número de hortas e quintas.

A distribuição dos recursos florais, para além da polinização, também contribuem para os Serviços Ecosistêmicos do tipo Cultural. Ainda que não estejam presentes neste trabalho, estes serviços representam “benefícios imateriais que as pessoas obtêm dos ecossistemas por meio de enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e experiências estéticas” (MEA, 2005, p. 40).

Influenciam o desenvolvimento cultural, a estética do espaço, contribuindo para o senso de lugar, de pertencimento, e o fortalecimento da coesão social, além de promover benefícios diretos à saúde e oportunidades de recreação. De maneira que, o modelo de polinização também responde parcialmente a essa necessidade, ao gerar como resultado intermediário um índice, espacialmente explícito, de abundância floral (Mapa 4) para a primavera e verão. O que possibilita a incorporação dos resultado do modelo para além dos aspectos estratégicos de implementação de SBN visando a efetividade da polinização, ou seja, da reprodução das plantas e favorecimento da provisão alimentar, mas também torna-se uma indiretamente uma referência para o desenvolvimento de serviços ecossistêmicos de base cultural, estético.

Mapa 4 - Índice de Abundância Floral (Verão)



Entre outras alternativas a serem pensadas neste contexto, há a abordagem da polinização como um capital natural, passível de aplicação através de um sistema de crédito. Governos ou instituições privadas recompensam aqueles que contribuem para a qualidade ecossistêmica, o InVEST, neste sentido, pode ser utilizado como uma ferramenta de monitorização (Ali, 2022).

De maneira geral, essas informações acerca dos polinizadores, os recursos florais e suas abundâncias no espaço servem como norteador de tomadas de decisão que visam o melhoramento da resiliência urbana. O modelo Pollinator InVEST além de auxiliar neste objetivo, destaca-se por requerer poucas informações de composição do tecido urbano, mas que, por sua vez, permite a simulação de impactos de diferentes políticas e intervenções espaciais na polinização se inserido camadas de uso e ocupação de cenários hipotéticos (Kremen, 2007).

O mapa se torna, portanto, um guia para a implementação de SBN. Áreas com bons índices de polinização, como, por exemplo, as áreas próximas ao *Phoenix Park* configuram uma ótima opção de intervenção, tanto pelo poder público quanto pela

comunidade, nos espaços privados, onde a comunicação efetiva desses resultados podem embasar implementações nestes locais, assim como nos arredores através do engajamento da comunidade em suas propriedades. Os índices também podem orientar organizações conservacionistas a otimizar investimentos em conservação que beneficiem tanto a biodiversidade quanto a população, assim como movimentos sociais de ordem ambiental podem incorporar os resultados enquanto embasamento empírico. Em contrapartida, a suas potencialidades, o modelo InVEST Pollinator é baseado em índices que estimam padrões relativos de abundância de polinizadores e sua contribuição para a polinização das culturas, ou seja, a manutenção dos recursos florais e a produtividade das hortas e quintas urbanas. Dessa forma é bom ter em mente que estimativas absolutas de densidade de ninhos, disponibilidade de recursos e abundância de polinizadores exigiria um trabalho muito mais aprofundado envolvendo uma gama maior de etapas, que por sua vez poderiam ser incorporados pelo modelo InVEST, no entanto, no presente momento os trabalhos aprofundados sobre a polinização são raros na literatura. Desta forma ao utilizar índices relativos nos limita em termos de precisão, exigindo a validação dos dados através da verificação empírica como, por exemplo, trabalhos de campo em dada área, em escala reduzida, onde deseja-se melhorar o SE de polinização.

Além disso, o modelo não prevê a dinâmica das populações de abelhas ao longo do tempo e, portanto, não pode avaliar se essas populações são sustentáveis dada a paisagem atual. Em vez disso, o modelo simplesmente fornece um instantâneo e estático número de polinizadores em cada célula da paisagem, em relação a estimativas básicas de locais de nidificação e recursos alimentares. Desta forma, fatores que influenciam as populações de abelhas, como distúrbios de habitat e flutuações populacionais típicas, não são capturados.

Também deve ser considerado que, conforme ressalta (Sharp et al., 2020), os polinizadores provavelmente são influenciados por características somente visíveis na paisagem em uma escala de detalhes alta. Desta forma a resolução de 10 m da camada de Uso e Ocupação do Solo dificulta a captação da dinâmica de polinização em detalhe. Por exemplo, pequenas manchas de recursos florais em um habitat hostil para as

abelhas, como na região portuária de Dublin, podem fornecer importantes recursos alimentares, mas não serão detectados pelo mapa de Uso e Ocupação. Segundo (Sharp et al., 2020), existem espécies de abelhas que são capazes de nidificar em áreas pequenas, como em uma cerca na beira de uma estrada ou um pequeno orifício na casca de uma árvore que são praticamente impossíveis de serem capturados pelo modelo, exigindo mais uma vez uma validação empírica em um trabalho específico e detalhado se este for o objetivo.

5.3. Arrefecimento Urbano

As mudanças climáticas já elevam, em número e em magnitude, a ocorrência de eventos climáticos extremos, produzindo ou amplificando riscos que afetam a vida humana. Entre os principais riscos com relação direta às mudanças climáticas estão as Ondas de Calor que ocorrem quando em um intervalo de pelo menos dois a três dias consecutivos, onde a temperatura máxima diária é superior ao valor médio diário no período de referência (Stefanon et al., 2012; World Meteorological Organization and World Health Organization. 2015).

Estes eventos climáticos têm o potencial de produzir efeitos nas dimensões ambientais, social e econômica, potencialmente gerando uma série de impactos negativos, principalmente relacionados à saúde humana, na causa de doenças e óbito, assim discutem (Arsenović et al., 2019; Kent et al., 2014).

Apesar, das possibilidades de ocorrência das Ondas de Calor em qualquer escala, como aponta (Taha, 2004), são as Ondas de Calor Urbanas (OCU) que mais preocupam, elevando o risco de problemas de saúde relacionados ao excesso de calor (Stone et al., 2010; Uejio et al., 2010). Entre os grupos mais vulneráveis a doenças causadas pelas ondas de calor estão as crianças que, segundo (Basu & Ostro, 2008; Kovats & Hajat, 2008), podem ter relação com a sua pequena proporção entre massa corporal e área de superfície. Também os idosos são vulneráveis por ter mobilidade reduzida e portanto maior dificuldade em evitar situações perigosas, assim como são mais propensos a viverem sozinhos, como também são mais propensas a sofrer de condições de saúde que limitam a capacidade do corpo de responder a estressores como calor (Gamble et al., 2013).

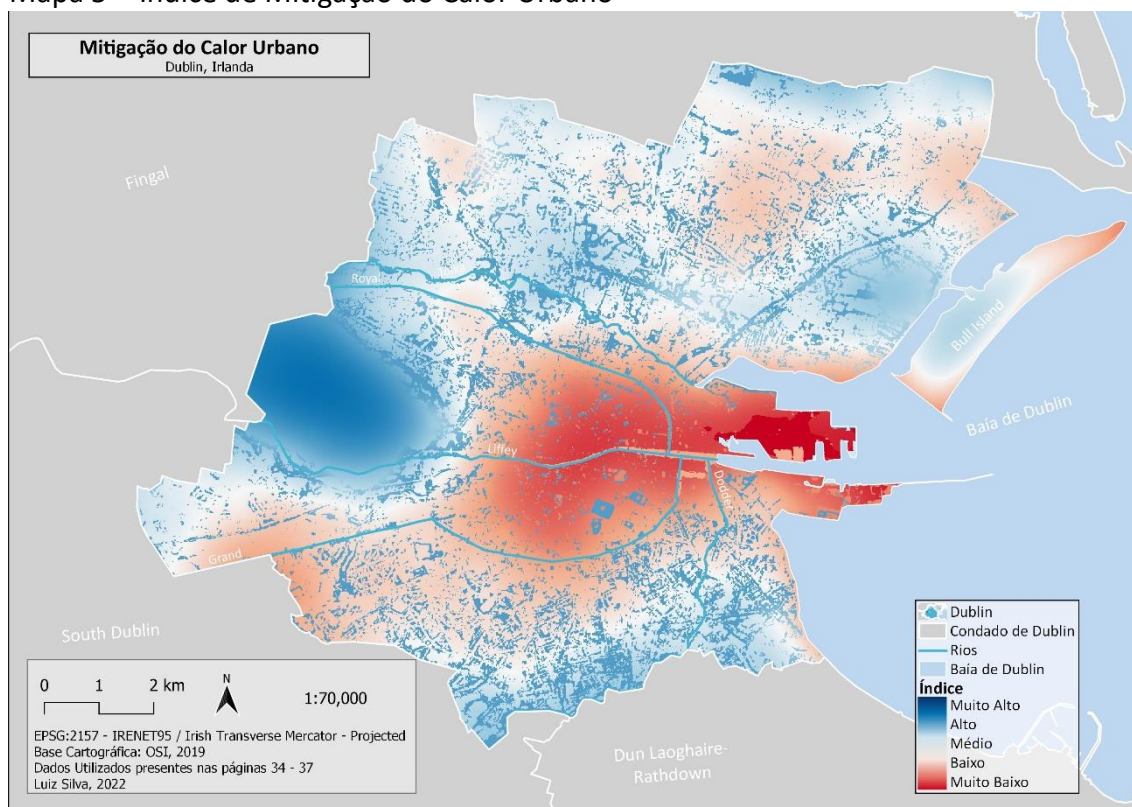
O desafio de adaptação e mitigação para as cidades é ainda maior dado o efeito das Ilhas de Calor que resultam das alterações do Uso e Ocupação do Solo pelos processos de urbanização. A substituição de superfícies naturais por aquelas características de uma cidade, alteram radicalmente as condições aerodinâmicas, radiativas, térmicas, refletindo na capacidade de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes das superfícies, condições propícias para a ocorrência de Ilhas de calor (Sweeney, 1987; Madureira, 2002).

Desta forma, quantificar e caracterizar espacialmente a capacidade de resposta da morfologia urbana frente ao calor urbano compreende uma questão chave deste trabalho, pois nos permite reconhecer onde e qual grau a infraestrutura natural em Dublin pode promover agindo na mitigação deste risco.

Para tanto foi utilizado o modelo *InVEST Urban Cooling*. Um modelo que gera uma representação cartográfica a qual indica espacialmente a capacidade de resfriamento de espaços verdes urbanos sobre a temperatura do ar em relação a um cenário de excesso de calor. O modelo dispensa a realização de medições *in loco* ou de análises complexas de dados térmicos de sensoriamento remoto, permitindo, salvo suas limitações, o entendimento dos fenômenos em questão.

Através do *InVEST 3.9.2 Urban Cooling* foi calculado índice de mitigação de calor (IMC), que tem como base valores de evapotranspiração, sombreamento e de albedo atribuídos às classes de cobertura do solo, bem como na distância das ilhas de resfriamento (por exemplo, parques e grandes infraestruturas verdes). Esse índice, por sua vez, estima a capacidade média de resfriamento na temperatura do ar, resultado representado espacialmente no mapa a seguir (Sharp et al., 2016).

Mapa 5 - Índice de Mitigação do Calor Urbano



O principal resultado do modelo *Urban Cooling* é uma camada do tipo raster com o índice de Mitigação de Calor (Mapa 5), onde se evidenciou a discrepância entre as áreas densamente urbanizadas, como a região central, e nos sub-districtos Store Street e Irishtown situados na zona portuária e no sub-districto de Clondalkin, área com forte presença de atividades industriais. Já em áreas residenciais com forte presença da infraestrutura natural, como é o caso de Raheny que conta com duas grandes áreas verdes, o St. Anne's Park e a North Bull Island, ou em áreas mais afastadas do centro onde a presença de jardins privados e a arborização de vias públicas é mais comum, assim como nas proximidades do Phoenix Park os resultados apontam para uma mitigação considerável de calor.

O Mapa de Arrefecimento Urbano evidencia, portanto, o potencial que a infraestrutura verde, como corredores verdes e parques, tem em relação à mitigação do calor urbano. Os dados reforçam a necessidade da promoção de sua conservação e ampliação, e as SBN podem ter um papel importante para a restauração deste Serviço Ecosistêmico.

De forma geral, o serviço ecossistêmico de arrefecimento urbano em Dublin é expresso em dois grandes grupos: O primeiro promovendo pouco ou nada de mitigação do calor, e outro com um índice de mitigação de calor de intermediário para ótimo, representando 45.5% e 54.5% respectivamente.

A partir dessa contextualização, é possível pensar na implementação de SBN através de políticas e ações dos usos da vegetação como estratégia de mitigação e adaptação ao calor urbano, com intuito de reduzir o efeito da ilha de calor urbana (ICU), proporcionando sombra, modificando as propriedades térmicas do tecido urbano e aumentando o resfriamento através da evapotranspiração.

O modelo retorna ainda algumas estatísticas como a temperatura média anual, neste cenário de 11.87 °C, a temperatura média anômala de 1.87 °C, e opcionalmente um valor de Produtividade do trabalho, obtido ao converter a temperatura do ar em temperatura de globo de bulbo úmido, do inglês *Wet Bulb Globe* (WBGT) que é um cálculo estimado dos impactos do calor sobre a produtividade do trabalho (ver apêndice) (American College of Sports Medicine, 1984).

O modelo utiliza um índice denominado CC, que foi obtido através da soma de três fatores ponderados a partir de um número limitado de estudos de caso: A Sombra como 0,6, o Albedo como 0,2 e a evapotranspiração como 0,2 (Phelan et al. 2015). Cada um destes valores representa a contribuição desses fatores para a produção do Arrefecimento Urbano, ou mitigação do calor. Este método de ponderação, no entanto, traz altas incertezas ao funcionamento do modelo. Desta forma a validação da sensibilidade do modelo através de estudos experimentais podem fornecer valores mais precisos (Zardo et al. 2017).

O efeito de arrefecimento urbano, por sua vez, baseia-se em dois parâmetros: a existência de grandes áreas verdes (>2 ha) e a mistura de ar. Parâmetros os quais que são difíceis de determinar a partir da literatura, uma vez que podem variar a partir das propriedades da vegetação, clima (efeito de grandes espaços verdes) e padrões de vento (mistura de ar). Desta forma, estes parâmetros podem ser alterados a fim de representar a realidade local com maior precisão, mitigando as incertezas. Também

recomenda-se testar a sensibilidade do modelo por meio de comparações dos padrões espaciais de temperatura estimados por outras metodologias.

Apesar das limitações observadas acima, o modelo apresentou respostas consistentes com o que foi observado na literatura e o que é esperado quando a composição morfológica urbana, ou seja, áreas mais arborizadas tiveram um desempenho melhor. Áreas como o centro de Dublin, com taxas de arborização incipientes, por sua vez, contribuem mais para o problema.

A ferramenta tem grande potencial de uso como suporte à decisão, sendo sua grande vantagem, além de gratuita, requerer poucos dados, assim como os outros modelos analisados anteriormente, podendo, portanto, gerar simulações espaciais considerando a morfologia urbana na camada de uso e ocupação do solo.

5.4. Projeto Piloto Nacional de Mapeamento de Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos para um Conjunto de Serviços Priorizados

Além dos mapeamentos dos serviços ecossistêmicos produzidos a partir do InVEST utilizaram-se também os mapas dos serviços ecossistêmicos produzidos pelo Projeto Nacional de Mapeamento de Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos para um conjunto de Serviços Priorizados, do inglês - *National ecosystem and ecosystem service mapping pilot for a suite of prioritised services*, (Parker et al., 2016).

Trata-se de um projeto encomendado pelo *National Parks and Wildlife Service* (NPWS) com o intuito de destacar a importância e os valores tanto da Biodiversidade quanto dos Ecossistemas como um todo, e fomentar a discussão sobre as possibilidades de avaliação dos Serviços Ecossistêmicos como suporte da decisão multissetorial na Irlanda, assim como no cumprimento de obrigações quanto a legislação da União Europeia e das Nações Unidas.

Para o desenvolvimento deste projeto, foram consultados *Stakeholders* ao nível nacional para a identificação de quais SE deveriam ser priorizados no mapeamento, identificando os indicadores apropriados para a quantificação da oferta e demanda dos SE. O mapeamento foi produzido com base em informações já disponíveis e baseados em abordagens e ferramentas existentes, incluindo a estrutura conceitual *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) que consiste em um relatório onde

são avaliadas as metas de biodiversidade da UE e é fornecida uma linha de base para a política de biodiversidade para 2030 referente aos principais ecossistemas da UE, e o plano de restauração da natureza da UE. (*European Commission, 2022*). Apoiar também na Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos.

A ferramenta de mapeamento escolhida para este projeto foi o SENCE (*Spatial Evidence for Natural Capital*) que é uma ferramenta de mapeamento de SE desenvolvido pela consultoria Environment Systems, que basicamente utiliza mapas e dados existentes e imagens de satélite para fornecer um status atualizado dos habitats e uso da terra (Parker et al., 2016).

Deste banco de dados foram adaptados e incorporados ao trabalho os mapas referentes à Qualidade da Água, a Provisão de Alimentos e os de Armazenamento de Carbono no solo e na vegetação.

5.4.1. Qualidade da água

Garantir uma gestão sistemática e eficaz dos recursos hídricos é fundamental para manter o equilíbrio necessário entre as pressões de desenvolvimento, os impactos das mudanças climáticas, o abastecimento de água seguro e confiável, e, ao mesmo tempo, promover a preservação de quadro ambiental para as futuras gerações. Deste modo, incluir um modelo que caracteriza a Qualidade da Água torna-se imprescindível a fim de caracterizar a atual situação em Dublin, quanto para identificar áreas deficitárias que podem potencialmente receber intervenções de SBN.

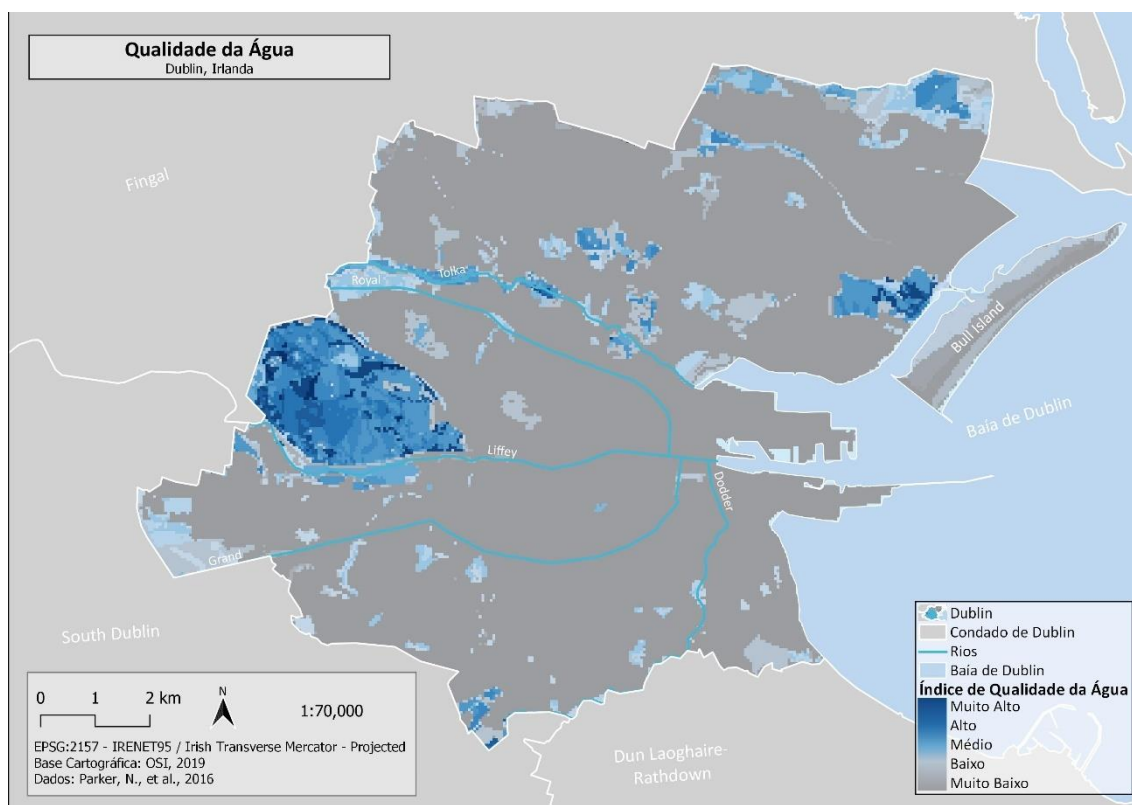
A qualidade da água não é considerada em si um Serviço Ecossistêmico, mas indica serviços intermediários, como, por exemplo, a purificação da água e o controle de erosão. Também é um fator que determina outros serviços, como a recreação, ao agregar além da qualidade da água, por exemplo, valores estéticos ou favorecendo a atividade turística em locais apropriados para a prática de natação ou parques (Brauman et al. 2007).

Os processos ecossistêmicos de regulação da qualidade da água ocorrem durante toda a dinâmica hidrológica, que está, por sua vez, em contato com os demais objetos da paisagem, por exemplo, o escoamento superficial, durante a infiltração e lixiviação, durante a passagem de águas subterrâneas ou em áreas úmidas, ou em corpos d'água.

A qualidade da água oferece três principais serviços: absorção e filtragem de poluentes e a prevenção da erosão. Estes serviços se dão através de processos físicos, por exemplo, o papel da vegetação em prevenir a erosão de solos, como também processos bioquímicos, onde a presença de certos microorganismos na água e no solo contribuem positiva ou negativamente para esta qualidade (Loomis 2000; Brauman et al. 2007; Lautenbach et al. 2012).

O mapa a seguir indica a variação espacial, evidenciando como diferentes usos do solo têm potencial de influenciar na qualidade da água. Diferentes classes de uso solo podem produzir tanto efeitos benéficos de filtragem da água, quanto podem gerar efeitos adversos, introduzindo impurezas (Parker et al., 2016). O mapa foi elaborado utilizando informações sobre os tipos e subtipos de solo a partir da base de dados Nacional Teagasc, mais informações sobre o declive do terreno e informações sobre habitats, dados que representam segundo os autores (Parker et al., 2016), a melhor base de informação disponível no momento. Estes dados, defendem os autores, podem ser utilizados na escala do planejamento estratégico, no entanto, para atender a objetivos mais específicos, trabalhos mais detalhados devem ser considerados.

Mapa 6 - Índice de Qualidade da Água



Fonte: Parker et al., 2016, adaptado por Luiz Silva, 2022.

Considerando o (Plano Setorial de Adaptação às Mudanças Climáticas Para a Qualidade e Infraestrutura de Serviços de Água, 2019), os desafios da Irlanda frente a qualidade da água estão vinculados com o crescimento da população, que, por sua vez, demandará um aumento substantivo de recursos hídricos. Uma demanda que, invariavelmente, acarretará um acréscimo na produção de resíduos, direta ou indiretamente, como, por exemplo, na intensificação da agricultura que possui o potencial de aumentar a carga de múltiplos poluentes (nutrientes, sedimentos, pesticidas e outros produtos químicos agrícolas) para os corpos d'água (Mot MacDonald, 2019).

A área urbanizada estende-se por todo o território do município de Dublin, contribuindo em uma proporção muito maior para a piora da qualidade da água do que para sua filtragem, representada apenas nas áreas dos grandes parques públicos como o Phoenix Park. Fato que pode ser entendido como um indicativo da necessidade de mudança da composição morfológica da cidade. Argumento que vai de encontro com os objetivos traçados pelo Plano Setorial de Adaptação às Mudanças Climáticas Para a Qualidade e Infraestrutura de Serviços de Água (Mot MacDonald, 2019).

Ampliar estrategicamente a infraestrutura natural através da implementação das SBN poderia ter grande impacto positivo neste quesito. Alguns exemplos de Soluções Baseadas na Natureza em prol da promoção da qualidade da água são:

- Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SUDS) como biorretenção e *bioswales*, atuam efetivamente na filtragem de poluentes dos fluxos de águas pluviais, melhorando ainda mais a qualidade da água a jusante (Davis et al., 2001; Everett et al., 2015).
- Segundo (Clary et al. 2017) a maioria das Soluções Baseadas na Natureza do tipo SUDS são eficazes na remoção de metais, como o cobre, e na redução das concentrações de sólidos e óleos suspensos. Sugerindo, entretanto, uma situação mais incerta quanto a remoção de nutrientes, bactérias e alguns tipos específicos de metais, como o arsênico e o chumbo.
- Em um estudo sobre a capacidade da infraestrutura Verde de controlar substâncias perigosas, como herbicidas, no escoamento superficial de águas, mostrou que Soluções Baseadas na Natureza como SUDS e intervenções espaciais como a criação de Jardins Filtrantes são eficazes na remoção de contaminantes de preocupação dos sistemas de tratamento de águas residuais, a estrutura vegetal das SBNs podem absorver e transformar em compostos menos tóxicos através de sua metabolização (Scholes et al., 2008).

5.4.2. Provisão Alimentar

Quando pensamos na questão da provisão alimentar, nos deparamos com um cenário bastante complexo. A produção de alimentos depende quase exclusivamente do campo, que, por sua vez, compreende diferentes áreas do globo. Frente às dinâmicas de aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas, ao aquecimento global, e, mais recentemente, de eventos inesperados como a pandemia de SARS-COVID 19, afetam a capacidade logística planetária de produção de alimentos. Conflitos geopolíticos, como atualmente entre Rússia e Ucrânia, que são grandes responsáveis pela produção de grãos e de fertilizantes, também somam as demandas por respostas

mais assertivas ao planejar as cidades sobre com objetivo de atender a segurança alimentar.

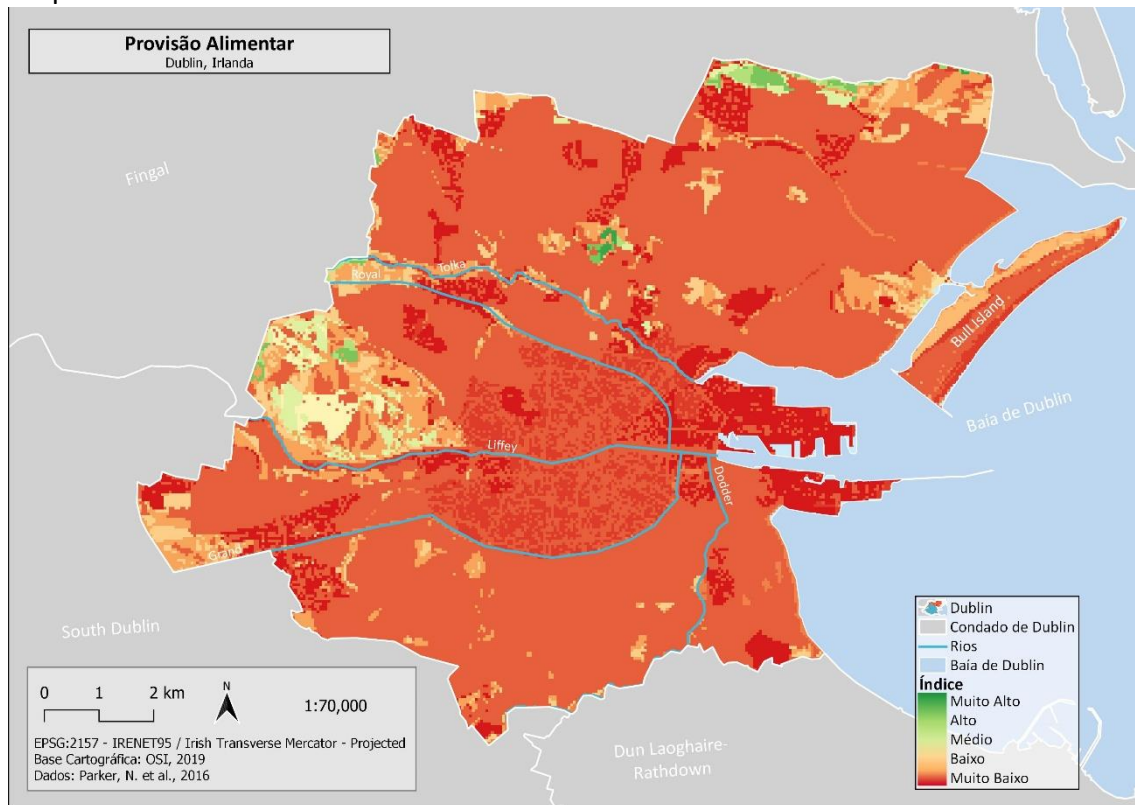
As cidades ocupam 3% da superfície da Terra e consomem até 70% da produção de alimentos. Apesar de a proporção de pessoas subnutridas no mundo ter caído de 15% em 2000-2004 para 8,9% em 2019, dados mais recentes estimam que ainda existem cerca de 690 milhões de pessoas subnutridas no mundo. Em contraponto, cerca de 2 bilhões de adultos apresentam sobrepeso ou obesidade. Além disso, é estimado que cerca de um terço da produção de alimentos do planeta acabam tornando-se em resíduos (FAO, 2020).

Nesse sentido, a escassez de alimento não é necessariamente o problema, mas sim o planejamento e distribuição. Para pensar esses desafios, contudo, torna-se necessário incluir a agricultura na agenda urbana, buscando promover um mundo sócio-espacialmente efetivo em termos de bem-estar humano. A agricultura urbana, por exemplo, pode ser incorporada enquanto uma prática na cidade que está integrada ao sistema econômico e ecológico.

A agricultura urbana possui algumas vantagens quando comparada à agricultura rural, como, por exemplo, promover a redução de custo de transporte, alimentos mais frescos, criação de oportunidades econômicas e de interações sociais de escala local. Além disso, tem potencial de mitigar os efeitos negativos no meio ambiente ao tornar os processos de provisão alimentar mais efetivos do ponto de vista da produção e logística, reduzindo o consumo de energia e espaço (Mougeot, 2005).

O mapa a seguir representa a contribuição do uso do solo para a produção de alimentos considerando as culturas polinizadas, hortaliças de mercado, culturas de grãos, gado leiteiro e de corte, aves selvagens e de caça, veados, plantas silvestres, ovelhas, frutas e fungos. A elaboração do mapa utilizou dados referentes aos tipos de culturas, tipos de solo, tipos de uso e ocupação do solo e habitats (Parker et al. 2016).

Mapa 7 - Índice de Provisão Alimentar



Fonte: Parker et al., 2016, adaptado por Luiz Silva, 2022.

O mapa indica que a parcela em uso ou com potencial de uso para a produção de alimentos em Dublin é muito baixa, refletindo a afirmação de (Small et al., 2019) de que cada vez mais as cidades, como sistemas sociotécnicos urbanos complexos, tornam-se ecologicamente e socialmente insustentáveis do ponto de vista de seus sistemas alimentares.

O resultado expresso pelo mapa de Provisão Alimentar em Dublin, nos permite refletir sobre o quão pouco do potencial da agricultura urbana é aproveitado, reforçando a demanda por implementação de Soluções Baseadas na Natureza, que mesmo em pequena escala inicialmente já poderia refletir um grande impacto. O projeto Cidades Comestíveis (Holthaus, 2021), por exemplo, reflete em como as SBN em torno das questões de resiliência e segurança alimentar são passíveis de serem incorporadas no contexto urbano, através de diferentes formas de cultivo, combinadas com sistemas de circuitos para gestão sustentável da água, resíduos e nutrientes, gerando, além disso, a

emancipação da comunidade e maior autonomia (Defoe et al. 2014; Pölling et al. 2014; Säumel et al. 2019; Sartison et al. 2020).

Por meio da inclusão da Agricultura Urbana em espaços públicos e privados é possível atingir as metas dos três pilares das SBN: ambiental, social e econômico, que incluem a diminuição dos riscos, a segurança alimentar, as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos. Este tipo de SBN pode promover a regeneração urbana, através da gestão efetiva do uso do solo, melhorando aspectos como saúde pública, coesão social e crescimento econômico, criando oportunidades aos moradores urbanos de reconexão com a natureza, recuperação de espaços públicos, do valor estético da paisagem, resiliência frente a desastres e conflitos (Artmann & Sartison, 2018).

Um outro exemplo de como as SBN, considerando a provisão alimentar podem auxiliar no estabelecimento de cidades e comunidades mais resilientes frente a situações de crises, é o caso do projeto Organopônico de Cuba. Em resumo, Cuba enfrentava um embargo econômico estabelecido pelos EUA, o que, pelo menos em parte, os levou a manter acordos de importação e exportação quase que exclusivos com a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), esses acordos limitaram a diversidade da produção agrícola cubana a alimentos não essenciais, como a cana-de-açúcar e cítricos, o que levou a uma dependência não saudável de relações comerciais para bens críticos como cereais e petróleo (Clouse, 2014; Rosset, 1994).

Passadas três décadas de desenvolvimento de um sistema alimentar baseado nesta relação bipartidária, Cuba, com a dissolução da União Soviética, perdeu seu suprimento de alimentos básicos como feijão, trigo e óleo, praticamente da noite para o dia, assim como seus fertilizantes e pesticidas, os quais eram importados cerca 90% dos soviéticos. Assim, os sistemas de agricultura industrial que, a princípio, serviriam para “emancipar a população rural” tornaram-se imediatamente insustentáveis (Wright, 2009)

Uma crise alimentar instaurou-se neste cenário político-econômico, estima-se que a ingestão diária média de calorias e proteínas do cubano foi reduzida em cerca de 30% em comparação com os níveis da década anterior (McNamara, 2016). Como resposta à crise, políticas e ações foram tomadas, como a Terceira Lei de Reforma Agrária, que

definiu que 70% das terras agrícolas de Cuba fossem transferidas para indivíduos e cooperativas por meio de direitos de usufruto (Paz, 2011; Schultz, 2012).

Deste contexto, destacou-se o projeto de agricultura urbana chamado “Organopónicos”. O termo refere-se a um sistema de agricultura urbana que utiliza um substrato orgânico, obtido a partir de resíduos de culturas, resíduos domésticos e esterco animal, que se provou ideal para o cultivo em solos pobres em pequenos espaços urbanos. Uma abordagem que melhora gradativamente a qualidade do solo ao inserir o conteúdo orgânico aumentando os níveis de nutrientes e umidade do solo, caracterizando-se enquanto solução baseada na natureza (Aquino, 2007; Clouse, 2014; Canet-Martí, 2021).

A partir dessa medida e da ampliação de áreas de cultivo, desde pequenos jardins de sacada, hortas nas coberturas das residenciais ou lotes e campos coletivos a agricultura urbana em Havana acabou convertendo cerca de 35.000 hectares de terra em espaço produtivo e, desta forma retornando o controle da segurança alimentar ao nível nacional (Premat, 2012; Clouse, 2014).

Este exemplo reafirma a relevância em abordar a Provisão Alimentar neste trabalho, enquanto serviço ecossistêmico, assim como destaca as SBN como forma de promoção de desenvolvimento sustentável em vários níveis, como na promoção de uma economia circular, no equilíbrio ecossistêmico, na resiliência territorial.

5.4.3. Estoque e Sequestro de Carbono

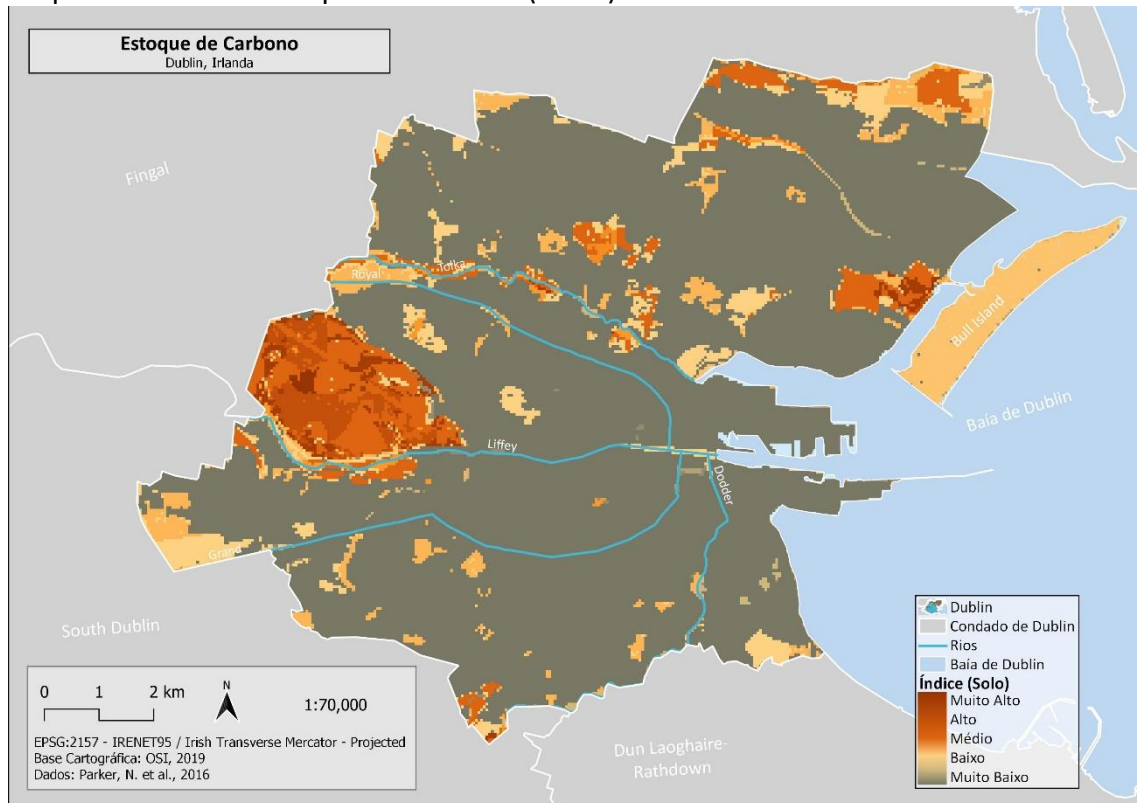
Estoque e Sequestro do Carbono refere-se a um dos ciclos biogeoquímicos mais importantes do planeta, elemento que é a base da vida como a conhecemos: o Ciclo do Carbono, que ocorre através da ciclagem do carbono, em uma dinâmica de trocas, fluxo e estoque do carbono entre a atmosfera, os oceanos e os organismos vivos através de processos de fotossíntese, composição, respiração e combustão.

O ciclo do carbono é uma das principais funções ecossistêmicas, expresso pela capacidade em capturar e armazenar o carbono pela vegetação, solos, sedimentos e conchas, sendo então considerado como um Serviço Ecossistêmico. Apesar de a captura e armazenamento não serem estoques estáticos, uma vez que se altera frente à evolução das paisagens, pode-se reter CO² por períodos tão longos quanto milênios.

Desta forma, a inclusão deste SE é fundamental neste trabalho, uma vez que o armazenamento do carbono representa um papel decisivo diante da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, evitando, desta forma, o aumento substantivo das temperaturas globais pelo efeito de estufa excessivo (Aduan et al., 2004; Deng et al., 2016; Gregg et al., 2021).

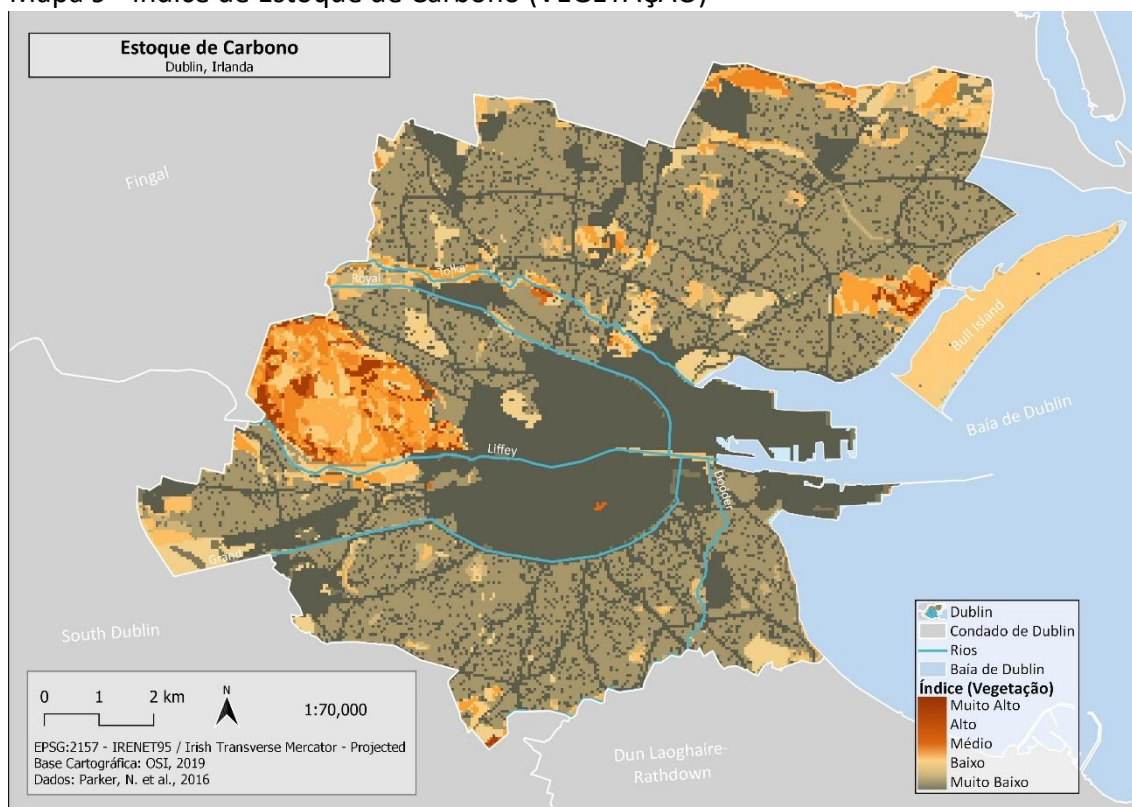
Considerando os dados *do National ecosystem and ecosystem service mapping pilot for a suite of prioritised services* (Parker et al. 2016), foram elaborados dois mapas: O primeiro diz respeito ao Serviço Ecosistêmico prestado pelo Solo, e o segundo pela Vegetação.

Mapa 8 - índice de Estoque de Carbono (SOLO)



Fonte: Parker et al., 2016, adaptado por Luiz Silva, 2022.

Mapa 9 - Índice de Estoque de Carbono (VEGETAÇÃO)



Fonte: Parker et al., 2016, adaptado por Luiz Silva, 2022.

Diante da dinâmica do Ciclo do Carbono - fluxo e estoque, os elementos da infraestrutura verde urbana desempenham papel principal como reservatórios de carbono. Grandes parques urbanos, ruas e avenidas arborizadas, jardins e qualquer outro espaço verde público ou privado, contribuem em alto grau para a regulação do clima global, armazenando e sequestrando gases do efeito estufa. Neste sentido, em Dublin, destacam-se os parques públicos como *Phoenix Park* e *Saint Anne's Park*, a Reserva Natural *Bull Island* e o *National Botanic Gardens*.

Em termos de armazenamento do carbono pelo solo, o mapa captura apenas a capacidade dos solos expostos de realizar o estoque ativo do CO² orgânico pela interação solo/vegetação. Considerando isso, apenas 16.7% da área de Dublin promove este tipo de SE, o que indica que 83.3% do solo está impermeabilizado, o que, segundo a Comissão Europeia (2012), representa uma das formas mais comuns de degradação do solo e esta, por sua vez, relacionada com o processo de urbanização: ruas, asfaltos,

calçada e construções que dificultam o armazenamento de carbono ao impor uma barreira entre a decomposição da matéria orgânica e o solo.

A impermeabilização do solo leva a uma simplificação excessiva do ecossistema urbano, onde a ciclagem de elementos é prejudicada e o crescimento da vegetação deprimida. As SbN, nesse contexto, tem o potencial de contribuir para a reversão deste cenário. Implantação de alternativas como pavimentos porosos e infraestruturas verdes diversas que propiciem o melhoramento da permeabilidade pode ser vital para revitalização deste Serviço Ecossistêmico (Newell et al., 2013; Mullaney et al. , 2015).

Já o segundo mapa ilustra o potencial de sequestro e estoque do carbono pela vegetação, onde se destaca que a vegetação associada a habitats permanentes, o SE é maior entre os espaços de alta biomassa, particularmente áreas arborizadas com espécies de folhas largas (Parker et al. 2016). Dublin apresenta, segundo valores estimados pelo projeto *Mapping Green Dublin*, cerca de 300.000 árvores que medem entre 5 m e 15 m de altura. Cerca de 40% destes são encontrados em parques públicos, como o Phoenix Park e o Saint Anne's Park, St Stephen's Green e ao longo de ruas e estradas, o restante encontra-se dividido em jardins e espaços privados maiores (Clavin et al., 2018).

A distribuição das árvores é extremamente variável. Para cada pessoa no município, há cerca de 0,55 árvores per capita espalhadas por uma área de 37 m² de área verde. As estatísticas são mais altas nas áreas periféricas e mais baixas no centro da cidade, o que pode ser observado no mapa, áreas em que o Serviço Ecossistêmico se destaca, onde a média de área verde por habitante em bairros residenciais circunda em torno de 13,5 m² e 0,41 de árvores. Este conjunto de árvores em Dublin têm capacidade de armazenamento estimada em 608.277t de CO² (ou 4955t CO² km²), que representa o valor de €12 milhões considerando os preços atuais de carbono (€20.00 por t CO²) (Clavin et al., 2018).

O mapa reforça os dados observados no projeto *Mapping Green Dublin*, uma distribuição das árvores de forma desigual pelo território do município, em contraste com o evidente potencial ecossistêmico dos grandes parques. Chama a atenção também

a baixíssima presença do SE na região central da cidade, que poderia ser uma área estratégica para a implementação de SBN, uma vez que as áreas centrais são as que mais concentram emissões, devido aos meios de transporte, essencialmente, onde árvores teriam um papel significativo de resposta a estes serviços ecossistêmico.

Para atingir objetivos de redução de CO² e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, o plantio de árvores deve ser considerado juntamente a outras medidas como a redução de tráfego e substituição das fontes de energia fósseis. Outras formas de SBN podem contribuir para a captura de CO², um exemplo seria a implantação de Telhados Verdes na região central, uma vez que boa parte das construções possuem telhados em ângulo reto, o que facilitaria sua implementação.

5.5. Privação Social

Entre os esforços deste trabalho em identificar áreas prioritárias para a implantação de Soluções Baseadas na Natureza em resposta aos desafios relacionados às Mudanças Climáticas, buscou-se identificar três elementos básicos: o quanto de SE está disponível atualmente, onde está distribuído espacialmente, e, desta forma a quem atende, isto é quem vive e tem acesso aos espaços com mais qualidade ecossistêmica.

Os benefícios que os SE têm para o bem-estar e a saúde física e mental são amplamente reconhecidos (*Millennium Ecosystem Assessment, 2005; World Health Organization, 2005; Akinsete et al., 2019*). Ao mapear os SE em Dublin, às duas primeiras questões foram se evidenciando, no entanto, a terceira pergunta, para quem, não tinha sido até então explorada.

Está indagação se justifica porque o acesso aos benefícios dos SE nem sempre está disponível para todos por diversas razões de ordens sociais, culturais, espaciais, econômicas e políticas, ou seja, uma complexidade de fatores que se inter-relacionam. Desta forma recorreu-se a incorporação de um índice de privação social, partindo do conceito de pobreza cunhada por (Townsend, 1979):

“Individuals, families and groups in the population can be said to be in poverty when they lack the resources to obtain the types of diet, participate in the activities and have the living conditions and amenities which are customary, or are at least widely encouraged or approved, in the societies to which they belong. Their resources are so

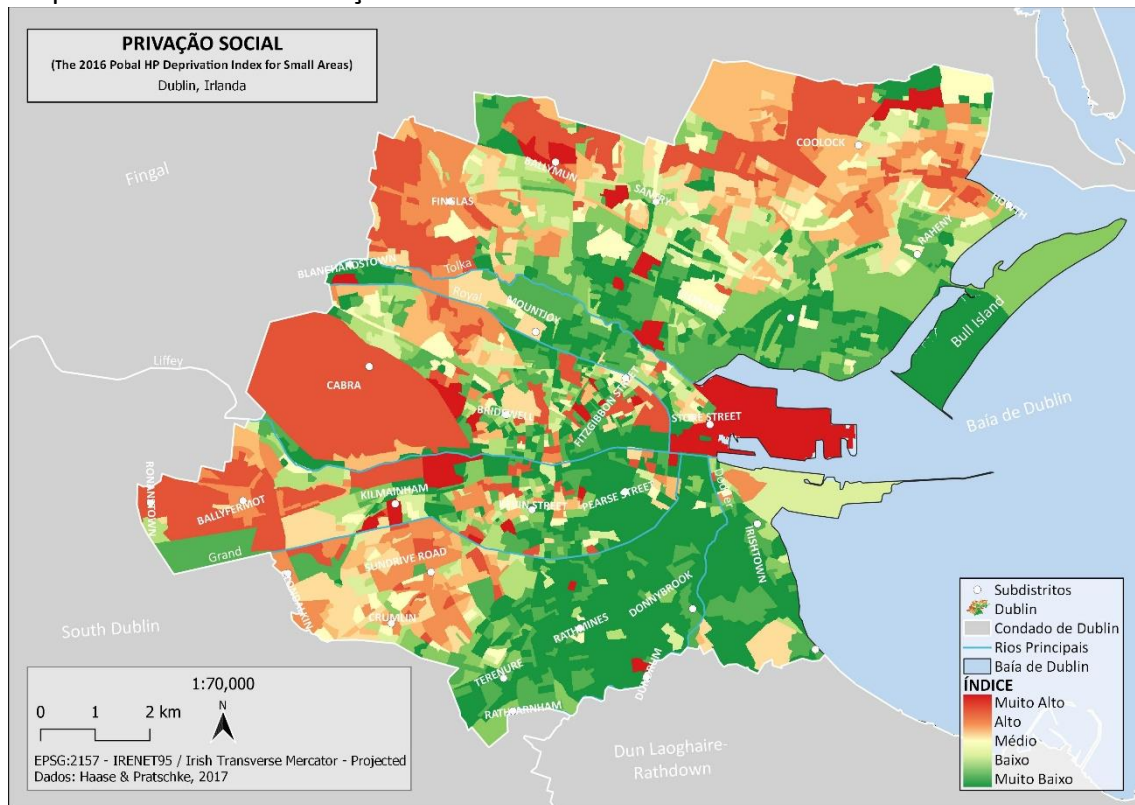
seriously below those commanded by the average individual or family that they are, in effect, excluded from ordinary living patterns, customs and activities” (Townsend, 1979, p. 30).

Considerando essa concepção, a pobreza é uma média relativa, onde a classificação de carência dos indivíduos é feita a partir dos recursos que as pessoas não possuem, ao invés dos quais possuem. Estes recursos não se resumem a renda, educação ou bom apoio social, mas incluem bens domésticos como máquina de lavar ou televisão, roupas, uma dieta adequada e nutritiva, acesso a uma vida social, ou seja, a pobreza é vista a partir de inúmeros recursos e amenidades as quais o indivíduo espera ter acesso. A noção de privação social reflete a condição em que indivíduos são privados daquilo que deveriam ter acesso em acordo com as normas da sociedade em que vivem.

Para responder a este desafio incorporou-se ao trabalho os dados do relatório do Índice de Privação Pobal HP de 2016 - *The 2016 Pobal HP Deprivation Index for Small Areas-SA*, elaborado por (Haase & Pratschke, 2016). O índice está baseado nos dados censitários de 2016, identificados e combinados em três dimensões: Perfil Demográfico, Composição de Classes Sociais e Situação do Mercado de Trabalho.

A partir desses dados foi obtido o mapa a seguir, no qual se evidencia a variação espacial do índice relativo de privação, que nos permite a sobreposição com os mapas dos Serviços Ecosistêmicos que compõem a cartografia final do trabalho, onde a questão para quem, estará articulada em defesa das áreas prioritárias de implementação das Soluções baseadas na natureza.

Mapa 10 – Índice de Privação Social



Fonte: Haase & Pratschke, 2016 - adaptado por Luiz Silva, 2022.

A inclusão da Privação Social no trabalho dá-se também na perspectiva de mitigar a possibilidade da implementação das SBN considerando apenas os aspectos físicos, que como apontam autores como (Anguelovski et al. 2018; Anguelovski et al. 2019), são comuns em áreas da cidade que existam interesses puramente econômicos, reforçando a exclusão social, como através de processos de gentrificação verde.

Considerar o Índice de Privação Social torna-se uma forma de incluir os moradores em situação de carência socioeconômica nos processos e planejamentos, mantendo os princípios de desenvolvimento sustentável que estão intrinsecamente ligados com o desenvolvimento humano. Desta forma, as intervenções espaciais a partir das Soluções Baseadas na Natureza tornam-se também ferramentas de integração e inclusão social nas cidades.

Desta forma, reunido todos os serviços ecossistêmicos e considerando os índices de privação social, a discussão desdobra-se agora naquilo que corresponde a última etapa deste trabalho, a Análise Hierárquica de Processos, onde os serviços apontados até aqui

são avaliados por especialistas, considerando suas percepções diante do que acreditam ser prioridades para implementação de SBN.

5.6. Análise Hierárquica de Processos

Os processos de tomada de decisão ao nível de planejamento urbano e ordenamento do território envolvem questões de múltiplas naturezas, expressos em cenários geográficos complexos, como o caso de estudo aqui proposto. Planejar intervenções espaciais, neste sentido, visa contemplar duas frentes: aspetos ambientais e aspetos sociais.

Isto é, contribuir para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas e ao mesmo promover ações de justiça socioambiental, através da conservação e recuperação dos Serviços Ecosistêmicos, amplificando as diversas funcionalidades das Soluções baseadas na Natureza, de forma justa, atingindo o maior número de pessoas, e que, entre estas, estejam as que apresentam maior grau de vulnerabilidade.

Para promover, em algum grau, estratégias que compreendam estas dinâmicas, este trabalho dedicou-se em transformar dados livres em informações úteis, através do mapeamento dos Serviços Ecosistêmicos relevantes e do índice de Privação Social, explorados mais detalhadamente nos subcapítulos anteriores.

De maneira que, até aqui, os resultados já constituem subsídios de suporte à decisão. Resultados desenvolvidos a partir do emprego de uma abordagem analítica espacial multicritérios que sintetiza as informações em mapas, os quais indicam a espacialização das áreas críticas por demanda para cada serviço a partir dos fatores ambientais. Em seguida o mapa de privação social, o qual traz dados acerca da vulnerabilidade e da justiça socioambiental ao trabalho, de modo a identificar a demanda, ou aptidão, das áreas para a implementação das Soluções Baseadas na Natureza de maneira estratégica.

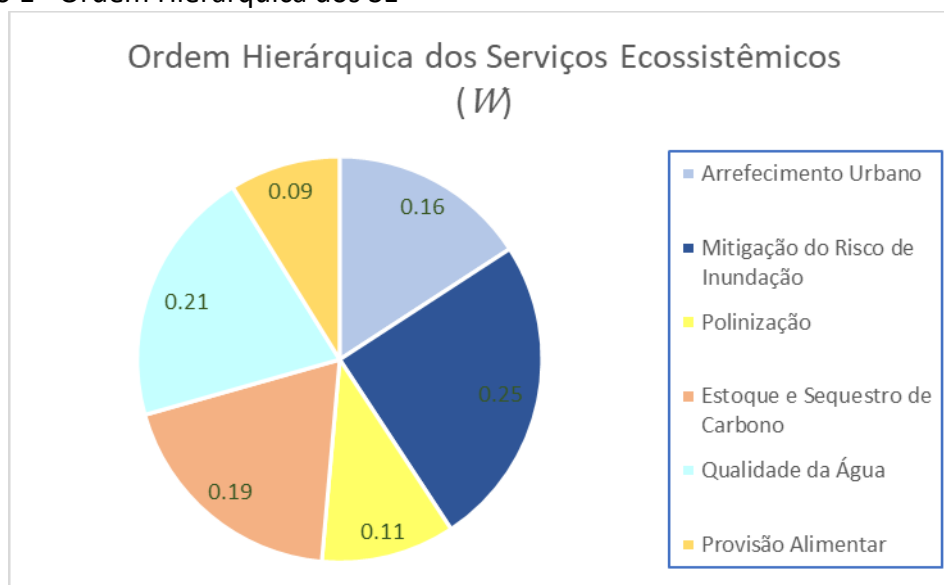
Ao adotar abordagens de avaliação por múltiplos critérios espaciais aumentamos as chances de tomar decisões mais assertivas, que representam, com maior amplitude, as diversas realidades do local. Contudo, neste momento, a fim de ampliar ainda mais a avaliação das áreas prioritárias para intervenção, consideramos a participação dos stakeholders, que está incorporada no método de Análise Hierárquica de Processos.

Esse método permite que sejam consideradas as expectativas das pessoas interessadas diante da avaliação que as mesmas fazem frente às alternativas disponíveis em relação aos serviços ecossistêmicos e de privação social. Essa inclusão corresponde ao que foi previsto no capítulo de métodos, e manifesta uma forma de tornar as ferramentas de apoio à tomada de decisão mais plurais, através de práticas de participação e engajamento.

Neste trabalho, optou-se por incorporar a participação de especialistas, por questões pragmáticas de tempo e produção da pesquisa, totalizando 25 participantes. Ressalta-se que idealmente, o método AHP deve incorporar o maior número de pessoas possível, entre elas, as mais diversificadas partes interessadas, visando resultados mais assertivos e democráticos que representam a pluralidade no processo decisório.

Como resultado a Análise Hierárquica de Processo produz um Autovalor (W) para cada critério, que são valores numéricos entre 0 a 1 que quando somados totalizam 1. Estes valores expressam um peso hierárquico, que demonstra o resultado em termos de importância relativa (Saaty, 1980). Com estes valores calculados, (W), a etapa seguinte consistiu na sobreposição dos mapas de Serviços Ecossistêmicos, que, por sua vez, resultam em uma cartografia de síntese dos critérios, apresentada no capítulo seguinte. A mesma etapa não foi necessária para os critérios sociais, que foram coletados já na forma do índice de Privação Social, que é, portanto, a síntese dos indicadores sociais que o compõem. Foram obtidos os seguintes (W) para os Serviços Ecossistêmicos:

Gráfico 1 - Ordem Hierárquica dos SE

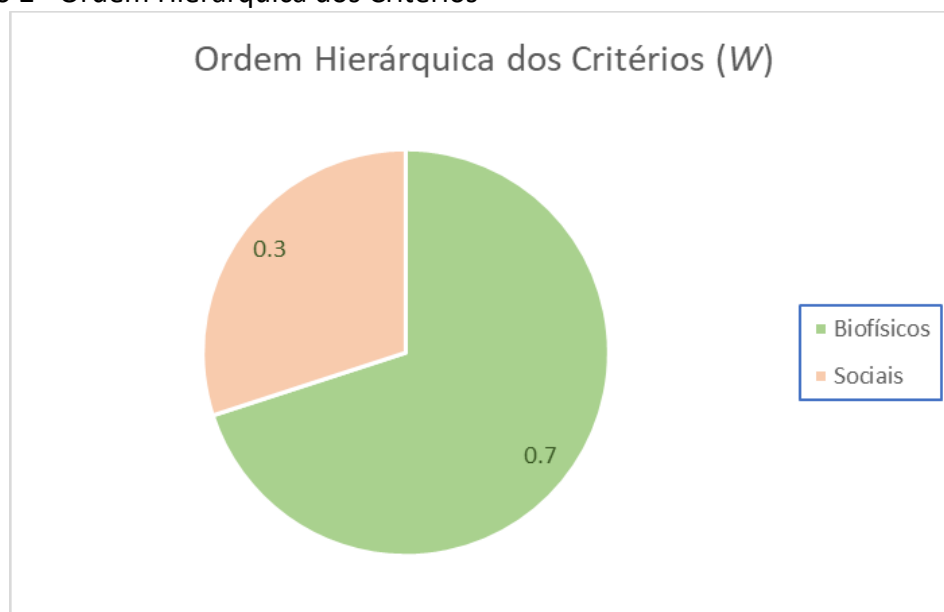


Luiz Silva, 2022

A partir destes resultados, percebe-se que os especialistas consultados demonstram maior preocupação com os serviços ecosistêmicos relacionados ao gerenciamento da água, principalmente em relação ao risco de inundação. Na sequência, demonstram maior relevância ao Estoque e Sequestro de Carbono e Arrefecimento Urbano, um indicativo de preocupação com o Aquecimento Global. Já a Polinização e Provisão alimentar apresentam porcentagens mais baixas, mas que, ainda sim, são representativas considerando a distribuição geral dos pesos hierárquicos, o que pode indicar, entre outras coisas, um reconhecimento por parte dos especialistas da não aptidão ou das dificuldades dos espaços urbanos para em relação à produção de alimentos.

Uma vez sobrepostos os SE, obtiveram-se duas camadas representando os dois grandes grupos deste trabalho os Ambientais (Demanda por Serviços Ecosistêmicos) e os Sociais (Privação Social), no qual agregaram-se os seguintes valores:

Gráfico 2 - Ordem Hierárquica dos Critérios



Luiz Silva, 2022

O gráfico representa o peso hierárquico de cada grupo, prevalecendo o grupo Ambiental (0,7) em relação aos Sociais (0,3), o que indica uma importância relativa maior ao primeiro grupo dado o objetivo do trabalho de promover um planejamento estratégico de SBN como um caminho possível de adaptação e mitigação das mudanças climáticas. O enquadramento analítico espacial multicritérios para orientar a decisão, aqui proposto através da AHP, torna-se relevante enquanto método, pois permite a incorporação de uma ampla gama de dados, e permite a interação entre os dados quantitativos, referente aos critérios que compõem os mapas, e qualitativos, refletidos, neste caso, na percepção dos especialistas, viabilizando diversas possibilidades de debate sobre o futuro do território, partindo da ciência, passando pela política para chegar a uma prática mais assertiva e democrática.

Geralmente, a abordagem espacial multicritérios desenvolvida neste estudo de caso se apresenta como uma ferramenta de carácter flexível como suporte à decisão, podendo ser facilmente ajustada para orientar políticas em escala local e regional em outras localidades para viabilizar a implementação das SBN. À medida que novas informações são disponibilizadas, necessidades surgem, ou fatores são identificados, novos critérios

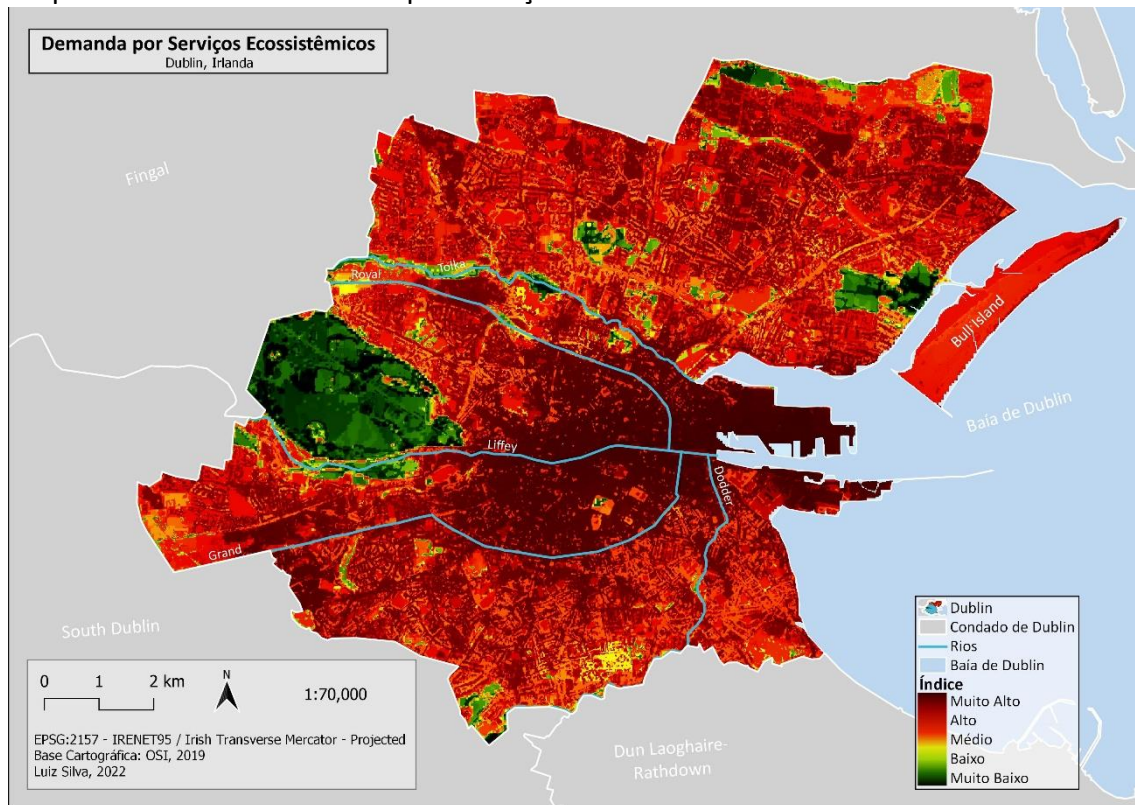
podem ser prontamente incorporados a AHP para melhorar a precisão dos resultados e ampliar o alcance multidimensional das decisões.

5.7. Demanda por Serviços Ecossistêmicos

Combinando os critérios ambientais e ponderando a sua relevância a partir do método AHP, o mapa a seguir representa o índice de demandas por SE. Isto é, a espacialização dos serviços no contexto atual de Dublin. A partir de percentagens obtidas pelos cálculos que viabilizaram o mapa, a alta presença de serviços ecossistêmicos corresponde a 11.23%, evidentemente associadas às estruturas verdes. Já 34.59% compreende ao valor médio, enquanto 54.14% representa baixo, o que indica que a maior parte do território possui falta de serviços ecossistêmicos.

A demanda por serviços ecossistêmicos está imediatamente associada às dinâmicas dos espaços urbanizados, que promovem a degradação de recursos naturais, com efeitos irreversíveis a longo prazo. De forma que, representam, no que lhe concerne, áreas com maiores demandas por serviços ecossistêmicos. (Xie et al., 2017; Zanardo et al., 2019; Andersson, 2021).

Mapa 11 - Índice de Demanda por Serviços Ecosistêmicos



5.8. Demanda por Soluções Baseadas na Natureza

Considerando a discussão feita até aqui em torno da crise climática, novas e mais sustentáveis formas de produção do espaço tornam-se cada vez mais emergentes, e necessárias. Políticas públicas, de nível local e global, devem, portanto, intervir no espaço a partir da lógica da adaptação e mitigação de riscos. Neste sentido, as decisões devem, cada vez mais, incorporar diferentes estratégias a fim de obter resultados mais assertivos e eficazes.

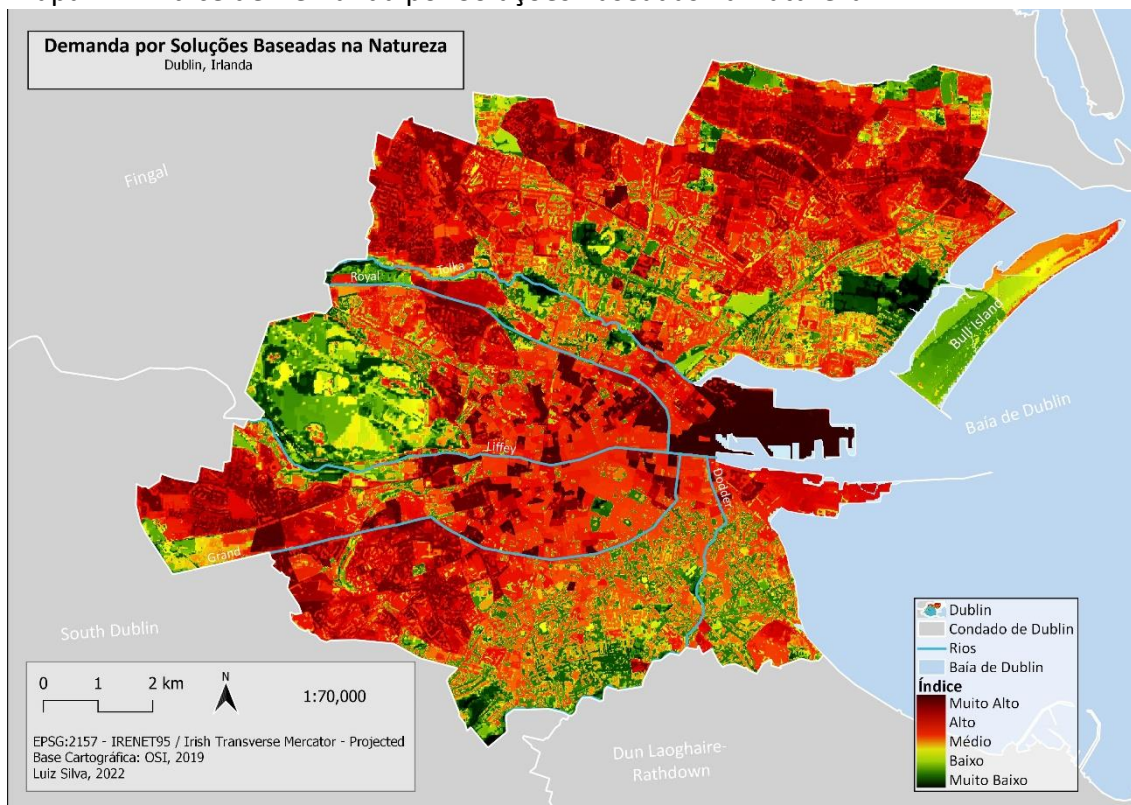
É sob essa premissa que esse trabalho se inscreve. Após a coleta, processamento e análise dos dados anteriormente apresentados através do mapeamento dos critérios estabelecidos, aplicação do método AHP para a sistematização dos critérios e então devidamente ponderados e hierarquizados, nessa fase, chegamos ao resultado final. Um resultado que consiste em um mapa que representa um índice de Demanda por Soluções Baseadas na Natureza (Mapa 12). Esse índice representa uma ferramenta de suporte à decisão. Construída a partir do enquadramento analítico espacial de decisão

multicritério, onde sistematizaram-se diversos aspectos do território em uma ordem lógica guiada pela sobreposição geomática dos dados e em consonância com a percepção de especialistas.

A Análise de Decisão Espacial Multicritério utilizada neste trabalho, representa uma ferramenta recorrente diante da implementação de Soluções Baseadas na Natureza, entretanto sua aplicação tem sido, como aponta (Croeser et al., 2021), limitada geralmente a apenas um Serviço Ecossistêmicos. Para contrapor essa limitação, o trabalho propõe a inclusão de múltiplos Serviços Ecossistêmicos, bem como indicadores sociais, desta forma não buscamos qual SBN deve ser implementada, mas sim onde, explorando as áreas prioritárias, portanto decisões mais efetivas.

O mapa sintetiza os aspectos sócio-ambientais, indicando as áreas mais vulneráveis, considerando o território e o sistema socioecológico de Dublin. Áreas mais suscetíveis às mudanças climáticas, mas que, em simultâneo, representam áreas oportunas para a implantação de soluções baseadas na natureza, nas quais, eventuais recursos alocados podem exercer impactos imediatos e multidimensionais. Seja no meio ambiente, através da recuperação dos SE, ou de justiça ambiental e climática. Desta forma, o mapa a seguir reúne informações de suporte científico às decisões de adaptação e mitigação das mudanças climáticas e a redução das injustiças sociais sistêmicas.

Mapa 12 - Índice de Demanda por Soluções Baseadas na Natureza



De acordo com as estatísticas geradas a partir do mapa, 2.4% do território de Dublin representa uma demanda muito alta por SbN. Nomeadamente Store street; principalmente as áreas North Dock B e C, algumas áreas no centro como Royal Exchange A e B, Inns Quay C e Arran Quay C, bem como a região de Bridewell, incluindo Merchants Quay A Ushers B no SD de Kevin Street; e Mansion House A no SD de Pearse Street.

Pouco mais da metade da área total, ou seja, 51.6% do território apresenta uma alta demanda por Soluções Baseadas na Natureza, principalmente na região central (Pearse Street, Kevin Street, Bridewell, Fitzgibbon Street) a região sudoeste (Sundrive Road, Crumlin, Ballyfermot, Clodalkin, Ronantown), e o norte (Finglas, Ballymun, boa parte de Santry, Coolock, e a região norte de Raheny).

Já 37.6% do território foi classificado com baixa demanda por SBN. Nomeadamente, Clontarf, boa parte de Santry e Mountjoy, Cabra, boa parte de Ballyfermot, Terenure, Rathmines, Donnybrook, boa parte de Irishtown e Blackrock, e também algumas áreas

na região central, principalmente aqueles nas proximidades de grandes infraestruturas naturais como St. Stephen's Green Park, Iveagh Gardens, Merrion Square Park, Trinity College Dublin, e Fitzwilliam Square. Enquanto 8.3% do território foi classificado com muito baixa demanda, onde a implementação de SBN não deve ser considerada prioritária.

Entre as áreas que se encontram bem providas quanto aos Serviços Ecológicos e de Privação Social, os indicadores sociais que integraram os dados do mapa apontam maior nível de instrução formal, com pessoas integradas ao mercado de trabalho, e que, por sua vez, vivem em áreas com melhor qualidade ambiental, nomeadamente Rathmines, Terenure e Raheny. Em geral, é possível identificar três eixos principais que apresentam boa qualidade de serviços ecológicos: 1. O sul do município Terenure, Rathmines, Donnybrook e boa parte de Irishtown; 2. A região do Phoenix Park, que se destaca especialmente por sua dimensão; 3. Leste-Oeste, começando em North Bull Island, passando por Raheny, Clontarf e partes de Santry e Mountjoy.

Considerações Finais

O trabalho parte de um enquadramento teórico, através da revisão de literatura em torno dos conceitos relativos às mudanças climáticas, passando pela sua relação causal com o processo de urbanização, as disrupturas ecológicas geradas por esse, seguindo para as possíveis formas de enfrentamento do problema por uma abordagem baseada, não só na conservação da atual infraestrutura natural, mas por sua ampliação por meio da incorporação de intervenções espaciais que tenham como base a recuperação de ecossistemas e, conseqüentemente, os serviços ecológicos, através das Soluções Baseadas na Natureza.

Desse modo, discutiu-se a relevância da implementação de SBN enquanto estratégias para tornar as cidades mais resilientes diante dos desafios impostos pelas Mudanças Climáticas. Vale ressaltar que este trabalho foi realizado durante o período de mobilidade ERASMUS+ na University College Dublin, onde compus a equipe de pesquisadores do Spatial Dynamics Lab, sob a coordenação do Doutor Francesco Pilla, o que imediatamente refletiu na escolha da localidade do estudo.

Partindo dessa problemática, foi proposto um estudo de caso em que buscou-se responder à seguinte indagação “Quais são as áreas em Dublin onde as Soluções Baseadas na Natureza são mais necessárias?”. Ou seja, do ponto de vista estratégico e em um contexto de urgência, e de limitação de recursos, quais seriam os lugares mais assertivos para a implementação das SBN? Como poderíamos proceder para atingir múltiplos objetivos de desenvolvimento territorial sustentável no processo de tomada de decisão?

De modo a responder estas questões, partimos de uma abordagem metodológica Análise Espacial Multicritério de Suporte à Decisão, a qual incluiu a aplicação do método AHP, visando a sistematização das informações. Nessa fase também recorreu a ferramentas SIG (QGIS) e de mapeamento de Serviços Ecossistêmicos (InVEST), para o processamento de dados. As escolhas metodológicas foram orientadas pelo reconhecimento da desigualdade de acesso à informação e recursos para a elaboração de planos estratégicos ao nível mundial como local, priorizando, portanto, dados e ferramentas disponíveis gratuitamente.

Ainda que o trabalho represente um estudo de caso num dado contexto – Dublin - reconhecemos que a abordagem Espacial Multicritérios desenvolvida neste caso de estudo se apresenta como uma ferramenta de carácter flexível, podendo ser facilmente ajustada para orientar políticas tanto em escala local e regional de outras cidades no mundo, e, desta forma, viabilizar a implementação das SBN de maneira mais eficaz, promovendo a conservação e ampliação da infraestrutura natural como fonte de Serviços Ecossistêmicos. Assim como, as ferramentas utilizadas demonstraram um bom nível de acessibilidade, permitindo a parametrização utilizando dados já prontos como imagens de satélites gratuitamente disponíveis e dados coletados de revisão de literatura.

Em um primeiro momento foi realizada a caracterização de seis Serviços Ecossistêmicos chaves para atingir metas e objetivos de Adaptação e Mitigação, assim como promover o desenvolvimento sustentável. Três deles - Arrefecimento Urbano, Mitigação do Risco de Inundação e Polinização - foram caracterizados a partir dos modelos do *software* InVEST. Outros três - Qualidade da água, Estoque de Carbono e Provisão Alimentar - a

partir do banco dos dados do *“The National Ecosystem and Ecosystem Services Mapping Pilot for a Suit of Prioritised Service”* (Parker et al, 2016). Adicionalmente incorporaram-se aspectos da dimensão Social, através de um Índice de Privação Social (Haase & Pratschke, 2016).

A partir disso, os dados obtidos e processados deram origem aos mapas de critérios que foram ponderados e hierarquizados através da aplicação do método AHP, onde foi realizada a Comparação Pareada entre critérios a partir do julgamento de especialistas, o que viabilizou, primeiro a sobreposição dos critérios ambientais para gerar um mapa de demanda por Serviços Ecosistêmicos e por último, agregou-se os critérios sociais, na forma do índice de privação social.

Os resultados produzidos se dividem em dois momentos. Primeiramente, um Índice de Demanda por Serviços Ecosistêmicos, a partir da análise espacial dos fatores ambientais, que viabilizou refletir sobre a quantificação e distribuição dos benefícios dos Serviços Ecosistêmicos no território de Dublin.

Em um segundo momento estes resultados foram combinados com Índice de Privação Social, o qual apresenta indicadores sociais que representam considerando a espacialização, viabilizando, portanto, o desenvolvimento de um Índice por demanda de Soluções Baseadas na Natureza, resultado final.

Este índice permitiu refletir sobre as áreas prioritárias para a implementação das Soluções Baseadas na Natureza em Dublin. Além disso, estão incorporados aos dados a percepção dos especialistas, ampliando o embasamento das informações para uma dimensão participativa, correspondendo aos objetivos da pesquisa que reconhece nas ferramentas de suporte à decisão uma forma de ampliação do debate em torno das mudanças climáticas, a visibilidade da importância dos serviços ecosistêmicos e a inclusão das pessoas nos processos de planejamento e de decisões para que as políticas públicas possam ser, para além de assertivas do ponto de vista técnico, mais democráticas.

Pontualmente, o resultado final indica que a maior parte do território de Dublin apresenta falta de Serviços Ecosistêmicos, somando 88.73%. Áreas que são evidentemente mais urbanizadas, indicando que a urbanização leva a degradação de

recursos naturais e por consequência a perda de Serviços Ecossistêmicos. Já 11.23% do território de Dublin apresenta níveis considerados de Serviços Ecossistêmicos, que estão, por sua vez, associados à existência de estruturas verdes. Além da espacialização dos Serviços Ecossistêmicos, estão incorporados também os dados sociais, que, no que lhe concerne, indicam as regiões em que a implantação de Soluções baseadas na Natureza cumprem, para além do melhoramento e recuperação dos Serviços Ecossistêmicos, um desenvolvimento socioambiental sustentável, que integra os grupos vulneráveis aos riscos das mudanças climáticas.

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa e das diferentes fases enunciadas o trabalho enfrentou algumas limitações. Em relação ao mapeamento, por exemplo, a indisponibilidade de dados mais específicos em relação à área de estudo ou camadas raster de baixa resolução, o que pode refletir na precisão da caracterização dos Serviços Sistêmicos. A falta de modelos que caracterizam os Serviços Ecossistêmicos Culturais também refletiu na impossibilidade de uma caracterização mais específica que contemplasse as quatro categorias de serviços elencados pela MEA (2016) - Provisão, Regulação, Suporte e Cultura - onde os aspectos culturais são contemplados no trabalho apenas naquilo que corresponde às infraestruturas naturais, uma vez que os elementos de natureza no contexto urbano contribuem para a construção estética do espaço que, por sua vez, estão relacionadas com a cultura, no caso de Dublin os parques Phoenix e Stephen's Green, por exemplo, são feições territoriais que cumprem o papel ambiental e estético-cultural.

Por se focar nas áreas urbanas de Dublin, o trabalho não incorporou as dinâmicas costeiras nos resultados. Primeiramente porque quase todas as camadas de entrada para o mapeamento dos SE através do InVEST não continham as informações requeridas pelo *software* para o ambiente marinho. Também pelo fato de que os SE incorporados pelo *National Parks Wildlife Service* contempla apenas as dinâmicas terrestres, o que, consequentemente, reflete no reconhecimento de serviços ecossistêmicos restritos a estas dinâmicas, como a polinização e a mitigação do risco de inundação, por exemplo. A aplicação do método AHP também refletiu alguns desafios no desenvolvimento da pesquisa. Imediatamente a falta de uma plataforma gratuita mais intuitiva e user

friendly, uma vez que a interface utilizada foi pouco percebida entre os participantes, que pontuaram a dificuldade em seu uso. Esse fator acaba limitando o alcance e engajamento entre os participantes. Em tempo, consideramos também que a quantidade de participantes, ainda que eficaz para o trabalho que tem caráter exploratório, deve ser amplificada, principalmente se considerada em processos reais de tomada de decisão.

Para além da dissertação a proposta amplificou-se em um projeto paralelo que foi submetido ao “*Dublin Climate Action Challenge*”, e, por sua vez, escolhido enquanto finalista. A participação no desafio possibilitou a discussão dos resultados e troca de conhecimentos com autoridades locais e especialistas, assim como promoveu e aumentou a visibilidade da pesquisa. O desafio foi encerrado após a apresentação pública entre os participantes e ocorreu durante a semana climática de Dublin.

Entre as considerações do que pode ser explorado em situações futuras do desenvolvimento do trabalho está a inclusão de mais critérios, que aumentariam o grau de assertividade do trabalho, como, por exemplo, dados referentes à qualidade do ar, ou de redução de ruídos. Uma abordagem temporal também poderia representar um enriquecimento dos resultados, onde os serviços ecossistêmicos, em diferentes momentos, poderiam indicar alguns padrões e informações que permitam projetar situações futuras.

De maneira que o percurso do desenvolvimento deste trabalho nos permitiu refletir em torno de informações relevantes que não apenas descrevem os serviços ecossistêmicos em um dado contexto, mas que tem o potencial de serem incorporadas nos processos decisórios e de planejamento de cidades. Acaba também por se configurar enquanto um modelo de processo metodológico, reduzindo as distâncias entre a Ciência e Prática, principalmente em contexto geográficos onde os efeitos das mudanças climáticas são mais fortes, como nos centros urbanos, ou, ao mesmo tempo, onde o acesso à informação e ferramentas são mais limitados. Assumimos também que pensar o planejamento urbano considerando o pano de fundo da crise ambiental envolve para além de Ciência e Prática, ou seja, do conhecimento técnico, a Política, e a necessidade

de ampliar, aproximar e facilitar a interação entre estes eixos de discussão entre teoria, método, e sua concretização prática por meio da tomada de decisão.

O trabalho incorpora informações de diferentes frentes: biofísicas, espaciais, de uso do solo, ambiental e econômicas, ressaltando os critérios que devem ser pensados diante de um planejamento estratégico eficaz que visa a adaptação das condições consequentes das mudanças climáticas, e que, ao mesmo tempo, contemple os desafios sociais e econômicos como a pobreza, a saúde da população, acesso à água e saneamento. Também está incorporado a componente participativa, que reforça a importância em envolver o público nos processos de planejamento para que os interesses e valores da comunidade local sejam incorporados nestes processos, que acaba por reimaginar e redesenhar as relações socioecológicas de maneira mais sustentável, onde a inclusão do público na distribuição de recursos e mitigação de riscos de forma equivalente representa uma das principais componentes na concepção das Soluções Baseadas na Natureza.

Este trabalho buscou também contemplar os conteúdos vistos neste ciclo de estudos e as habilidades e competências adquiridas durante o curso do mestrado, desta forma, o mesmo desenvolveu-se sobre o prisma dos Riscos, Cidades e Ordenamento do Território e sobretudo sobre o olhar da Geografia.

Referências Bibliográficas

ALBERTI M. - The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function. *International Regional Science Review*, 2005. pp. 168-192. doi:10.1177/0160017605275160.

ALBERTI, M.; MARZLUFF, J. M.; SHULENBERGER, E.; BRADLEY, G.; RYAN, C.; ZUMBRUNNEN, C. - Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *Bioscience*, 2003. p.p. 1169–1179. doi: 10.1641/0006-3568. p. 1169–1179

ADUAN, R. E.; VILELA, M. de F.; REIS JÚNIOR, F. B. dos - Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

AKINSETE, EBUN; APOSTOLAKI, STELLA; CHATZISTAMOULOU, NIKOS; KOUNDOURI, PHOEBE; TSANI, STELLA - The Link between Ecosystem Services and Human Wellbeing in the Implementation of the European Water Framework Directive: Assessing Four River Basins in Europe. *Water*, 2019. 11. 508. 10.3390/w11030508.

ALI, B.- HSBC and Pollination's natural capital JV - What's the latest?. 2022

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. - Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*. Food and Agriculture Organization, Rome, 1998.

All-Ireland Pollinator Plan 2021-2025. National Biodiversity Data Centre Series No. 25, Waterford, 2021.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE - Prevention of Thermal Injuries During Distance Running. *Medicine and Science in Sports & Exercise*. 1984. <https://doi.org/10.1249/00005768-198410000-00017>

ANDERSSON, E. - Reconnecting cities to the biosphere: Stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services - where did it come from and what happened next?. *Ambio* 50, 2021.P.p. 1636–1638. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01515-z>

ANDRADE, L. M. S.; MELO, B. B. P; VIANA, A. P. - Desenhando com a água no meio urbano - padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente. *Anais do SBE16 Brazil & Portugal*, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil, p.p. 7-9, 2016. Disponível em: <http://sbe16.civil.uminho.pt/app/desenhandocom-a-agua->

no-meio-urbano-padroes-espaciais-de-infraestrutura-ecologica-e-crescimentourbano-inteligente/

ANGUELOVSKI, ISABELLE; CONNOLLY, JAMES J.; GARCIA-LAMARCA MELISSA; COLE HELEM, PEARSALL, HAMIL - New scholarly pathways on green gentrification: What does the urban 'green turn' mean and where is it going? *Progress in Human Geography*. 2019;43(6):1064-1086. doi:10.1177/0309132518803799

ANGUELOVSKI, ISABELLE; CONNOLLY, JAMES; BRAND, ANNA LIVIA - From landscapes of utopia to the margins of the green urban life, *City*, 22:3, 2018.P.p. 417-436, DOI: 10.1080/13604813.2018.1473126

AQUINO, ADRIANA MARIA DE; ASSIS, RENATO - Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. *Ambiente & Sociedade*, 2007. 10. 10.1590/S1414-753X2007000100009.

ARÉVALO, P. A.; BAGGETHUN, E.G.; LÓPEZ, B. M.; RINCÓN, M. - Widening the Evaluative Space for Ecosystem Services: A Taxonomy of Plural Values and Valuation Methods. *Environmental Values*, 2018 pp. 27. doi: 10.3197/096327118X15144698637513

ARSENOVIC, DANIELA - Climate and population in Central Europe: results for temperature-related mortality in Novi Sad, 2019. 10.18267/pu.2019.ars.2302.6.

ARTMANN M.; SARTISON, K. - The Role of Urban Agriculture as a Nature-Based Solution: A Review for Developing a Systemic Assessment Framework. *Sustainability*. 2018; 10(6):1937. <https://doi.org/10.3390/su10061937>

ARTMANN, M.; SARTISON, K. - The Role of Urban Agriculture as a Nature-Based Solution: A Review for Developing a Systemic Assessment Framework *Sustainability*, 2018. pp. 1-32 doi: 10.3390/su10061937

ASHLEY, R.; LUNDY, L.; WARD, S.; SHAFFER, P.; WALKER, A.; MORGAN, C.; MOORE, S. - In Water-sensitive urban design: Opportunities for the UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 2013. pp. 65–76.

ASIAN DEVELOPMENT BANK - Nature-Based Solutions for Sustainable and Resilient Mekong Towns. Volume 1 of the Resource Kit for Building Resilience and Sustainability in Mekong Towns. Prepared by the International Centre for Environmental Management (ICEM) for the Asian Development Bank and Nordic Development Fund, Manila, 2015.

BANCO MUNDIAL - South Asia Climate Change Strategy. Washington, DC: Banco Mundial, 2008.

BANERJEE, O.; VARGAS, R.; CICOWIEZ, M. - Inter-American Development Bank Environment, Rural Development and Risk Management Division December 2020 Integrating the Value of Natural Capital in Evidence - based Policy Making. 2020

BARTON, H., Grant, M. - A health map for the local human habitat. *The Journal for the Royal Society for the Promotion of Health*, 126, 2006. pp. 252-253. ISSN 1466-4240

BARTON, M. - Nature-based solutions in urban contexts: A case study of Malmö, Sweden, 2016.

BASTOCK, J.; WHITFELD, P.; CLOUGH, J.; CONNOP, S. - SUDS Guidance: London Borough of Tower Hamlets, Borough of Tower Hamlets, 2014.

BASU, RUPA; OSTRO, BART D. - A Multicounty Analysis Identifying the Populations Vulnerable to Mortality Associated with High Ambient Temperature in California, *American Journal of Epidemiology*, Volume 168, Issue 6, 15 September 2008, Pages 632–637, <https://doi.org/10.1093/aje/kwn170>

BERGHOFER, Augustin et al. (2011). TEEB Manual for cities: Ecosystem services in urban management. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*.

BLACMORE, L. M.; GOULSON, D. - Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. *Volume7, Issue5*. 2014. <https://doi.org/10.1111/icad.12071>

BRAAT, L. - Five reasons why the Science publication “Assessing nature’s contributions to people” (2018) (Diaz et al. 2018) would not have been accepted in *Ecosystem Services*. *Ecosystem Services*. 30. [10.1016/j.ecoser.2018.02.002](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.002).

BRAUMAN, K.; DAILY, G.; DUARTE, T.; MOONEY, H. - The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annu Rev Environ Resour*, 32: 67–98. [Crossref], [Web of Science®], [Google Scholar] 2007

BURGE, K.; BROWNE, D.; BREEN, P.; WINGAD, J. - Water sensitive urban design in a changing climate: Estimating the performance of WSUD treatment measures under various climate change scenarios. *WSUD 2012: Water sensitive urban design; Building*

the water sensitive community; 7th international conference on water sensitive urban design. Engineers Australia, 2012. p. 119–126.

BUTLER, D.; PARKINSON, J. - Towards sustainable urban drainage. *Water science and technology*, 1997. p.p. 53–63.

CANE, JAMES H. - The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12, 1997: 8-17.

CANET-MARTÍ, A.; PINEDA-MARTOS, R.; JUNGE, R.; BOHN, K.; PAÇO, T.A.; DELGADO, C.; ALENĆIKIENE, G.; SKAR, S.L.G.; BAGANZ, G.F.M. - Nature-Based Solutions for Agriculture in Circular Cities: Challenges, Gaps, and Opportunities, *Water*, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13182565>

CHRISTIE M.; FAZEY, I.; COOPER, R.; HYDE, T.; KENTER, J.O. - An evaluation of monetary and non-monetary techniques for assessing the importance of biodiversity and ecosystem services to people in countries with developing economies. *Ecological Economics*, 2012. 67–78.

Clary, J. et al. - International Stormwater BMP Database 2016 summary statistics. *Water Environment & Reuse Foundation*. Alexandria, Virginia, 2017.

CLAVIN, ALMA; MOORE-CHERRY, NIAMH; MILLS GERALD - Mapping Green Dublin: Strategic Pathways to Community-led Greening, Prepared for the Environmental Protection Agency, 2018.

CLOUSE, C. - Farming Cuba: Urban Agriculture from the Ground Up. New York: Princeton Architectural Press, 2014.

COHEN-SHACHAM, E. et al.- Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN, Gland, Switzerland, v. 97, 2016.

COMISSÃO EUROPEIA - Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2012. ISBN 978-92-79-26222-7 doi:10.2779/88588. p.p. 62.

COMISSÃO EUROPEIA. Estratégia de Biodiversidade da UE para 2020, (2011).

COSTA, H. G. - Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; De Groot, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B. et al. - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387,1997. 253–260.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. - Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v. 28, pt. A, p. 1-16, Dec. 2017. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008.

CROESER, T.; GARRARD, G.; SHARMA, R.; OSSOLA, A.; BEKESSY, S. - Choosing the right nature-based solutions to meet diverse urban challenges, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 65, 2021. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127337>.

CROSS, J.R. - Ireland's Woodland Heritage. Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, 2012.

DAI, L.; RIJSWICK, H. F. M. W. V.; DRIESSEN, P. P. J.; KEESSEN, A. M. - Governance of the sponge city programme in China with Wuhan as a case study. *International Journal of Water Resources Development*, 34(4), 2018. p.p. 578–596.

DAILY, G. C. - Nature's services: societal dependence on natural ecosystems, 1997. ISBN 1-55963-475-8. p.p.3

DAVIS, A. Y.; LONSDORF, E. V.; SHIERK, C.R.; MATTESON, K. C.; TAYLOR, J.R.; LOVELL, S.T.; MINOR, E. S. - Enhancing pollination supply in an urban ecosystem through landscape modifications, *Landscape and Urban Planning*, 2017. Volume 162, Pages 157-166, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.011>.

DAVIS, A.P. et al. (2001). Laboratory study of biological retention for urban stormwater management. *Water Environment Research*, 73(1): 5–14.

De CARLI, M.; BERNARDI, A.; CULTRERA, M.; DALLA, S. G.; Di BELLA, A.; EMMI, G.; GALGARO, A.; GRACI, S.; MENDRINOS, D.; MEZZASALMA, G.; PASQUALI, R.; PERA, S.; PEREGO, R.; ZARRELA, A. - A Database for Climatic Conditions around Europe for Promoting SHP Solutions. *Geosciences*, 8, 71, 2018. <https://doi.org/10.3390/geosciences8020071>.

DE GROOT, R. S. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist*, v. 7, n. 2, p. 105-109, Jun. 1987. DOI: 10.1007/BF02240292.

DE GROOT, R. S.; BRAAT, L.; COSTANZA, R. A short history of the ecosystem services concept. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). *Mapping ecosystem services*. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. cap. 2.1, p. 31-34.

DEFOE, P.P.; Hettiarachchi, G.M.; Benedict, C.; Martin, S. - Safety of gardening on lead- and arsenic-contaminated urban brownfields. *J. Environ. Qual.*, 43 (6) (2014), pp. 2064-2078, 10.2134/jeq2014.03.0099

DENG, L., et al., 2016. Global patterns of the effects of land-use changes on soil carbon stocks. *Global Ecology and Conservation*, 5, 127-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2015.12.004>

DENNEDY-FRANK, P.; MUENICH, REBECCA; CHAUBEY, INDRAJEET; ZIV, GUY - Comparing two tools for ecosystem service assessments regarding water resources decisions. *Journal of Environmental Management*. 177, 2016. 331-340. 10.1016/j.jenvman.2016.03.012.

EEA: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016— An indicator-based report, Report 15/.,(2017). Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe - Enhancing coherence of the coherence of the knowledge base.

EHRlich, P. R.; MOONEY, H. A. - Extinction, substitution, and ecosystem services. *BioScience*, v. 33, n. 4, 1983. DOI: 10.2307/1309037. p.p. 248-254

ELMQVIST, T., SETALA, H., HANDEL, S.N., VAN DER PLOEG, S., ARONSON, J., BLIGNAUT, J.N., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., NOWAK, D.J., KRONENBERG, J., De Groot, R. - Benefits of restoring ecosystem services in urban areas, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 14, 2015, Pages 101-108, ISSN 1877-3435, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>.

ESTRELLA, M.; RENAUD, F. G.; SUDMEIER-RIEUX, K. - Opportunities, challenges and future perspectives for ecosystem-based disaster risk reduction, in *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*, 2013. pp. 437–456.

ESTRELLA, M.; SAALISMAA, N. - Ecosystem-based disaster risk reduction (Eco-DRR): An overview, in *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*, edited by F. G. Renaud, K. Sudmeier-Rieux, and M. Estrella, 2013. pp. 26–54.

EUROPEAN COMMISSION - Nature- Based Solutions and Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities, 2015.

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Herzog, C., Antuña Rozado, C., *Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza : contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes*, Freitas, T.(editor), Enfedaque, J.(editor), Wiedman, G.(editor), Publications Office of the European Union, 2019, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/172968>

EUROPEAN COMMISSION, Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises, *Nature-based solutions : Horizon 2020 NBS research projects tackle the climate and biodiversity crisis*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2826/055643>

EUROPEAN COMMISSION: *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final Report of the Horizon2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities*. Brussels: European Commission, 2015.

EUROPEAN UNION - DIRECTIVE 2007/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, *On the assessment and management of flood risks*, 2007.

EVERETT, G.; LAWSON, E. LAMOND, J. - Green infrastructure and urban water management. In: D.Sinnett et al. (Eds.) *Handbook on Green Infrastructure*: Edward Elgar Publishing, 2015. p.p. 50-66

FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; De BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJNE, S. - Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges, *Environ. Res.*, 159, 2017. p.p. 509–518, doi:10.1016/j.envres.2017.08.032.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO - The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M. - Marco referencial em serviços ecossistêmicos, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2019. 160 p. : il. color. ISBN 978-85-7035-909-4

FRAGA, R. G. - Soluções baseadas na Natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras, 2020.

FREE, J.B. - Insect Pollination of Crops. 2nd Enlarged Edition, Academic Press, London, 684, 1993.

FREE, J.B. - Insect pollination of crops. Academic Press, London, 1993.

GAMBLE, JANET L.; HURLEY, BRADFORD J.; SCHULTZ, PETER A.; JAGLOM, WENDY S.; KRISHNAN NISHA; HARRIS, MELINDA - Climate Change and Older Americans: State of the Science, Vol. 121, No. 1, 2013. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205223>

Global Analysis, Integration and Modelling Task Force (GAIM), 2002.

GODDARD, M.; DOUGILL, A.; BENTON, T. - Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in ecology & evolution*, 2009. 25. 90-8. [10.1016/j.tree.2009.07.016](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016).

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C. - The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, v. 69, n. 6, p. 1209-1218, Apr. 2010. DOI: [10.4103/0972-4923.125752](https://doi.org/10.4103/0972-4923.125752).

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C. -The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, v. 69, n. 6, p.Pp. 1209-1218, 2010. DOI: [0.4103/0972-4923.125752](https://doi.org/10.4103/0972-4923.125752).

GORENER, ALI- Comparing AHP and ANP: An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company. *International Journal of Business and Social Science*. 3, 2012.

GREGG, R.; ELIAS, JESSICA; ALONSO, ISABEL; CROSHER, IAN; MUTO, PAUL; MORECROFT, MIKE - Carbon Storage and Sequestration by Habitat: a review of the evidence (second edition). NERR 094. Natural England, Peterborough, 2021. ISBN 978-1-78354-732-6

GROFF, Shannon C.; LOFTIN, Cynthia S.; Drummond, Frank; Bushmann, SARA; MCGILL, BRIAN - Parameterization of the InVEST Crop Pollination Model to spatially predict abundance of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) native bee pollinators in Maine, USA, *Environmental Modelling & Software*, Volume 79, 2016, pp 1-9, ISSN 1364-8152, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.01.003>.

HAASE, T.; PRATSCHKE, J.- The 2016 Pobal HP Deprivation Index, 2017.

HAM, CHANTAL; KLIMMEK, HELEN - Partnerships for Nature-Based Solutions in Urban Areas – Showcasing Successful Examples, 2017. 10.1007/978-3-319-56091-5_16.

HENDRI; WAHYUNINGSIH, Tri; Rahwanto, Efana - Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer/ *IJIS* vol. 4, no. 1, March 2021, pp 13-20.

HOLTHAUS, ANNIKA - The edible city: A concept for the sustainable and resilient city during the COVID-19 pandemic? A case study of Andernach and Todmorden, 2021.

HOYER, J.; DICKHAUT, W.; KRONAWITTER, L.; WEBER, B. - Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future, Jovis Hamburg, Germany, 2011.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (2016), *Defining nature-based solutions*.

IPCC: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L., 2021. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

KABISCH, N.; STADLER, H.K.J.; BONN, A. - *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice*, 2017.

KADAVRUGU, A.; NAGESHWAR, C. R.; VISWANADH, G.K. - Quantification of flood mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. *Model. Earth Syst. Environ.* 7, 589–602, 2021. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00937-0>

KAREIVA, P.H.; TALLIS, H.; RICKETTS, T.H.; DAILY, G.C.; POLASKY, S. - *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*, Oxford University Press - USA, New York, USA, 2011, pp. 168-187

KEELEY, M.; KOBURGER, A.; DOLOWITZ, D. P.; MEDEARIS, D.; NICKEL, D.; SHUSTER, W. - Perspectives on the use of green infrastructure for stormwater management in Cleveland and Milwaukee. *Environmental Management*, 51, 2013. 1093–1108.

KENT ST; McCLURE LA; ZAITCHIK BF; SMITH TT; Gohlke JM - Heat waves and health outcomes in Alabama (USA): The importance of heat wave definition 2014. *Environmental Health Perspectives (Online)* 122 (2):151.

KENTER, J.O.; REED, M.S.; IRVINE, K.N.; O'BRIEN, E.; BRYCE, R.; CHRISTIE, M.; COOPER, N.; HOCKLEY, N.; FAZEY, I.; ORCHARD-WEBB, J.; RAVENSCROFT, N.; RAYMOND, C.M ; TETT, P.; WATSON, V. - Shared values and deliberative valuation: Future directions. *Ecosystem Services*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.006>

KETTUNEN, M.; VIHERVAARA P.; KINNUNEN, S.; D'AMATO, D.; BADURA T.; ARGIMON N.; TEN, P. B. - *Socio-economic Importance of Ecosystem Services in the Nordic Countries – Synthesis in the Context of The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)*. Copenhagen, TemaNord: 290, 2012.

KLEIN, ALEXANDRA-MARIA; VAISSIÈRE, BERNARD E; CANE JAMES H; STEFFAN-DEWENTER INGOLF; CUNNINGHAM SAUL A; KREMEN, CLAIRE; TSCHRNTKE, TEJA - Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, 2007. <http://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

KOH, INSU; LONSDORF, ERIC V.; WILLIAM, NEAL M.; BRITAIN, CLAIRE; ISAAC, RUFUS; GIBBS, JASON; RICKETTS, TAYLOR H. - Modeling the status, trends, and impacts of wild beeabundance in the United States, 2016.

KOVATS, R.S, HAJAT, S. - Heat stress and public health: a critical review. *Annu Rev Public Health*. 2008;29:41-55. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843. PMID: 18031221.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; AIZEN, M.A.; GEMMILL-HERREN, B.; LeBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER L.; POTTS, S.G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, D.P.; WINFREE, R.; ADAMS. L.; CRONE, E.E.; GREENLEAF, S.S; KEITT, T.H.; KLEIN, A.M.; REGETZ, J.; RICKETTS, T.H. - Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol Lett*. 2007 Apr;10(4):299-314. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x. PMID: 17355569.

KUMAR, Prashant; Sisay E. Debele, Jeetendra Sahani, Nidhi Rawat, Belen Marti-Cardona, Silvia Maria Alfieri, Bidroha Basub, Arunima Sarkar Basud , Paul Bowyer, Nikos Charizopoulos, Glauco Gallotti, Juvonen Jaakko, Laura S. Leo, Michael Loupisj, Massimo Menenti, Slobodan B. Mickovski, Seung-Jae Mune, Alejandro Gonzalez-Ollauri, Jan Pfeiffer , Francesco Pilla, Julius Pröll, Martin Rutzinger, Marco Antonio Santo, Srikanta Sannigrahi, Christos Spyrou, Heikki Tuomenvirta, Thomas Zieher (2021). Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: Modeling methods, advantages and limitations.

KUNAPO, J.; FLETCHER, T. D.; LADSON, A. R.; CUNNINGHAM, L.; BURNS, M. J. - A spatially explicit framework for climate adaptation. *Urban Water Journal*, 15(2), 2018. p.p 159-166. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1424216>

RUANGPAN, LADDAPORN; VOJINOVIC, ZORAN; Di SABATINO, SILVANA; LEO, LAURA SANDRA, CAPOBIANCO, VITTORIA; AMY, M. P. O, McClain, MICHAEL E.; LOPEZ-GUNN, ELENA - Nature-Based Solutions for hydro-meteorological risk reduction: A state-of-the-art review of the research area, 2018.

LAUTENBACH, SVEN; MAES, JOACHIM; KATTWINKEL, MIRA; SEPPELT, RALF; STRAUCH, MICHAEL; SCHOLZ, MATHIAS; CHRISTIANE, SCHULZ-ZUNKEL; VOLK, MARTIN; WEINERT, JENS; DORMANN, CARSTEN F. - Mapping water quality-related ecosystem services: concepts and applications for nitrogen retention and pesticide risk reduction,

International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 8:1-2, 2012. 35-49, DOI: 10.1080/21513732.2011.631940

LONSDORF, C. E.; KREMEN, T. R.; WINFREE, N. R.; WILLIAMS, S.; Greenleaf, S. - Modeling pollination services across agricultural landscapes *Ann. Bot.*, 103, 2009, pp. 1589-1600

LONSDORF, C. E.; KREMEN, T. R.; WINFREE, N.R.; WILLIAMS, S; Greenleaf, S. - Modelling pollination services across agricultural landscapes. *Annals of Botany* 1: 12, 2009. online [<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19324897/>]

Lonsdorf, E., TH Ricketts, CM Kremen, NM Williams, and S. Greenleaf. in press. Pollination services in P. Kareiva, TH Ricketts, GC Daily, H. Tallis, and S. Polasky, eds. *The theory and practice of ecosystem service valuation*.

LOOMIS, JOHN; KENT, PAULA; STRANGE, LIZ; FAUSCH, KURT; COVICH, ALAN - Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: Results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 2000. 33. 103-117. 10.1016/S0921-8009(99)00131-7.

LOSEY, JOHN E.; VAUGHAN, MACE - The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects, *BioScience*, Volume 56, Issue 4, April 2006, Pages 311–323, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)

MAARSEVEEN, MARTIN VAN; MARTINEZ, JAVIER; FLACKE, JOHANNES - *GIS in Sustainable Urban Planning and Management A Global Perspective*, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2019. ISBN: 13: 978-1-315-14663-8

MADUREIRA, H. - Processos de transformação da estrutura verde do Porto. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia – Universidade do Porto*. vol. XVII/XVIII. 137-218, 2002.

MAES, JOACHIM, JACOBS, SANDER - *Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development*, 2015. <https://doi.org/10.1111/conl.12216>

MAPUGEOT, L. J.; AGROPOLIS, A. - *The Social, Political and Environmental Dimensions of Urban Agriculture*. ISBN 9781844072323 Published by Routledge July 1, 2005.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. - O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso, In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 41, 2009, pp. 1778-1788.

MARQUES, G. F.; POSSANTTI, I.B. - Soluções Baseadas na Natureza para sistemas hídricos de cidades: conceituação e modelagem a nível de planejamento - Conferência: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; Foz do Iguaçu, 2019.

MARTIN, P. - Sustainable urban drainage systems: Design manual for England and Wales. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, UK, Report C522. 2000.

McDONALD, R. I.; KROEGER, T.; BOUCHER, T., WANG, L.; SALEM, R. - Planting Healthy Air: A global analysis of the role of urban trees in addressing particulate matter pollution and extreme heat. CAB International, 2016. p.p. 128-139.

MCNAMARA, T. - Crisis of urban agriculture case studies in Cuba, Yale University, Fall 2016 Hixon Center for Urban Ecology Tropical Resources Institute, 2016

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F; COSTA, V. C. Análise multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer-RJ. Geo UERJ, v. 33, 2018. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.26037>

MET ÉIREANN - A SUMMARY OF CLIMATE AVERAGES FOR IRELAND 1981-2010, CLIMATOLOGICAL NOTE NO.14, 2012.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC, 2005.

MOT MacDONALD - Water Quality and Water Services Infrastructure Climate Change Sectoral Adaptation Plan Prepared under the National Adaptation Framework. Department of Housing, Planning and Local Government, Dublin, 2019.

MOUGEOT, LUC J. A. - The Social, Political and Environmental Dimensions of Urban Agriculture, Agropolis, 2005. ISBN 9781844072323

MULLANEY, JENNIFER; LUCKE, TERRY; TRUEMAN, STEPHEN - A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. Landscape and Urban Planning, 2014. 134. 10.1016/j.landurbplan.2014.10.013.

NABHAN, GARY PAUL; BUCHMANN, STEPHEN L. - The Forgotten Pollinator, 1997. ISBN: 9781559633536

NAGEL, G. W.; TERRA, F. da S.; OLIVEIRA, J. S. de; HORÁK-TERRA, I.; BESKOW, S. - Cálculo da curva número para bacia hidrográfica urbana utilizando diferentes abordagens de

classificação para imagem orbital RapidEye: estudo de caso para o arroio Pepino (Pelotas, RS). *Pesquisas Em Geociências*, 47(2),(2020). . <https://doi.org/10.22456/1807-9806.108583>

NASCIMENTO, LUIS FELIPE - Gestão ambiental e sustentabilidade. Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2012.

NELSON, ERICK; MENDOZA, GUILLERMO; REGETZ, JAMES; POLASKY, STEPHEN; TALLIS, HEATHER; CAMERON, RICHARD; MA CHAN, KAI; C Daily, Gretchen; GOLDSTEIN, JOSHUA; M KAREIVA, PETER; LONSDORF, ERICK; NAIDOO, ROBIN; Ricketts, TAYLOR; SHAW REBECCA - Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales, 2009. <https://doi.org/10.1890/080023>

NELSON, ERICK; MENDOZA, GUILLERMO; REGETZ, JAMES; POLASKY, STEPHEN; TALLIS, HEATHER; CAMERON, RICHARD; MA CHAN, KAI; C Daily, Gretchen; GOLDSTEIN, JOSHUA; M KAREIVA, PETER; LONSDORF, ERICK; NAIDOO, ROBIN; Ricketts, TAYLOR; SHAW REBECCA - Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales, 2009. <https://doi.org/10.1890/080023>

NESSHOVER, C., ASSMUTH, T., IRVINE, K., RUSCH, G., WAYLEN, A., DELBAERE, B., et al. - The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. *Sci. Total Environ.* 579, 1215–1227, 2017. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106

NEWELL, RICHARD G.; WILLIAM A. PIZER; DANIEL, RAIMI - Carbon Markets 15 Years after Kyoto: Lessons Learned, New Challenges. *Journal of Economic Perspectives*, 27, 2013. p.p 123-46. DOI: 10.1257/jep.27.1.123

NUNES, N.; BJORNER, E.; HILDING-HAMANN, K.E. - Guidelines for Citizen Engagement and the Co-Creation of Nature-Based Solutions: Living Knowledge in the URBiNAT Project. *Sustainability* 2021, 13, 13378. <https://doi.org/10.3390/su132313378>

NYLEN, N. G.; KIPARSKY, M. - Accelerating Cost-Effective Green Stormwater Infrastructure: Learning from Local Implementation. Center for Law, Energy & the Environment, U.C. Berkeley School of Law, 2015. <http://law.berkeley.edu/cost-effective-GSI.htm>

ODUM, P. E. - The Strategy of Ecosystem Development. Science, New Series, Vol. 164, No. 3877. (Apr. 18, 1969), pp. 262-270.

OFFICE OF PUBLIC WORKS - The Review of the Flood Risk Management Plans Report – December 2021

OFFICE OF PUBLIC WORKS (OWS) - Climate Change Sectoral Adaptation Plan, 2019.

OLIVEIRA, CLEBER DE ALMEIDA; BELDERRAIN, MISHEL CARMEN N. - Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades no AHP, 2008

ORDNANCE SURVEY IRELAND - National Statutory Boundaries, Generalised 20 m, 2019.

PALMER, M.; LIU, J.; MATTHEWS, J. H.; MUAMBA, M.; D'ODORICO, P. - Water. Water security: grey or green? Science, 2015. 349, 584–584, 585.

PARKER, N.; NAUMANN, E-K.; MEDCALF, K.; HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; KRETSCH, C.; PARKER, J.; Burkhard, B. - National ecosystem and ecosystem service mapping pilot for a suite of prioritised services. Irish Wildlife Manuals, No. 95. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs, Ireland., 2016

PARKES, M.; GALLAGHER, V.; HENNESSY, R.; MEEHAN, R.; GATLEY, S. - The Geological Heritage of Dublin City An audit of County Geological Sites in Dublin City, 2014

PAULEIT, S., ZOLCH, T., HANSEN, R., RANDRUP, T.B., KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH, C. - Nature-Based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (eds) Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer, Cham, (2017). https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_3

Paz, Juan Valdés. A Revolução Agrária Cubana: conquistas e desafios, Dossiê Cuba • Estud. av. 25 (72) • Ago 2011 • <https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000200007>

Peng, Yunyue and Reilly, Kate (2021). Using Nature to Reshape Cities and Live with Water: An Overview of the Chinese Sponge City Programme and Its Implementation in Wuhan. IUCN European Regional Office.

PHELAN, P. E.; KALOUSH, K.; MINER, M.; GOLDEN, J.; PHELAN, B.; LII, H. S.; TAYLOR, R. A. - Urban Heat Island : Mechanisms , Implications , and Possible Remedies. Annual Review

of Environment and Resources, 2015. 285-309. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021155>

PICKETT, S.T.A. & Cadenasso, Mary & Grove, Morgan & Nilon, Charles & Pouyat, Richard & Zipperer, Wayne & Costanza, Robert. (2003). Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. Annual Review of Ecology and Systematics. 32. 10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012.

POKORNY, J. - Evapotranspiration, ENKI, O.P.S., Třeboň, Czech Republic. 2019

POLLING, B.; MERGENTHALER, M.; LORLEBER, W. - Professional urban agriculture and its characteristic business models in Metropolis Ruhr, Germany Land Use Policy, 2016. pp 58.

POTSCHIN, MB; Haines-Young RH. Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. Progress in Physical Geography: Earth and Environment. 2011;35(5):575-594. doi:10.1177/0309133311423172

Potschin-Young, Marion & Haines-Young, Roy. (2011). Ecosystem services. Progress in Physical Geography. 35. 575-594. 10.1177/0309133311423172.

PREMAT, Adriana. 2012. Havana's Urban Agriculture Survival Strategies and Worldly Engagements in Alternative Development. <https://agrarianstudies.macmillan.yale.edu/sites/default/files/files/colloppapers/01premat.pdf>

QUAGLILOLO, C.; COMINO, E.; PEZZOLI, A. - Experimental Flash Floods Assessment Through Urban Flood Risk Mitigation (UFRM) Model: The Case Study of Ligurian Coastal Cities. 2021. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.663378>

QUAGLILOLO, C.; COMINO, E.; PEZZOLI, A. - Experimental Flash Floods Assessment Through Urban Flood Risk Mitigation (UFRM) Model: The Case Study of Ligurian Coastal Cities. Frontiers in Water, VOLUME 3, 2021. DOI=10.3389/frwa.2021.663378

QUAN, S.J., MINTER, JD, YANG, PP-J. - A GIS-based performance metrics for designing a low energy urban agriculture system. In: Geertman, S, Toppen, F, Stillwell, J (eds) Planning Support Systems for Sustainable Urban Development. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. pp.225–247.

RAI, A. - Designing green stormwater infrastructure for hydrologic and human benefits: An image-based machine learning approach [MSc thesis]. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013.

REVI, AROMAR; SATTERHWAITE, DAVID; ARAGÓN-DURAND, FERNANDO; CORFEE-MORLOT, JAN; KIUNSI, ROBERT; PELLING, MARK; ROBERTS, DEBRA; SOLECKI, WILLIAM - Urban Areas in Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 2014.

ROCHE, H.; VEJO, C. - Analisis multicriterio em la toma de decisiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP. 2004.

ROCKSTROM, J.; STEFFEN, V.; Noone, K. - A safe operating space for humanity Nature, 461 (2009), pp. 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

RODRIGUEZ, C. N. A. S., Ashley, R., Gersonius, B., Rijke, J., Pathirana, A., & Zevenbergen, C. (2014). Incorporation and application of resilience in the context of water-sensitive urban design: Linking European and Australian perspectives. WIREs Water, 1, 173–186.

ROSENZWEIG, CYNTHIA; SOLECKI, WILLIAM - New York City Panel on Climate Change 2015 Report Introduction, 2015. <https://doi.org/10.1111/nyas.12625>

ROSS, C.W., L. Prihodko, J.Y. Anchang, S.S. Kumar, W. Ji, and N.P. Hanan. 2018. Global Hydrologic Soil Groups (HYSOGs250m) for Curve Number-Based Runoff Modeling. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1566>

ROSSET, P.; Benjamin, M. - The Greening of the Revolution: Cuba's Experiment with Organic Agriculture. Melbourne: Ocean Press, 1994, 84 pp.

RUAS, SARA; HUALLACHÁIN, D.; GORMALLY, MICHAEL; STOUT, JANE; RYAN, MARY; WHITE, BLÁNAID; D.AHAMED, KARZAN; MAHER, STEPHANIE; LARKIN, MICHELLE; TSAKIRIDIS, ANDREAS; MORAN, JAMES - Spatial Distribution of Ecosystem Services in Irish landscapes. From Habitat Quality to Food Production: Analysing current trade-offs and hotspots of Ecosystem Services in agricultural landscapes, 2021.

SAATY, T. L. - The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, 1980.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)

SAGIR, O. M.; SAATY, T. - The Encyclicon: A Dictionary of Decisions with Dependence and Feedback Based on the Analytic Network Process, 2005.

SARANYA, C; MANIKANDAN, G. - A Study on Normalization Techniques for Privacy Preserving Data Mining / International Journal of Engineering and Technology (IJET) Vol 5 No 3 Jun-Jul 2013.

SARTISON, K.; ARTMANN, M. - Edible cities – An innovative nature-based solution for urban sustainability transformation? An explorative study of urban food production in German cities, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 49, 2020, 126604, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126604>.

Säumel, I.; Reddy, S.E.; Wachtel, T. - Edible City solutions—one step further to foster social resilience through enhanced socio-cultural ecosystem services in cities Sustainability, 11 (4) (2019), p. 972, 10.3390/su11040972

SAUMEL, INA; REDDY, SUHANA; WACHTEL, THOMAS - Edible City Solutions—One Step Further to Foster Social Resilience through Enhanced Socio-Cultural Ecosystem Services in Cities. Sustainability, 2019. 11. 972. 10.3390/su11040972.

SCHOLES, L.; REVITT, D.M.; ELLIS, J.B. - A systematic approach for the comparative assessment of stormwater pollutant removal potentials. Journal of Environmental Management, 88(3): 467-478, 2008.

SCHULTZ, R. - “Food Sovereignty and Cooperatives in Cuba’s Socialism.” Socialism and Democracy 2012; 26(3): 117-138.

SCOPELLITI, MASSIMILIANO; LAFORTEZZA, RAFAELLE; COLANGELO, GIUSEPPE; FERRINI, FRANCESCO; SSALBITAN, FABIO; AGRIMI, MARIAGRAZIA; PORTOGHESI, LUIGI; SEMENZATO, PAOLO; SANESI, GIOVANNI - Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. Landscape and Urban Planning, 2015. 134. 10.1016/j.landurbplan.2014.10.022.

SDCC, South Dublin County Council - Pollinator Plan 2021 – 2025, 2022.

SHARP, R.; CHAPLIN-KRAMER, R.; WOOD, S.; GUERRY, A.; TALLIS, H.; RICKETTS, T. - InVEST User Guide, 2016.

Sharp, R.; Douglas, J.; Wolnie, S.; Arkema, K.; Bernhardt, J.; Bierbower, W.; Chaumont, N.; Denu, D.; Fisher, D.; Glowinski, K.; et al. InVEST 3.8.9 User’s Guide; The Natural

Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund: Stanford, CA, USA, 2020; Available online: <https://invest-userguide.readthedocs.io/en/latest/>

SHARP, R.; DOUGLAS, J.; WOLNY, S.; ARKEMA, K.; BERNHARDT, J.; BIERBOWER, W.; CHAUMONT, N.; DENU, D.; FISHER, D.; GLOWINSKI, K.; GRIFFIN, R.; GUANNEL, G.; GUERRY, A.; JOHNSON, J.; HAMEL, P.; KENNEDY, C.; KIM, C.K.; LACAYO, M.; LONSDORF, E.; MANDLE, L.; ROGERS, L.; SILVER, J.; TOFT, J.; VERUTES, G.; VOGL, A. L.; WOOD, S; WYATT, K. - InVEST 3.10.2.post34+ug.ga66060d User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, 2020.

SHARP, R.; TALLIS, H.T.; RICKETTS, T.; GUERRY, A.D.; WOOD, S.A.; CHAPLIN-KRAMER, R.; NELSON, E.; ENNAANAY, D.; WOLNY, S.; OLWERO, N.; VIGERSTOL, K.; PENNINGTON, D.; MENDOZA, G.; AUKEMA, J.; FOSTER, J.; FORREST, J.; CAMERON, D.; ARKEMA, K.; LONSDORF, E.; KENNEDY, C.; VERUTES, G.; KIM, C.K.; GUANNEL, G.; PAPPENFUS, M.; Toft, J.; MARSIK, M., BERNHARDT, J., GRIFFIN, R.; GLOWINSKI, K., CHAUMONT, N.; PERELMAN, A.; LACAYO, M.; MANDLE, L.; HAMEL, P.; VOGL, A.L.; ROGERS, L.; BIERBOWER, W.; DENU, D.; DOUGLASS, J. - InVEST +VERSION+ User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund 2018.

SIDDAYAO, GENERINO P.; VALDEZ, SONY E.; FERNANDEZ, PROCESO L. - Analytic Hierarchy Process (AHP) in Spatial Modeling for Floodplain Risk Assessment, International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 4, No. 5, 2014.

SILVIO, F. C.; Rodrigues, C. - Método Curve Number – pesquisas e discussões dos parâmetros valor CN e abstração inicial, 2021. DOI: 105902/14146509447861

Small, Gaston E.; Mcdougall, Robert; Metson, Geneviève Suzanne - Would a sustainable city be self-sufficient in food production?, International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, Volume 14, Issue 3, ISSN: 1755-7437, ISSN: 1755-7445, DOI:10.2495/DNE-V14-N3-178-194 (2019)

SOUTHWICK, EDWARD E.; SOUTHWICK, LAWRENCE Jr.- Estimating the Economic Value of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) as Agricultural Pollinators in the United States,

Journal of Economic Entomology, Volume 85, Issue 3, 1 June 1992, Pages 621–633,
<https://doi.org/10.1093/jee/85.3.621>

SOWINSKA-ŚWIERKOSZ, BARBARA; GARCÍA, JOAN - What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification, 2022.

STEFANON, M.; D'ANDREA, F.; Drobinski, P. - Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region, 2012. *Environ. Res. Lett.*, 7(1), 014023

STEFANON, M.; D'ANDREA, F.; Drobinski, P. - Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region, 2012. *Environ. Res. Lett.*, 7(1), 014023

STONE, B.; HESS J.J.; FRUMKIN, H. - Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? *Environ Health Perspect.* 2010 Oct;118(10):1425-8. doi: 10.1289/ehp.0901879. PMID: 21114000; PMCID: PMC2957923.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. - Determinação da Evapotranspiração para Fins de Irrigação, EMBRAPA, 1995.

STRICKLER, K.R. - Green stormwater infrastructure in an informal context: Feasibility and potential stormwater impacts of implementing rain gardens and rain barrels in peri-urban Santo Domingo [Doctoral dissertation]. The University of Texas at Austin. (2015)
Suppakittpaisarn, P., Jiang, X., & Sullivan, W. C. (2017). Green infrastructure, green stormwater infrastructure, and human health: A review. *Current Landscape Ecology Reports*, 2, 96–110.

SWEENEY, J. - The Urban Heat Island of Dublin City. *Irish Geography*, 1987. 20. 1-10. 10.1080/00750778709478819.

TAHA, HAIDER; KALKSTEIN, LAURENCE S.; SHERIDAN, SCOTT C.; WONG, EVA - THE POTENTIAL OF URBAN ENVIRONMENTAL CONTROL IN ALLEVIATING HEAT-WAVE HEALTH EFFECTS IN FIVE US REGIONS, 2004.

TEBAL, N. - In Sustainable urban drainage systems (SUDS), 2nd International Conference on Managing Rivers in the 21st Century, 2007.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington, 2010.

TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making. Edited by Patrick ten Brink. London, Washington, Earthscan: 528, 2011.

THE WORLD BANK ANNUAL REPORT, 2010.

TOWNSEND, P. - Poverty in the United Kingdom, London, Allen Lane and Penguin Books 1979.

TSAY, S.; HERMANN, V. - Rethinking Urban Mobility: Sustainable Policies for the Century of the City. Washington, D.C.: Carnegie Endowment for International Peace, 2013.

TYAGI, J. V.; MISHRA, S. K.; SINGH, R.; SINGH, V. P. - SCS-CN based time-distributed sediment yield model. Journal of Hydrology, v. 352, p. 388–403, 2008.

UEJIO, CHRISTOPHER; WILHELMI, OLGA; GOLDEN, JAY; MILLS, DAVID; GULINO, SAM; SAMENOW, JASON - Intra-Urban Societal Vulnerability to Extreme Heat: The Role of Heat Exposure and the Built Environment, Socioeconomics, and Neighborhood Stability, 2010. Health & place. 17. 498-507. 10.1016/j.healthplace.2010.12.005.

UNFCCC (1997) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change adopted at COP3 in Kyoto, Japan, 1997.

UNIÃO EUROPÉIA - Pacto Ecológico Europeu: Cumprir nossos objetivos, 2021.

UNITED NATION HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - Cities and climate change: global report on human settlements, 2011. ISBN 978-1-84971-370-2 (hardback) — ISBN 978-1-84971-371-9 (pbk.)

UNITED NATIONS / Framework Convention on Climate Change. Adoption of the Paris Agreement, 21st Conference of the Parties, Paris: United Nations, 2015.

UNITED NATIONS CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi, 2016. ISBN: 978-92-807-3553-6

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2013. UNEP ANNUAL REPORT 2012.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-Habitat) - Cities and climate change : global report on human settlements, 2011 / United Nations Human Settlements Programme, 2011. ISBN: 978-1-84971-371-9

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division - World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations, 2019.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). New York: United Nations.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) - "Hydrologic soil-cover complexes," in National Engineering Handbook: Part 630 - Hydrology, (2004). Disponible en:

<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1043063>

VERHAGEN, WILLEM; VAN TEEFFELLEN, ASTRID; BAGGIO COMPAGNUCCI, ANDREA; POGGIO, LAURA; GIMONA, ALESSANDRO; VERBURG, PETER - Effects of landscape configuration on mapping ecosystem service capacity: a review of evidence and a case study in Scotland. *Landscape Ecology*, 2016. 31. 10.1007/s10980-016-0345-2.

VERHEYEN, RODA - Climate Change Damage and International Law: Prevention Duties and State Responsibility, 2005. ISBN: 978-90-47-42740-7

WALSH, J.; BRADY, J.; MANNION, C. - Dublin City Profile (Dublin County Borough) Working Paper Series No. 15, January, 2002.

Water Quality and Water Services Infrastructure Climate Change Sectoral Adaptation Plan Prepared under the National Adaptation Framework. Prepared by the Department of Housing, Planning and Local Government housing.gov.ie

WEI, P.; CHEN, S.; WU, M.; DENG, Y.; XU, H.; JIA, Y.; LIU, F. - Using the InVEST Model to Assess the Impacts of Climate and Land Use Changes on Water Yield in the Upstream Regions of the Shule River Basin. *Water* 2021, 13, 1250. <https://doi.org/10.3390/w13091250>

WESTMAN, W. - How much are nature's services worth? *Science*, v. 197, n. 4307, p. 960-964, Sept. 1977. DOI: 10.1126/science.197.4307.960.

WONG, T. H. - Water sensitive urban design-the journey thus far. *Australasian Journal of Water Resources*, 10(3), 213–222, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - Ecosystems and human well-being : health synthesis : a report of the Millennium Ecosystem Assessment / Core writing team: Carlos Corvalan, Simon Hales, Anthony McMichael ; extended writing team: Colin Bulter ... [et al.] ; review editors: José Sarukhán ... [et al.]. World Health Organization, 2005. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43354>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION AND WORLD HEALTH ORGANIZATION - Heatwaves and Health: Guidance on Warming-System Development. McGregor GR (ed.) WMO No. 1142, Geneva: Switzerland, 2015.

WRIGHT, J. - Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity. London: Earthscan, 2009.

XIE, GAODI; ZHANG, CAIXIA; ZHEN, LIN; ZHANG, LEIMING - Dynamic changes in the value of China's ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2017. 26. 146-154. [10.1016/j.ecoser.2017.06.010](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.010).

ZANARDO, ERICA OLIVEIRA-ANDREOLI; SILVA, FABIO; LÓPEZ, FLOR; MACHADO, RAPHAEL; CATIA, CRISTINA; TEODORO; BIANCHINI, IRINEU; CUNHA-SANTINO, MARCELA; FUSHITA, ANGELA; CRESTANA, SILVIO. A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO REGIONAL PARA A MANUTENÇÃO DOS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. *52(4)*, 2019. 16-27. [10.5327/Z2176-947820190479](https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190479).

ZARDO, L.; GENELETTI, D.; PREZ-SOBA, M.; EUPEN, M. V. - Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. *Ecosystem Services*, 26, 225-235, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016>

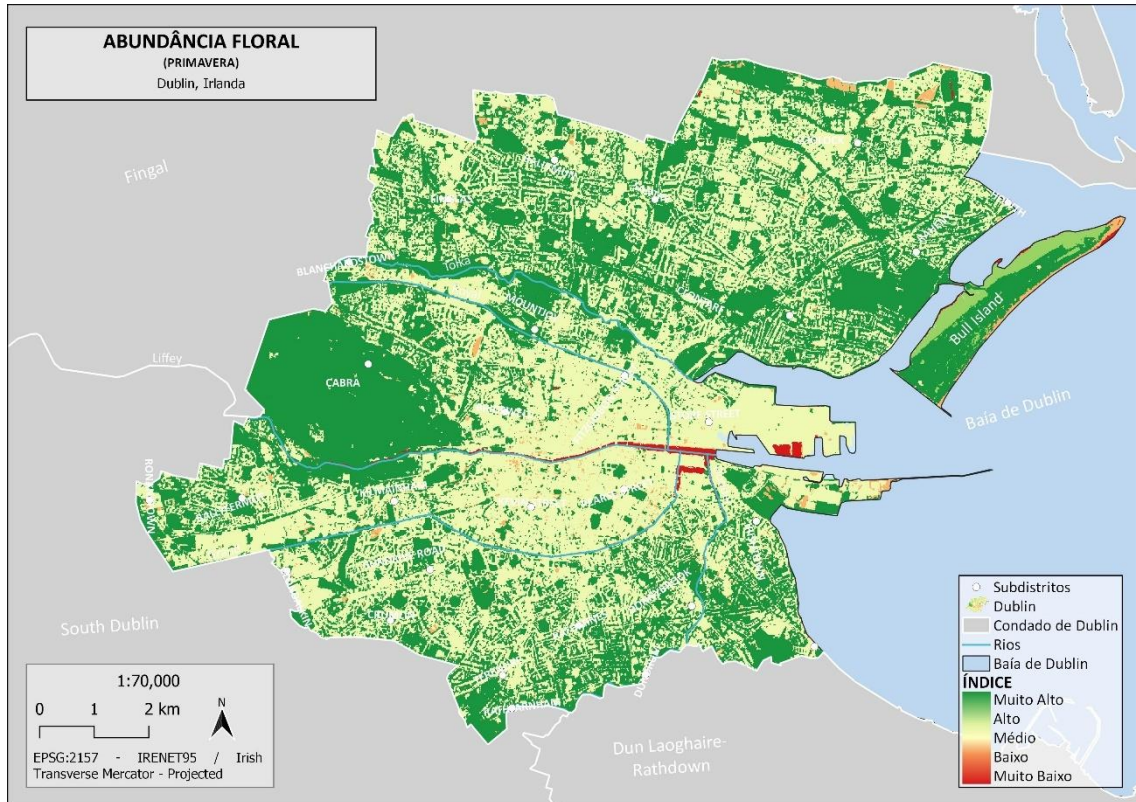
ZAWADZKA, J.E.; HARRIS, J.A.; CORSTANJE, R. - Assessment of heat mitigation capacity of urban greenspaces with the use of InVEST urban cooling model, verified with daytime land surface temperature data, *Landscape and Urban Planning*, Volume 214, 2021, 104163, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104163>.

ZHENG, F., LEI, Z., FEI, L. - Construction of Sponge City and Analysis on Related Technology Problems. *Journal of Hubei Polytechnic University*, 3, 7. [In Chinese]. 2016.

ZHENG, F., LEI, Z., FEI, L. - Construction of Sponge City and Analysis on Related Technology Problems. *Journal of Hubei Polytechnic University*, 3, 7. [In Chinese]. 2016.

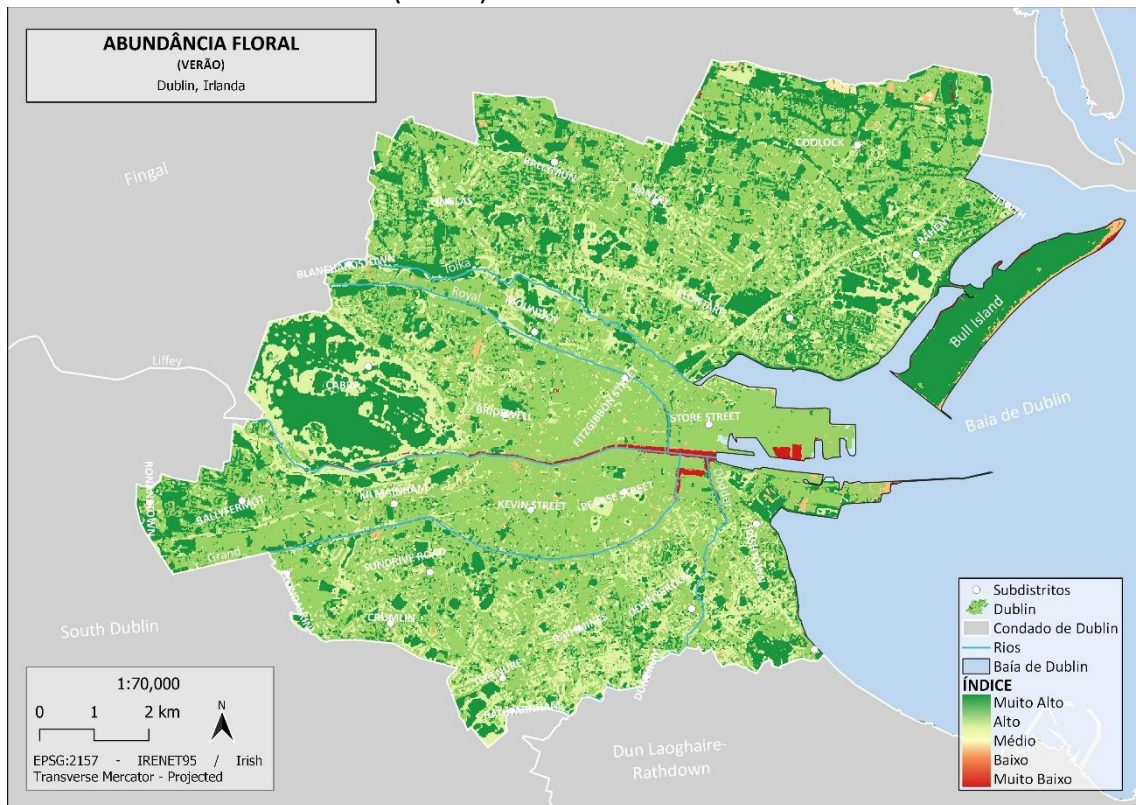
Anexos

Anexo 1 - Abundância Floral (Primavera)



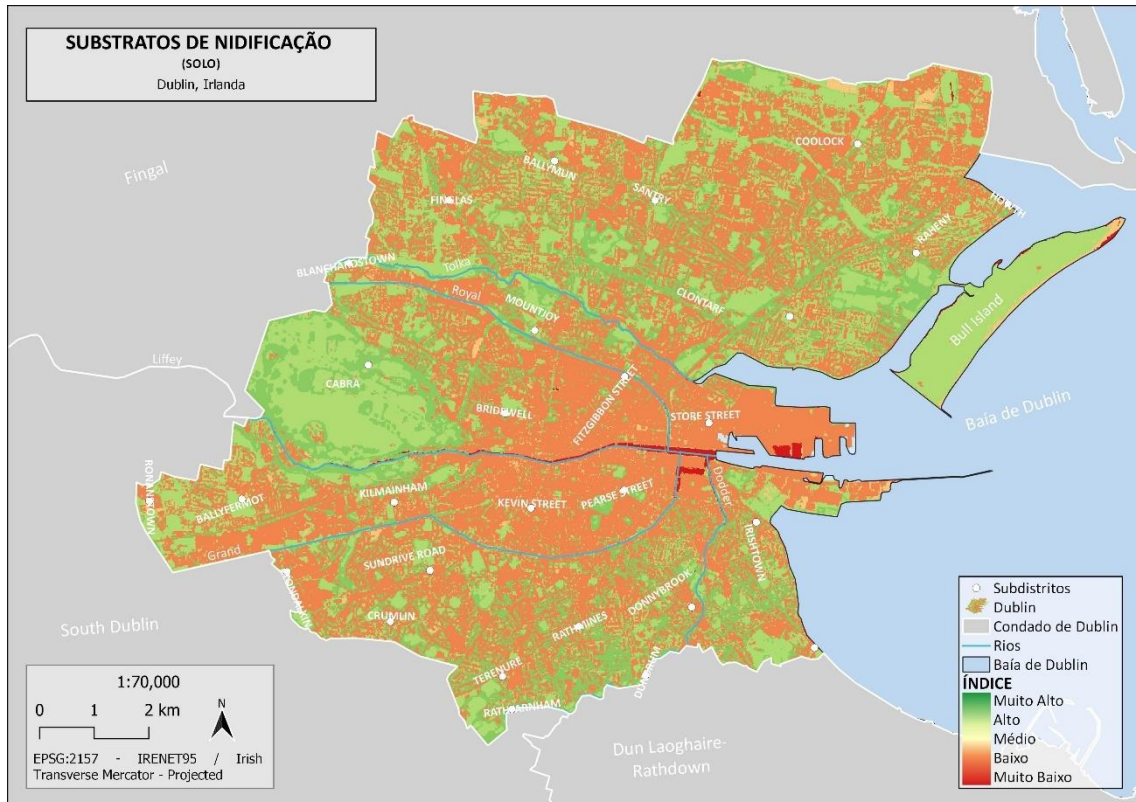
Luiz Silva, 2022.

Anexos 2 - Abundância Floral (Verão)



Luiz Silva, 2022.

Anexo 4 - Substratos de Indificação (Solo)



Luiz Silva, 2022.

Apêndices

1 - Funcionamento do Modelo InVEST Pollinator

$PS(x, s)$ é o índice de oferta de polinizadores em pixel para espécies definidas como:

$$PS(x, s) = FR(x, s)sa(s)$$

Onde $FR(x, s)$ é o índice de recursos florais acessíveis em pixel (x) para espécies (s) definidas como:

$$FR(x, s) = \frac{\sum_{x' \in X} \exp(-D(x, x')/\alpha_s) \sum_{j \in J} RA(l(x'), j) fa(s, j)}{\sum_{x' \in X} \exp(-D(x, x')/\alpha_s)}$$

$HN(x, s)$ é a adequação de nidificação de habitat em pixel (x) para espécies (s)

$$HN(x, s) = \max_{n \in N} [N(l(x), n)ns(s, n)]$$

E onde:

$sa(s)$ é o índice de abundância relativa de espécies (s) para espécies na faixa $[0.0, 0.1]$, $\sum_{s \in S} sa(s) = 1$, e S é o conjunto de todas as espécies,

$N(l, n)$ é o índice de substrato de nidificação para o tipo de cobertura de terra l para tipo de substrato n na faixa $[0.0, 0.1]$,

$l(x)$ é o tipo de cobertura do solo em pixel (x),

j é a estação do ano,

$RA(l, j)$ índice de abundância relativa de recursos florais na cobertura do solo l durante a estação do ano j ,

$fa(s, j)$ é a atividade de forrageamento relativa para espécies polinizadoras s durante a estação do ano j ,

$D(x, x')$ é a distância euclidiana entre as células x e x' ,

$ns(s, n)$ é a preferência de adequação de nidificação para espécies s no tipo de nidificação n , (n e N é o conjunto de nidificação),

E α_s é a distância de forrageamento esperada para o polinizador (s).

(Greenleaf et al. 2007).

A oferta de polinizadores é um indicador de onde os polinizadores se originam na paisagem. A abundância de polinizadores indica onde os polinizadores estão ativos na paisagem. A abundância de polinizadores depende dos recursos florais que atraem os polinizadores para uma célula e do suprimento de polinizadores que podem acessar essa célula. A abundância de polinizadores para o índice de espécies (s) na célula (x), durante a estação (j), $PA(x, s, j)$, é o produto dos recursos florais disponíveis em uma célula durante uma determinada estação, ponderado pela atividade relativa de um polinizador durante aquela estação com a oferta de polinizadores e normalizado pelo índice de recursos florais nas redondezas células tais que:

$$PA(x, s, j) = \left(\frac{RA(l(x), j) fa(s, j)}{FR(x, s)} \right) \frac{\sum_{x' \in X} PS(x', s) \exp(-D(x, x')/\alpha_s)}{\exp(-D(x, x')/\alpha_s)}$$

Lonsdorf et al. (2009)

2 - Funcionamento do Modelo *inVEST Urban Cooling*

O modelo primeiro calcula o índice de capacidade de resfriamento (CC) para cada pixel com base na sombra local, evapotranspiração e albedo. Essa abordagem é baseada nos índices propostos por Zardo et al. 2017 e Kunapo et al. 2018, ao qual foi acrescentado o albedo, fator importante para a redução do calor.

O índice de evapotranspiração é calculado para cada pixel multiplicando a evapotranspiração de referência, ($ET0$) fornecida pelo usuário) e o coeficiente de cultura (k_c , associado ao tipo de LULC do pixel), e dividindo pelo valor máximo do ($ET0$) raster na área de interesse, (ET_{max}):

$$ETI = \frac{K_c \cdot ET0}{ET_{max}}$$

Observe que esta equação assume que as áreas com vegetação são suficientemente irrigadas (embora os valores de K_c possam ser reduzidos para representar a evapotranspiração limitada pela água).

O modelo combina os três fatores do índice CC:

$$CC_i = 0.6 \cdot shade + 0.2 \cdot albedo + 0.2 \cdot ETI$$

A ponderação recomendada (0,6; 0,2; 0,2) é baseada em dados empíricos e reflete o maior impacto do sombreamento em relação à evapotranspiração. Por exemplo, Zardo et al., 2017, relatam que “em áreas menores que dois hectares [evapotranspiração] foi atribuído um peso de 0,2 e sombreamento de 0,8. Em áreas maiores que dois hectares os pesos foram alterados para 0,6 e 0,4, para [evapotranspiração] e sombreamento respectivamente”. No presente modelo, propomos desagregar os efeitos de sombra e albedo na equação (83), e dar albedo igual ao ETI com base nos resultados de Phelan et al. 2015 (veja a Tabela 2 em seu estudo mostrando que a vegetação e o albedo têm coeficientes semelhantes).

2.1 - Índice de Mitigação de Calor Urbano (Efeito de Grandes Espaços Verdes)

Para levar em conta o efeito de resfriamento de grandes espaços verdes (> 2 ha) nas áreas circundantes (ver discussão em Zardo et al. 2017 e McDonald et al. 2016), o modelo calcula o índice HM urbano: HM é igual a CC se o pixel não é afetado por grandes espaços verdes, mas de outra forma definido como uma média ponderada de distância dos valores CC dos grandes espaços verdes e do pixel de interesse.

Para isso, o modelo primeiro calcula a área de espaços verdes dentro de uma distância d_{cool} de busca em torno de cada pixel (GA_i), e o CC fornecido por cada parque CC_{park_i} :

$$GA_i = cell_{area} \cdot \sum_{j \in d \text{ radius from } i} g_j$$

$$CC_{park_i} = \sum_{j \in d \text{ radius from } i} g_j \cdot CC_j \cdot e^{\left(\frac{-d(i,j)}{d_{cool}}\right)}$$

Onde $cell_{area}$ é a área de uma célula em ha, g_j é 1 se o pixel j for um espaço verde ou 0 se não for, $d(i, j)$ é a distância entre os pixels i e j , d_{cool} é a distância sobre a qual um espaço verde tem um efeito de resfriamento e é a distância média ponderada dos

valores CC atribuíveis aos espaços verdes. (Observe que as classes LULC que se qualificam como “espaços verdes” são determinadas pelo usuário com o parâmetro 'green_area' na Tabela Biofísica. Em seguida, o índice HM é calculado como:

$$HM_i = \begin{cases} CC_i & \text{if } CC_i \geq CC_{park_i} \text{ or } GA_i < 2ha \\ CC_{park_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Estimativas de temperatura do ar

Para estimar a redução de calor em toda a cidade, o modelo usa a magnitude UHI (escala 'estudos globais: por exemplo, o Global Surface UHI Explorer desenvolvido pela Universidade de Yale, fornece estimativas de UHI anual, sazonal, diurno e noturno (<https://yceo.users.earthengine.app/view/uhimap>). Observe que a magnitude UHI é definida para um período específico (por exemplo, clima atual ou futuro) e tempo (por exemplo, temperaturas noturnas ou diurnas). A seleção de período e tempo afetará a quantificação e avaliação do serviço.

A temperatura do ar sem mistura de ar $T_{air_{nomix}}$ é calculada para cada pixel como:

$$T_{air_{nomix},i} = T_{air,ref} + (1 - HM_i) \cdot UHI_{max}$$

Onde $T_{air,ref}$ é a temperatura de referência rural e UHI_{max} é a magnitude máxima do efeito UHI para a cidade (ou mais precisamente, a diferença entre $T_{air,ref}$ e a temperatura máxima observada na cidade).

Devido à mistura do ar, essas temperaturas são médias espacialmente. A temperatura real do ar (com mistura), T_{air} , é derivada de $T_{air_{nomix}}$ usando uma função gaussiana com raio do kernel, definido pelo usuário.

Para cada área de interesse (que é uma camada GIS vetorial fornecida pelo usuário), calculamos a temperatura média e a anomalia de temperatura ($T_{air,i} - T_{air,ref}$).

