



APLICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO PRESTADOS PELA ESTUFA FRIA DA CIDADE DO HUAMBO, ANGOLA

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE
EVALUATION OF ECOSYSTEM REGULATION SERVICES PROVIDED BY THE
COLD GREENHOUSE OF THE CITY OF HUAMBO, ANGOLA

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
EN LA EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE REGULACIÓN
DEL ECOSISTEMA PRESTADOS POR EL INVERNADERO FRÍO
DE LA CIUDAD DE HUAMBO, ANGOLA

Eugénio Calei Lucamba¹

 0000-0003-1951-9024
lucambacalei@gmail.com

RESUMO: A presente pesquisa trata sobre a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na avaliação dos serviços ecossistêmicos de regulação prestado pela estufa fria, cujo propósito é avaliar os referidos serviços desempenhado por este ecossistema. No entanto, o crescimento acelerado e desordenado das cidades tem afetado negativamente a qualidade de vida da população e a biodiversidade presente nas cidades; nesse sentido as áreas urbanas e seus serviços ecossistêmicos tendem a assumir um papel relevante nesse contexto, proporcionando aos cidadãos alternativas de recreação e lazer. A metodologia aplicada foi baseada nos trabalhos feitos por alguns pesquisadores da ecologia urbana e contextualizada em países da Europa. Para cada um dos serviços ecossistêmicos de regulação foram feitas a quantificação, tanto para a área de produção, como para a área de benefício. No final, apresentamos uma proposta de estratégias para a arborização das áreas deficitárias em termos de serviços ecossistêmicos de regulação.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos. Produção. Benefício. Estufa fria Huambo.

ABSTRACT: This research deals with the application of Geographic Information Systems (GIS) in the evaluation of ecosystem regulation services provided by cold greenhouses, the purpose of which is to evaluate the aforementioned services performed by this ecosystem. However, the accelerated and disorganized growth of cities has negatively affected the quality of life of the population and the biodiversity present in cities; in this sense, urban areas and their ecosystem services tend to assume an important role in this context, providing citizens with alternatives for recreation and leisure. The methodology applied was based on the work of some urban ecology researchers and contextualised in European countries. For each of the regulating ecosystem services, quantification was carried out for both the area of production and the area of benefit. Finally, we present a proposal for strategies to afforest areas that are deficient in terms of regulating ecosystem services.

Keywords: Ecosystem services. Production, Benefit. Cold greenhouse Huambo.

RESUMEN: La presente investigación aborda la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la evaluación de los servicios de regulación ecosistémica que prestan los invernaderos fríos, con el propósito de evaluar los mencionados servicios que realiza este ecosistema. Sin embargo, el crecimiento acelerado y desordenado de las ciudades ha afectado negativamente la calidad de vida de la población y la biodiversidad presente en las ciudades; en este sentido, las áreas urbanas y sus servicios ecosistémicos tienden a asumir un papel importante en este contexto, proporcionando a los ciudadanos alternativas de recreación y esparcimiento. La metodología aplicada se basó en los trabajos de algunos investigadores en ecología urbana y se contextualizó en los países europeos. Para cada uno de los servicios ecosistémicos reguladores se realizó una cuantificación tanto del área de producción como del área de beneficio. Finalmente, se presenta una propuesta de estrategias para forestar áreas deficitarias en servicios ecosistémicos reguladores.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos. Producción. Beneficio. Invernadero.

INTRODUÇÃO

O presente artigo trata sobre a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na avaliação dos serviços ecossistêmicos de regulação prestados pela Estufa Fria Huambo, Angola.

O propósito deste estudo é avaliar os serviços de regulação ecossistêmicos prestados pela estufa fria na cidade do Huambo, áreas de produção bem como as áreas de benefícios.

Conforme a cidade cresce, surge a necessidade da manutenção, ou criação das áreas verdes. O propósito dessas áreas está relacionado à quantidade, qualidade e distribuição dessas áreas verdes dentro da área urbana para o desfrute da população. Nesse sentido, aparece o conceito de conservação e criação de espaços verdes como ferramenta de planejamento urbano e territorial para a população das cidades. Toda vegetação presente nos parques, cidades, praças e vias compõe o que se denomina floresta urbana, sendo um local de aproximação entre homem e natureza onde existem espaços educadores de alto potencial pedagógico para práticas de conservação dessas áreas, que abrigam serviços ecossistêmicos potenciais de grande importância (Raimundo, 2006).

No entanto, o crescimento acelerado e desordenado das cidades tem afetado negativamente a qualidade de vida da população e a biodiversidade presente nas cidades, nesse sentido as áreas urbanas e seus serviços ecossistêmicos tendem a assumir um papel relevante nesse contexto, proporcionando aos cidadãos alternativas de recreação e lazer. Além disso, as áreas verdes nas cidades atuam como redutoras de impactos ambientais, tanto em grandes centros urbanos como pequenas cidades, a partir do fornecimento de serviços ecossistêmicos, em que se destacam a purificação do ar, retenção de partículas sólidas em suspensão, absorção de dióxido de carbono, proteção contra ventos e chuva, diminuição da poluição sonora, proteção do solo contra erosão, manutenção do equilíbrio microclimático, valorização estética, paisagística do local, conservação e conhecimento da biodiversidade. Alguns serviços ecossistêmicos são prioritários devido à alta demanda na escala local, regional e global, à gestão municipal pelos governos e aos níveis de uso mantidos dentro da pressão atual como, por exemplo, riscos, perdas involuntárias, contaminação, ocupação irregular do solo, entre outros (Nowak, 2007).

Portanto, os serviços ecossistêmicos são considerados como os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir do funcionamento dos ecossistemas. Esse conceito surgiu na Ecologia nos anos 1970, e começou a ser usado no fim dos anos 1990 pela Biologia da Conservação (Constanza *et al.*, 1998) devido aos efeitos negativos da poluição, desmatamento das florestas tropicais, redução de ozônio e as mudanças climáticas.

Para cada um dos serviços ecossistêmicos (produção de carbono, redução da escorrência, regulação microclimática, redução de poluentes do ar e redução do ruído), foram feitas a quantificação destes, tanto para a área de produção, como para a área de benefício.

Além da introdução, o artigo apresenta um breve referencial teórico sobre serviços ecossistêmicos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), metodologia, análise dos resultados e breves considerações

No final, apresentamos uma proposta de estratégias para a arborização das áreas deficitárias em termos de serviços ecossistêmicos regulação na estufa fria do Huambo.

O GEOPROCESSAMENTO E SUAS FERRAMENTAS

Câmara (2005), diz que a coleta de informações sobre a distribuição espacial dos recursos, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante para os pesquisadores. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade deste século, com a tecnologia da informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento.

Neste sentido, o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planeamento Urbano e Regional (Câmara *et al.*, 2004).

Pode-se perceber que o geoprocessamento é um conjunto de tecnologia de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico. Também pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar, que através do processamento digital de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais, modelos tridimensionais e etc.

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, e ao criar bancos de dados georreferenciados, tornando possível automatizar a produção de documentos cartográficos, o qual oferece um conjunto mais amplo possível de estruturas de dados, e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepção do espaço. Utilizar um SIG implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para capturar dados do espaço estudado.

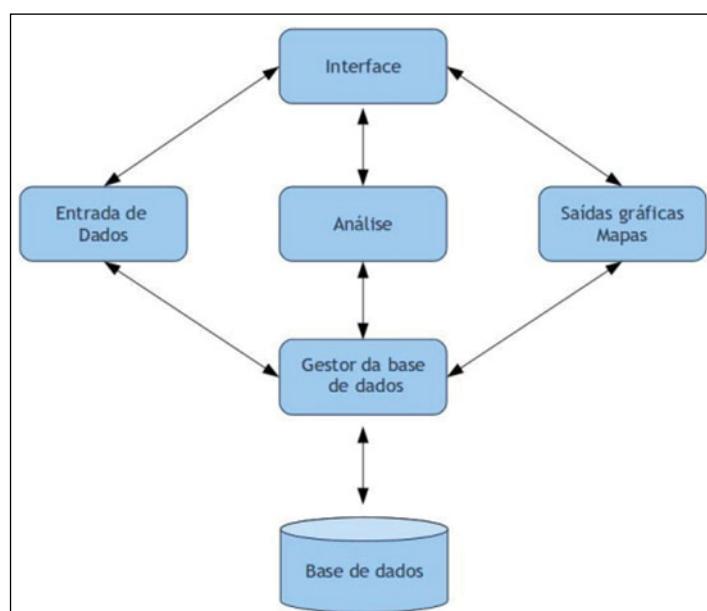
Nesse sentido, o termo SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos, e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial, oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro, e outros) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (Câmara *et al.*, 2004).

Essa definição de SIG reflete em combinar várias informações, em que um SIG possui os seguintes componentes, interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial; visualização, plotagem, armazenamento e recuperação de dados, os quais são organizados em forma de banco de dados, em que se relacionam hierarquicamente, em uma interface homem – máquina, definindo como um sistema operado e controlado, tendo como intermediário o SIG, tendo como mecanismo de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída).

A maioria das aplicações SIG apresenta uma estrutura geral com uma interface para comunicação com o utilizador, uma base de dados, uma unidade de gestão dessa base de dados, e um conjunto de funcionalidades para entrada e edição de dados, sua análise, produção e impressão de mapas (Figura 1). Com os avanços da Internet, desenvolveram-se nos últimos anos técnicas que possibilitam

a publicação e acesso a bases de dados geográficas remotas, cuja estrutura interna dos programas, permite aceder e publicar dados remotamente através de serviços Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) e Web Coverage Service (WCS), de acordo com as especificações do Open Geospatial Consortium (OGC).

As aplicações SIG suportam diversos formatos/modelos de dados graças a bibliotecas de interpretação, tais como a notável GDAL/OGR que é base de muitos softwares SIG, inclusivamente software proprietário (não Open Source). Existem ainda formatos proprietários, que sendo fechados/não standard criam sérios problemas à integração com software livre, por vezes mais por questões legais do que devido a questões puramente técnicas. Um exemplo era o caso das bibliotecas para suporte dos formatos ECW e MrSID, que possuem licenças pouco claras, em particular no que concerne à livre distribuição das mesmas.

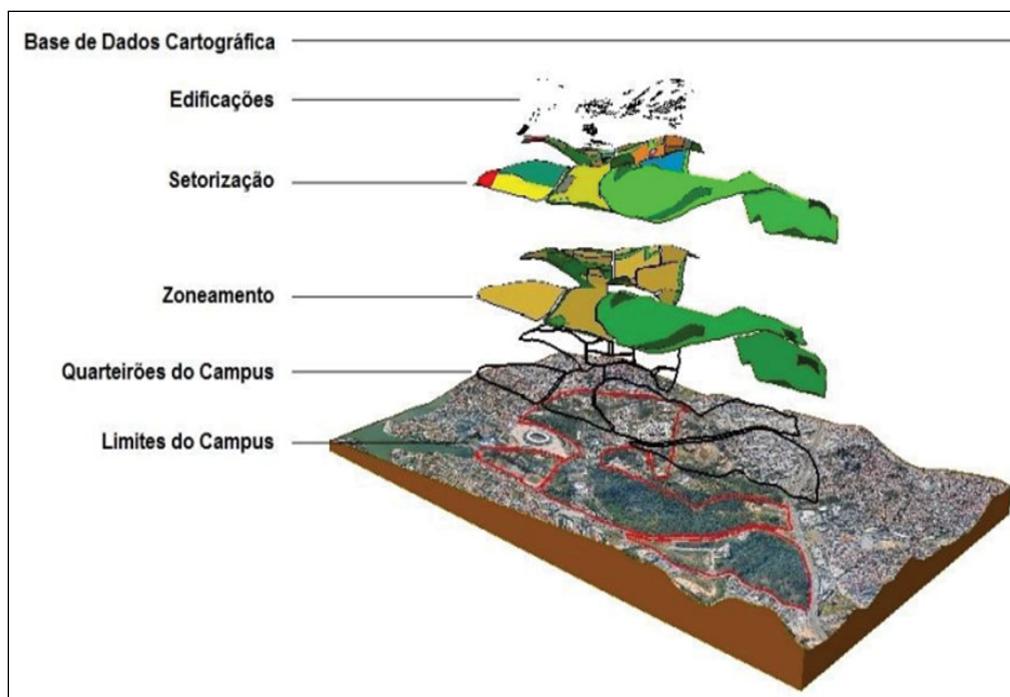


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1. Estrutura de um GIS.

Para entender a captura dos dados espaciais estudados para o ambiente computacional, Caetano (2010), afirma que é preciso entender o paradigma dos quatro universos dividido em:

- O universo do mundo real, que inclui as entidades da realidade a serem modelados no sistema, como por exemplo, os tipos de solos, dados geofísicos, topográficos, entre outros;
- O universo matemático (conceitual), que inclui uma definição matemática (formal) das organizações a serem representadas, como por exemplo, as classes formais de dados espaciais, ou seja, os dados matemáticos de dados de sensoriamento remoto, modelos numéricos de terrenos, entre outros;
- O universo de representação, onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas e alfanuméricas no computador, como por exemplo, as representações matriciais e vetoriais;
- O universo de implementação, onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidos, baseados em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que acontece a codificação, ou seja, as linguagens de programação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2. Universos de um GIS (camadas vetoriais e raster ou matriciais).

Uma ferramenta indispensável para o geoprocessamento é a Detecção Remota (DR), em que, unido aos satélites, é entendido como o uso de sensores a bordo dos satélites para observar, medir e registrar radiações eletromagnéticas refletidas e emitidas pela Terra e seu ambiente, para analisar e extraer informação (Caetano, 2010). Em que essa ferramenta permite obter fotografias e/ou imagens de satélite, permitindo gerenciar e diagnosticar o comportamento, ou o potencial de uma região, nesse caso, a Ilha do Papagaio – PA, uma vez que, as informações derivadas dessas imagens orbitais emanam respostas rápidas e seguras, diretamente vinculadas à avaliação, monitoramento e mapeamento eficientes da Ilha. Dependendo do satélite utilizado, diferentes análises são obtidas referentes à sua resolução espectral, temporal, espacial e radiométrica.

Outra ferramenta é o GPS que auxilia na tarefa de definir uma coordenada central ou um polígono envolvente da área. Dependendo da localização e dimensão da área uma imagem pode ser suficiente, contudo, existem casos mesmo de pequenas áreas onde há necessidade de se adquirir várias imagens, como na situação em que a área esteja localizada nos cantos das imagens. Definida a área é possível identificar a(s) imagem (s) a ser (em) adquirida (s), o LANDSAT e o SPOT têm um sistema de identificação das imagens composto de dois números, o primeiro é o número da órbita e o segundo é o número da imagem dentro da órbita, também chamado de ponto. A identificação das imagens pode ser obtida no mapa denominado Sistema de Referência Universal, fornecido pelo INPE (Caetano, 2010).

ECOLOGIA URBANA

A Ecologia Urbana é uma área da ecologia, que se baseia nas teorias e métodos das ciências naturais e sociais, estudando os padrões e processos dos ecossistemas urbanos. A evolução da área

“Ecologia Urbana” percebe as cidades como paisagens heterogêneas, dinâmicas constituídas por complexos sistemas socioecológicos e adaptativos, nas quais a distribuição dos serviços ecossistêmicos ocorre em múltiplas escalas sociais e ecológicas (Grimm *et al.*, 2008).

Para MEA (2005), os aglomerados urbanos diferem de outros ecossistemas heterotróficos (aqueles que dependem dos autótrofos, produtores primários, para se alimentar) por apresentarem um metabolismo mais intenso por unidade de área, exigindo maiores insumos energéticos e uma grande entrada de materiais, com dispersão significativa de energia. Ainda assim, os modelos das cidades e ecossistemas urbanos são baseados na teoria de ecossistemas, na qual a cidade é comparada com um organismo cujas complexidades individuais tentam encontrar seu espaço e diversificação de funções em um ambiente físico (Bettini, 1998).

Segundo Haase (2014), a ecologia urbana visa à integração do planejamento urbano, a fim de estabelecer uma visão local e regional mais ampla, executando as respectivas conexões entre os diferentes elementos do sistema: bióticos e abióticos.

Da mesma maneira, Bettini (1998) explora o conceito de metabolismo urbano para explicar as relações entre sociedade e natureza a partir da quantificação, e análise dos fluxos e matéria que ocorrem no meio urbano com o objetivo de garantir a eficiência energética ambiental do território para assegurar o funcionamento da cidade a partir do esforço político, técnico e econômico com minimização dos danos ambientais. Assim, o metabolismo urbano torna-se um instrumento útil e flexível para a academia, indústria, sociedade e governo, que ajuda na compreensão das cidades e sua dinâmica; devido às perspectivas técnicas, multidisciplinares, ecológicas e econômicas nas quais é avaliado (Rotmans *et al.*, 2000; Kennedy *et al.*, 2007).

O interesse em utilizar o conceito de sustentabilidade urbana torna-se bastante claro, especialmente quando se fala da expansão inadequada das cidades, pois isso contribui para aumentar os problemas ambientais, como poluição urbana e desintegração social entre outros. Portanto, é necessário gerar medidas que articulem planejamento urbano e desenvolvimento sustentável, tais como: o desenvolvimento de estratégias para a avaliação e proteção da biodiversidade na cidade, a criação de políticas que incentivem a participação dos cidadãos na tomada de decisões, e as políticas de urbanismo eficazes com critérios de sustentabilidade (Breuste; Qureshi, 2011).

A sustentabilidade urbana responde, por conseguinte, à relação entre os recursos naturais e os níveis de bem-estar próprio da vida urbana; essa sustentabilidade é uma estratégia para resolver os problemas ambientais decorrentes nas cidades, que vêm a partir da apropriação de áreas para o fornecimento de bens e serviços para a população que é extraída dos ecossistemas estratégicos (Mcintyre *et al.*, 2008).

Da mesma forma Acselrad (1999) concebe a sustentabilidade urbana como a construção de mecanismos e metodologias que revelam aspectos e atributos que representam uma cidade a partir de políticas públicas urbanas as quais são concebidas nos planos diretores e leis de zoneamentos a partir do estabelecimento de objetivos a serem atingidos na ordenação do território municipal, fixando as diretrizes do desenvolvimento urbano do município em vias públicas, zoneamento e espaços verdes com o objetivo de garantir o desenvolvimento da cidade de forma equilibrada e sustentável; na qual a participação dos atores sociais e instituições públicas e privadas na apropriação dos problemas são uma realidade e necessidade.

Igualmente é importante uma coesão espacial das políticas econômicas, ambientais, sociais e culturais de uma cidade, uma vez que são estas que influenciam a vida econômica e social dos

cidadãos. Portanto, medidas como a melhoria da acessibilidade e habitabilidade, espaços públicos, saúde e criação de áreas verdes podem ajudar a uma maior integração social que promovam um abrangente planejamento urbano funcional e espacial (Barton, 2006).

Porém, as áreas verdes tornaram-se os principais ícones de defesa do meio ambiente nas cidades pela degradação do ecossistema urbano e pelo exíguo espaço que lhes é destinado nos centros urbanos. A qualidade de vida urbana está diretamente ligada a fatores que estão reunidos, no desenvolvimento econômico, social, cultural e, sobretudo, ambiental; no caso do desenvolvimento ambiental, as áreas verdes públicas são elementos indispensáveis para o bem-estar da população, pois influenciam diretamente a saúde física e mental da sociedade (Acselrad, 2009; Ahern, 2013; Ramos, 2016).

BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir do funcionamento dos ecossistemas (Costanza *et al.*, 1998; MEA, 2005). Esse conceito se tornou relevante nos campos político, econômico e científico, sendo incorporado nas convenções e relatórios sobre o meio ambiente e agricultura das organizações internacionais.

Segundo a MEA (2005), os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias:

- Serviços de provisão são os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos e fibras, madeira para combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água;
- Serviços de regulação relacionam - se às regulatórias dos processos características ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar, controle de erosão, regulação climática, tratamento de resíduos, purificação de água, sendo derivados das funções ecossistêmicas (interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema, incluindo transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação climáticos e do ciclo da água);
- Serviços de suporte são aqueles necessários para a produção dos outros serviços ecossistêmicos. Eles se diferenciam das demais categorias na medida em que seus impactos sobre o homem são indiretos e/ou ocorrem no longo prazo; como produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, produção primária, ciclagem de nutrientes, entre outros;
- Serviços culturais, os quais incluem a diversidade cultural, na medida em que a própria diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores religiosos, espirituais, educacionais e estéticos; assim, esses serviços estão vinculados a comportamentos e valores humanos.

O conceito de bens e serviços ecossistêmicos, ou serviços ambientais, nos últimos anos vem ganhando força, porque a população mundial começa despertar sobre a importância da relação entre os seres humanos e os ecossistemas em que está inserida, provavelmente devido aos impactos ambientais em diversas escalas. É necessário conhecer a relação homem-natureza para identificar cada um dos bens e serviços ecossistêmicos, a fim de compreender a dinâmica entre as funções do ecossistema para atender às necessidades dos seres humanos e como a compreensão dessa relação podem-se tomar decisões mais bem embasadas com relação à gestão e conservação dos recursos e dos ecossistemas em diferentes processos a serem desenvolvidos (Pauchard *et al.*, 2006; Lebel *et al.*, 2006).

Dessa forma, o conhecimento das relações homem-natureza fornece informações em escalas regional e local, a serem incorporadas pelos formuladores de políticas e tomadores de decisão na busca de práticas de gestão adequadas, para garantir a manutenção ou aumento da oferta de bens e serviços essenciais à existência humana e de outros organismos (Carpenter; Folke, 2006; Dietz *et al.*, 2003).

Funções dos Remanescentes Florestais nas Áreas Urbanas

Dentro dessas novas necessidades de encontro com a natureza, é a sociedade contemporânea quem acha várias possibilidades de uso dos fragmentos florestais urbanos, que vão desde a contemplação da paisagem e dos elementos que compõem um ecossistema numa trilha ou num mirante até um contato mais intenso propiciado pelas atividades dos esportes de aventura e práticas de interpretação da natureza e educação ambiental (Gómez-Baggethun; Barton, 2013). Na atualidade, os remanescentes florestais naturais inseridos nas áreas urbanas conservam características fisionômicas e de estrutura da vegetação que permitem oferecer serviços ecossistêmicos nas cidades para o bem-estar da população. A importância das áreas verdes urbanas sempre é explicada pelo seu potencial em propiciar qualidade ambiental à população, já que esta interfere diretamente na qualidade de vida dos seres por meio das funções ecológicas, sociais, estéticas e educativas que elas desempenham para amenizar as consequências negativas da urbanização (Andersson *et al.*, 2014).

Diversos autores, dentre eles Kowarik (2011) e Gómez-Baggethun e Barton (2013), citam vários benefícios que as áreas verdes podem trazer ao convívio nas cidades, como:

- Purificação da atmosfera urbana, pois as folhas são capazes de fixar partículas de poeira, eliminar bactérias e materiais residuais e fixar gases tóxicos por meio da absorção de alguns poluentes, tornando-se como uma espécie de filtro da biosfera;
- Estabilização de superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas;
- Controle da poluição do ar e acústica; interceptação das águas da chuva no subsolo reduzindo o escoamento superficial;
- Redução dos efeitos das chamadas ilhas de calor, fenômeno típico das grandes metrópoles;
- Abrigo à fauna;
- Organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas, e oportunidade de encontro e troca social, como espaço de convivência para a formação de uma memória e do patrimônio cultural.

Planeamento dos Serviços Ecossistêmicos nas Cidades

Embora as cidades possam parecer ter pouco a ver com o conceito de serviços ecossistêmicos, exceto o fato de beneficiarem em grande medida dos mesmos, ao mesmo tempo que ameaçam a sua provisão através de processos de urbanização (MEA, 2005), esta visão tem vindo a mudar progressivamente durante os últimos anos.

Enquanto a ciência dos serviços ecossistêmicos se desenvolvia, as cidades começaram a ser vistas não apenas como consumidoras de serviços ecossistêmicos provenientes de áreas urbanas exteriores, mas também como produtoras, como já foi referido no trabalho seminal de Bolund e Hunhammar (1999). O estudo dos serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos ecossistemas urbanos e seus componentes (Gómez-

Baggethun; Barton 2013), tornou-se um foco de investigação dos serviços ecossistêmicos (Haase *et al.*, 2014). Os serviços ecossistêmicos reguladores e culturais surgiram como os mais relevantes em áreas urbanas (Gómez-Baggethun; Barton, 2013; Elmquist *et al.*, 2015). Ao regular o escoamento e os fluxos de águas pluviais, purificar o ar, regular o microclima, reduzir o ruído e moderar os extremos ambientais, os ecossistemas urbanos afetam a qualidade do ambiente urbano e controlam os riscos associados. Além disso, ao proporcionarem um espaço adequado para o lazer, aumentando a qualidade estética dos espaços urbanos, oferecendo oportunidades de enriquecimento cultural e preservando a identidade local e o sentido de lugar, proporcionam uma série de benefícios não materiais que são essenciais para o bem-estar humano e social nas cidades (Gómez-Baggethun; Barton, 2013; Elmquist *et al.*, 2015).

Preservar, restaurar e melhorar os SE urbanos é, portanto, necessário para garantir cidades habitáveis, sustentáveis e resilientes (Mcphearson *et al.*, 2015; Botzat *et al.*, 2016; Frantzeskaki *et al.*, 2016). O SE urbano e os benefícios associados estão ligados a muitos dos desafios mais prementes para as cidades. A mitigação e a adaptação às alterações climáticas, a promoção da saúde dos cidadãos, o reforço da inclusão social e a redução da pegada ambiental das cidades, para citar apenas alguns exemplos, têm uma relação direta com a provisão de SE urbanos (Bowler *et al.*, 2010; Demuzere *et al.*, 2014; Mcphearnson *et al.*, 2014). Além disso, muitos SE urbanos produzem efeitos apenas a nível local (Andersson *et al.*, 2015) e os substitutos artificiais, quando existem, são frequentemente caracterizados por custos e impactos elevados (Elmqvist *et al.*, 2015). Enquanto a população urbana continua a crescer, a manutenção de ecossistemas saudáveis e funcionais parece ser da maior importância para garantir que a procura crescente de SE seja satisfeita de forma sustentável.

Reconhecer a presença da natureza nas cidades como benéfica não é uma inovação na disciplina do planeamento urbano, e as referências à importância dos espaços verdes nas cidades e à sua influência positiva no bem-estar da população urbana remontam à fase inicial do planeamento moderno. No entanto, no século passado, prevaleceu uma visão da natureza nas cidades como estando apenas relacionada com valores teóricos e recreativos, e um forte enfoque na forma urbana como determinante do desempenho ambiental das cidades fez com que outras estratégias, como a compacidade, a densidade e a diversidade funcional, prevalecesse mesmo quando surgiu o então novo paradigma da sustentabilidade (Jabareen, 2006). Só recentemente, também graças a uma evidência científica crescente, “tornar a cidade mais verde” tornou-se um imperativo para o planeamento urbano.

Os conceitos de “ações baseadas nos ecossistemas” (Geneletti; Zardo, 2016; Brink *et al.*, 2016) e “soluções baseadas na natureza” (Raymond *et al.*, 2017) aplicados às cidades sugerem a promoção ativa dos serviços ecossistêmicos urbanos e dos benefícios conexos para enfrentar de forma sustentável uma vasta gama de desafios urbanos.

Neste contexto, a integração do conhecimento e da abordagem dos SE no planeamento urbano é apontada, por muitos lados, como uma estratégia valiosa para abordar alguns dos problemas “perversos” do desenvolvimento urbano atual, desde a necessária transição para a resiliência (Collier *et al.*, 2013) até à necessidade de abordagens sustentáveis para lidar com as periferias urbanas (Geneletti *et al.*, 2017). É por isso que a inclusão dos SE nos planos urbanos começou a ser considerada um indicador da sua qualidade (Woodruff; Bendor, 2016), medindo, em última análise, a sua capacidade de pôr em prática ações estratégicas para cidades mais sustentáveis e resilientes (Frantzeskaki *et al.*, 2016).

Haase *et al.* (2014) resumiram os principais desafios a serem enfrentados. Entre outros, identificaram a necessidade de métodos e indicadores mais apropriados capazes de captar a

heterogeneidade e a fragmentação dos ecossistemas urbanos, a investigação da relação entre os serviços ecossistêmicos urbanos, a biodiversidade, a incerteza sobre o grau de transferibilidade dos dados e resultados, e a falta de análises que levem em conta a demanda por serviços ecossistêmicos.

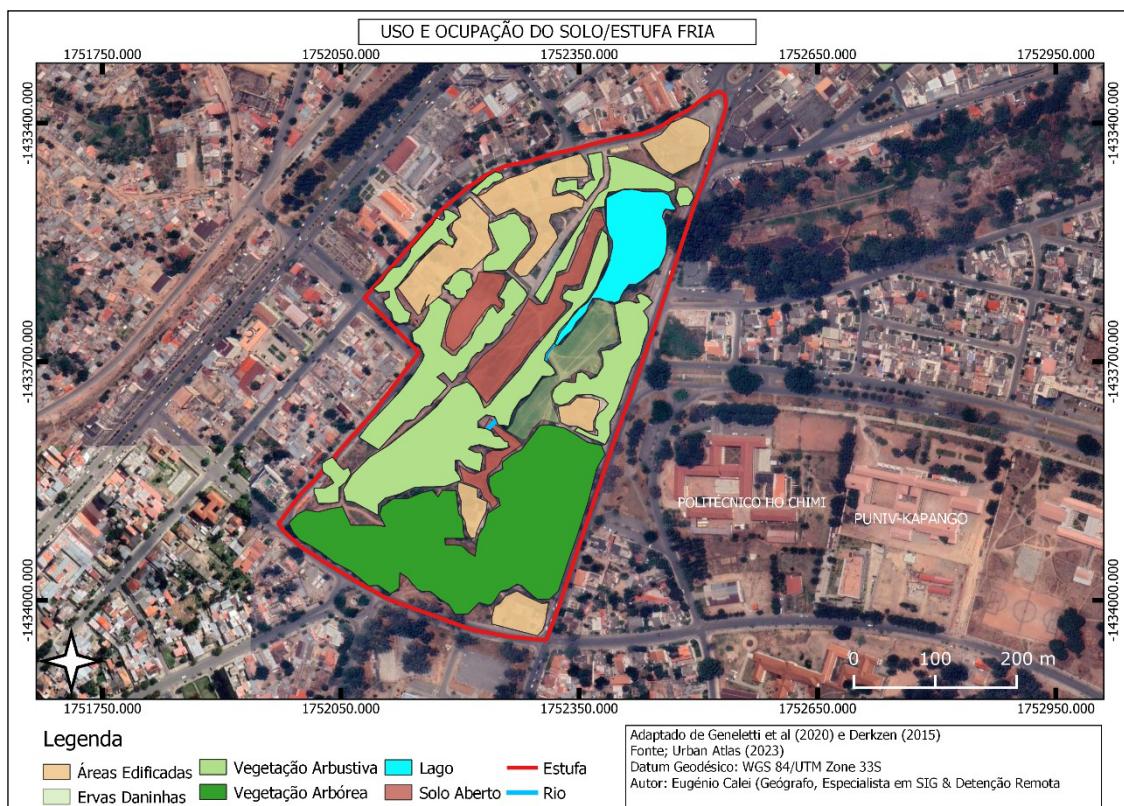
A incerteza quanto ao grau de transferibilidade dos dados, dos resultados, e a falta de análises que tenham em conta a procura de serviços ecossistêmicos, integrando as preferências e os valores das pessoas, nomeadamente no que respeita particularmente no domínio dos serviços ecossistêmicos culturais. Este livro pretende contribuir para a resolução de alguns destes desafios, promovendo a plena integração do conceito, e da abordagem dos serviços ecossistêmicos no planeamento urbano.

METODOLOGIAS

Considerando os objetivos da referida pesquisa, este estudo apresenta um caráter bibliográfico e aplicado, que normalmente utiliza pesquisas com especialistas e revisão bibliográfica, dispensando um processo de amostragem rigoroso e quantitativo para coleta e análise dos dados.

O trabalho foi feito a partir da busca de artigos científicos pesquisados na base de dados Web of Science (disponível no Portal Periódico da CAPES, <http://www.periodicos.capes.gov.br/>), considerando o intervalo de tempo entre 2003 e 2020, utilizando a seguinte combinação de palavras-chaves (em inglês): (i) serviço ecossistêmico e urbano, (ii) serviço ecossistêmico e área urbana, (iii) serviço ecossistêmico e parque urbano, (iv) serviço ecossistêmico e cidade, (v) serviço ecossistêmico e cidades, (vi) serviço ambiental e urbano, (vii) serviço ambiental e área urbana, (viii) serviço ambiental e parque urbano, (ix) serviço ambiental e cidade, e (x) serviço ambiental e cidades. As palavras-chaves só foram pesquisadas pelo título da publicação.

Para a análise do uso e ocupação do solo da estufa fria da cidade do Huambo, foi feita a aquisição de imagens de satélites na Google Earth Pro e classificada de acordo PAP/RAC (1997), onde atribui-se oito classes: vegetação arbustiva, vegetação herbácea, espaço agrícola, rio, lago, e áreas edificadas, ervas daninhas e solo aberto, tal como ilustra a Figura 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. Ocupação e usos dos solos da área de estudo.

A avaliação da oferta dos serviços ecossistêmicos selecionados baseou-se em valores médios para diferentes tipos de ecossistemas urbanos retirados de estudos anteriores em contextos urbanos (McPhearson *et al.*, 2013)

A Tabela 1 resume os valores selecionados e harmonizados em relação a quatro tipos principais de cobertura do solo; nomeadamente, (i) áreas edificadas, (ii) solo descoberto, (iii) relevo e arbustos, (iv) árvores e bosques. Mais detalhadamente, o armazenamento de carbono foi estimado para a vegetação grosseira (ou seja, arbustiva e arbórea), vegetação fina (ou seja, gramíneas e arbustos) e adoção de solo, os mesmos valores médios aplicados por McPhearson *et al.* (2013) à cidade de Nova Iorque.

Para os serviços ecossistêmicos de regulação da estufa fria da cidade do Huambo, foram apenas consideradas a vegetação arbustiva e a vegetação herbácea, já que estas tem mais influência na regulação dos referidos serviços e produzem mais benefícios. Os valores atribuídos para cada serviço e benefícios ecossistêmicos foi de acordo com o que consta na Tabela 1, aplicado por McPhearson *et al.* (2013) e citado por Geneletti *et al.* (2020).

A mesma abordagem foi utilizada para avaliar a remoção da poluição atmosférica, centrando-se na deposição de PM10 na vegetação herbácea e arbustiva (McPhearson *et al.*, 2013). Com base em Derkzen *et al.* (2015), os valores para a remoção da poluição do ar foram duplicados para áreas verdes localizadas dentro de um buffer de 50 m das ruas para contabilizar a maior concentração de PM10 que aumenta o fluxo de deposição. Finalmente, a redução do ruído foi avaliada, adoptando os valores propostos por Derkzen *et al.* (2015). Para cada serviço ecossistêmico de regulação, os valores foram

então convertidos em pontuações adimensionais variando de 0 a 10, onde 10 corresponde ao valor do tipo de cobertura do solo com melhor desempenho.

Operacionalmente, o primeiro passo para mapear a oferta de serviços ecossistêmicos de regulação, consistiu na inspeção visual de uma imagem de satélites do Google Earth Pro identificando os principais tipos de ocupação do solo na estufa fria, seguida da digitalização dos usos num SIG. A informação sobre a cobertura do solo foi então combinada com os valores padronizados da Tabela 1 obtendo mapas de oferta para cada serviço ecossistêmico de regulação. Na obtenção de um indicador global da oferta de serviço ecossistêmico em cada área de amostragem, cada tipo de cobertura do solo foi multiplicado pelo valor normalizado correspondente e, em seguida, as contribuições dos diferentes tipos de cobertura do solo foram somadas. Por fim, o resultado foi dividido pela superfície total da área de amostragem para obter uma pontuação global de 0 a 10, que mede a oferta de cada SE em cada área de amostragem.

Globalmente, a área de estufa fria apresenta a pontuação mais elevada para três dos quatro serviços ecossistêmicos de regulação analisados, nomeadamente: remoção da poluição atmosférica, arrefecimento e redução do ruído. Além disso, o desempenho de cada área de amostragem varia consoante o serviço ecossistêmico que está a ser considerado. Este fato demonstra a importância da tipologia das áreas verdes na determinação da oferta de SE e o potencial que os indicadores agregados (como a área verde per capita) podem introduzir na representação da distribuição equitativa dos serviços ecossistêmicos.

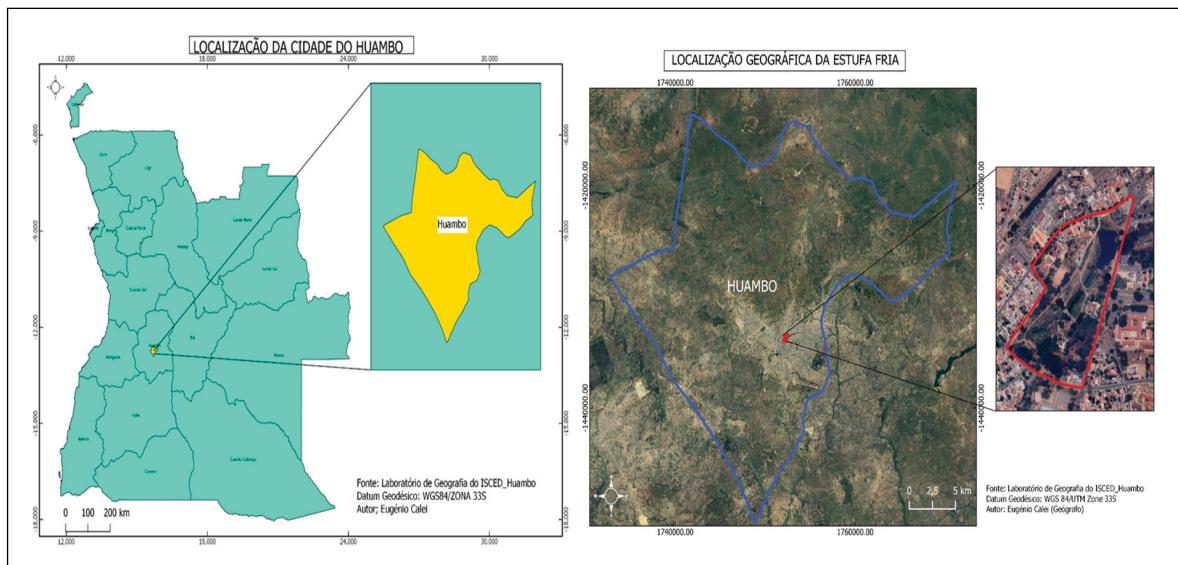
Tabela 1. Valores médios da oferta de serviços ecossistêmicos para diferentes tipos de ocupação do solo, em termos dimensionais e não dimensionais.

	Carbon storage		Air pollution removal		Micro-climate regulation		Noise reduction	
Built-up and sealed	-	0	-	0	-	0	-	0
Bare soil	8.2 kg/m ²	5.3	-	0	1.2 °C	3.3	-	0
Grass and shrubs	8.4 kg/m ²	5.4	1.12 g/m ² /year	4	1.2 °C	3.3	0.375 Db(A)/100 m ²	1.8
Trees and woodland	15.5 kg/m ²	10	2.73 g/m ² /year	10	3.6 °C	10	2 Db(A)/100 m ²	10

Fonte: Adaptado de Geneletti *et al.* (2020).

Área de Estudo

A Estufa-fria está localizada na zona centro este da cidade do Huambo, com as coordenadas geográficas de 12°46'25"S e 15°44'25"E, limitando-se a norte pela rua Rei Canene, a sul rua Rei Ndala, a este pela Avenida 4 de Abril e a oeste pela rua Padre Costa e Rei Canene (Figura 4). É uma floresta urbana, com um ecossistema que desempenha um papel essencial, proporcionando benefícios ecológicos, sociais, econômicos e estéticos, tais como: mitigação da poluição do ar, dos efeitos de impermeabilização do solo, regulação do microclima, além de abrigar espécies da fauna e da flora no meio urbano bem como proporcionar a práticas de lazer dos cidadãos e não só. Mas a falta de valoração económica destes serviços e a sua divulgação, têm dificultado uma tomada de decisão administrativa que seja sustentável para este local, tornando-o vulnerável a práticas lesivas do ambiente por parte dos cidadãos que lá acorrem para beneficiar dos seus serviços ecossistêmicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. Localização da área de estudo.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Sequestro do Carbono

As árvores urbanas atuam como sumidouros de CO₂, armazenando o excesso de carbono como biomassa durante a fotossíntese (Figura 5).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5. Sequestro do carbono.

A análise comparativa realizada, somada às informações referentes ao processo de configuração da paisagem em cada trecho de floresta urbana da estufa fria, subsidiou o delineamento de diretrizes paisagísticas baseadas no provimento de serviços ecossistêmicos relacionados ao sequestro de carbono.

Com base na metodologia de Geneletti *et al.* (2020) adaptado por Derkzen *et al.* (2015), da cartografia que se fez da área, constatamos que o solo nu ou descoberto tem uma capacidade de produção de carbono de 5,3, a vegetação arbustiva ou arbórea 5,4, a vegetação arbórea de 10 e encontramos um score de produção de $7,7 \text{ kg/m}^2$.

Redução da Escorrência



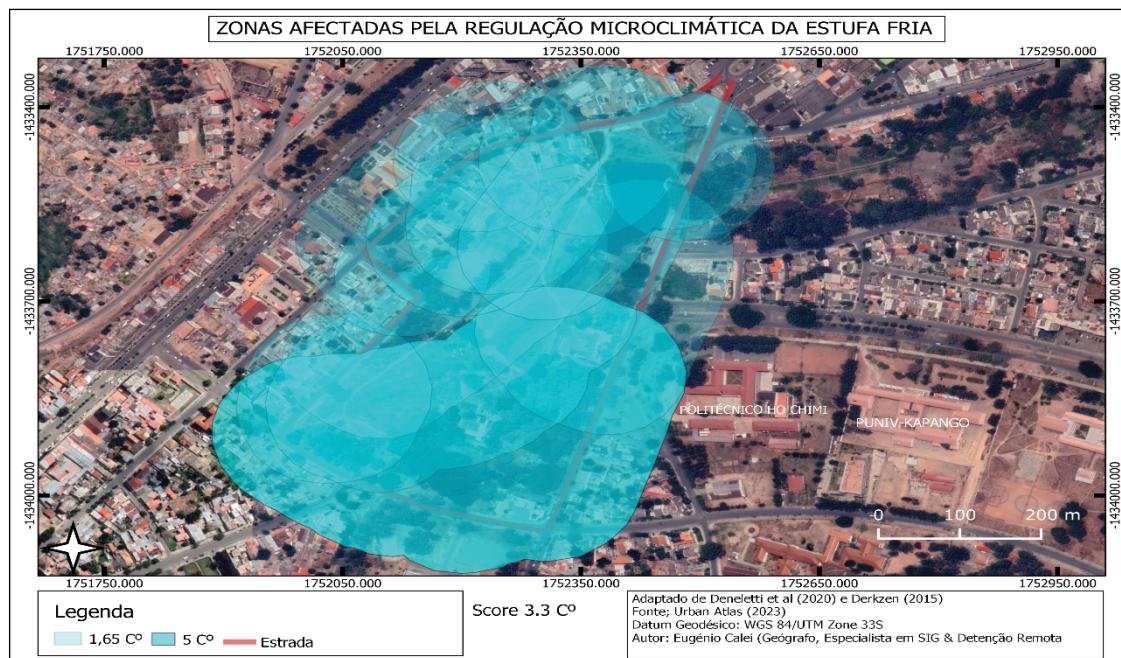
Figura 6. Redução da escorrência superficial.

Com base na metodologia utilizada por Geneletti *et al.* (2020) adaptado por Derkzen *et al.* (2015), com as adaptações necessárias, foi aplicada para todos os atributos analisados na Tabela 1 de pesos que varia de 0 a 15.5 kg/m^2 , com o valor mais alto (15.5 kg/m^2) sendo direcionado para as áreas mais suscetíveis a escoamento superficial e o menor valor (0 a 1) sendo atribuído para as áreas com a menor suscetibilidade. Verificou-se que a vegetação herbácea e arbustiva tem uma capacidade de produção 8,4, a vegetação arbórea de 10 e encontramos um score de $9,2 \text{ kg/m}^2$.

Regulação Microclimática

A vegetação urbana regula as temperaturas locais e protege os efeitos das ilhas de calor urbanas. As árvores também podem regular a superfície local e temperaturas do ar refletindo a radiação solar e superfícies sombreadas, como ruas e calçadas que, de outra forma, absorvem calor.

A Figura 7 mostra o cartograma de temperatura e percebe-se que, a conformação espacial da estufa fria, gera áreas distintas do ponto de vista microclimático, apesar de sua aparente simetria.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7. Regulação Microclimática.

Na Figura 7 verifica-se que, o solo nú/descoberto, a vegetação herbácea e arbustiva tem uma capacidade de produção de 3,3, a vegetação arbórea de 10 e encontramos um score de 3,3 kg/m². As medições ocorridas ao longo do eixo longitudinal mostram a amenização das condições de temperatura devida, principalmente, ao sombreamento gerado pelas borraqueiras e outras espécies arbóreas de médio e grande portes.

Percebe-se que, nas proximidades de onde há grande concentração de vegetação na estufa fria, foram registradas mais influencia de diminuição de temperatura. Sendo assim, nota-se que a concentração de vegetação propicia um ambiente climático mais ameno comparado aos demais pontos.

Remoção de Poluentes

Poluição do ar por transporte, indústria, aquecimento doméstico e resíduos sólidos urbanos, a incineração é um grande problema para a qualidade ambiental e a saúde humana no ambiente urbano; leva a aumentos nas doenças respiratórias e cardiovasculares.

A observação qualitativa do local levou às seguintes características: ambiente de topografia praticamente plano, com poucas variações de nível, cobertura do solo predominantemente de asfalto na faixa sul, norte, e este da estufa fria, em alguns poucos pontos, há trechos de vegetação arbustiva e arbórea. O local avaliado é predominante urbano, sobretudo ocupado por veículos em trânsito, estacionados, comércio fixo e ambulante

A vegetação herbácea/arbustiva e a vegetação arbórea numa cidade, podem melhorar a qualidade de vida das pessoas, removendo as partículas PM10 (Figura 8).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8. Remoção de poluentes.

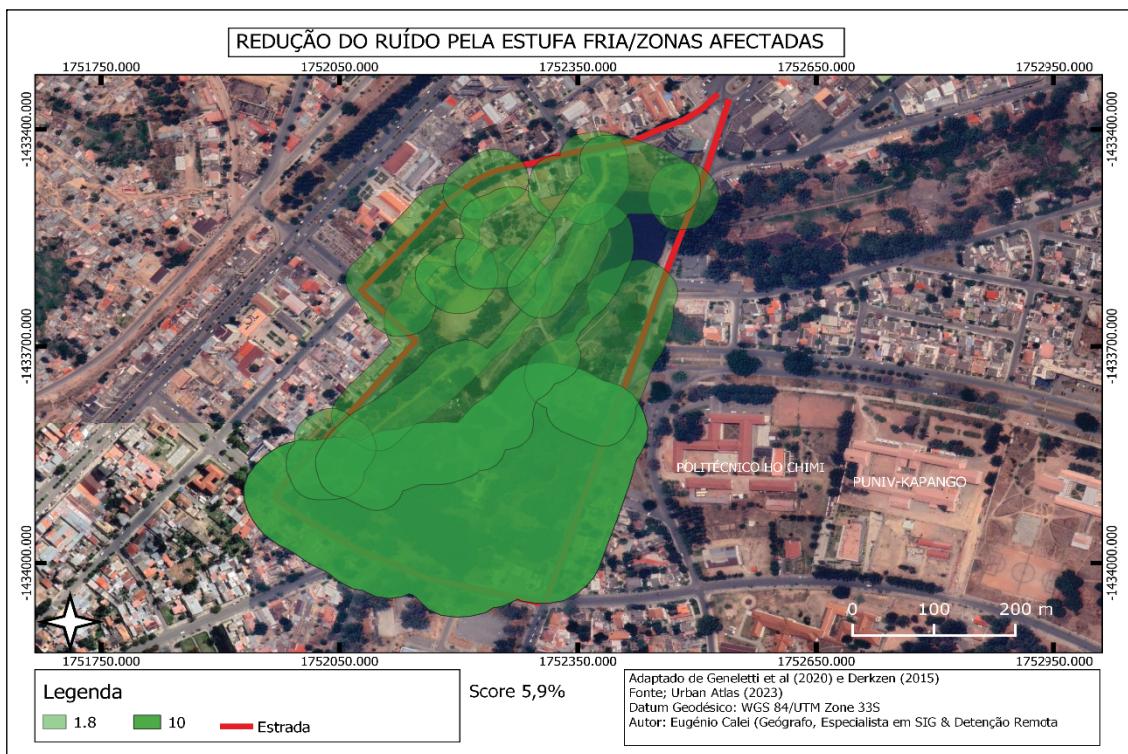
A vegetação herbácea e arbustiva tem uma capacidade de produção de 2, a vegetação arbórea de 5, encontramos um score de 7 pm10.

Redução do Ruído

O tráfego, construções e outras actividades humanas, tornam o ruído uma grande poluição, problemas que afectam as cidades, a saúde das pessoas por meio do stresse. A vegetação urbana pode atenuar, por meio da absorção, refração, reflexão e desvio do som.

A atenuação da vegetação vai variar segundo a densidade da folhagem, características do solo, largura e distância da fonte sonora. Esta solução é de difícil aplicação sobretudo em grandes centros urbanos, já que para começar a ter efeito é necessário pelo menos 15 m de largura e altura mínima de 5 m acima da linha de visão. De acordo com a Figura 9, vegetação herbácea e arbustiva tem uma capacidade de produção de 1,8, a vegetação arbórea de 10 e encontramos um score de 5,9 kg/m².

Apesar de não termos encontrado uma correlação entre o diâmetro da copa e a redução do ruído, alguns estudos buscam demonstrar tanto que corredores de vegetação com larguras maiores possuem maior capacidade de atenuar o ruído. Constatou-se que 100 metros de largura na faixa sul da estufa fria promoviam maior atenuação do ruído –como também que a maior densidade na absorção de poluentes atmosféricos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9. Redução de Ruído.

No que respeita ao estudo de modelação da propagação do ruído, o mapa situacional construído e devidamente validado, permitiram aplicar com alguma segurança os mesmos algoritmos na simulação de cenários futuros de ocupação do espaço, dando especial ênfase à integração de espaços verdes na estrutura urbana.

Áreas de Benefício de Serviços Ecossistêmicos de Regulação

Foram feitos a análise espacial das áreas de benefício dos serviços ecossistêmicos de regulação microclimática, remoção de poluentes e redução de ruídos, pelo facto do seu benefício se alargar para além das áreas de produção (Figura 10).

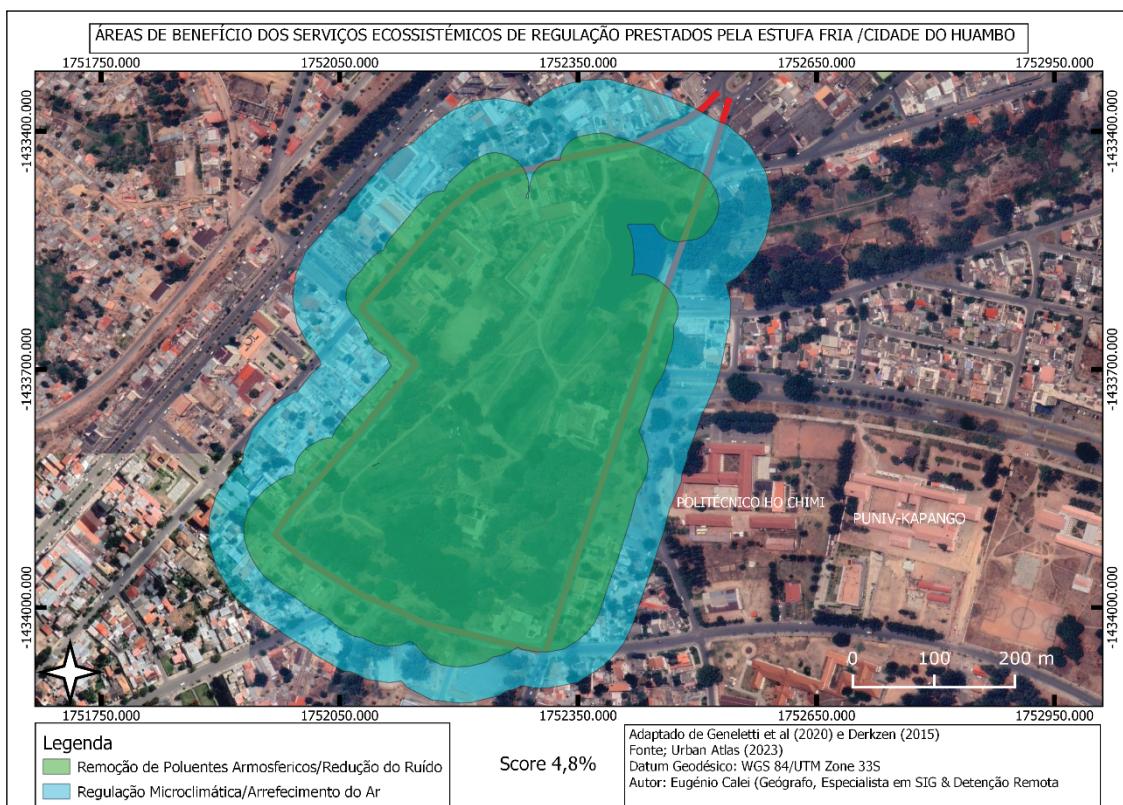
O benefício da regulação microclimática não é só sentido na área de produção ou prestação, mas sim, de forma omnidirecional. Pode-se verificar que o benefício dá-se numa área de influência de até 100 m a partir da área de produção, abrangendo alguns pontos da cidade de Huambo tais como; zonas envolventes da avenida 5 de Outubro, zona oeste do bairro academico, Predio do Pica-Pau e partes da cidade baixa, etc.

A vegetação arbustiva/herbácea e arbórea podem remover os poluentes do ar (PM10) a partir das folhas das árvores e dos troncos. A remoção destes poluentes é maior durante o dia e menor a noite.

Pode-se constatar que benefício desta prestação de serviços é sentido ao longo do 50 m de distância a partir das vias ou áreas de com concentração de poluentes. O tipo de benefício é omnidirecional.

Constatamos que a vegetação arbustiva e arbórea na área de estudo, tem jogado um papel importante na atenuação do ruido. Quanto maior o cinturão da zona florestal maior será, a densidade das folhagens e ramos para reduzir ou atenuar o ruído.

Pode-se notar no mapa da Figura 10 que, a atenuação do ruído aumenta com a distância entre a fonte e o receptor, portanto, o benefício é sentido ao longo dos 50 m a partir das vias e o tipo de serviço prestado é omnidirecional.



A avaliação do acesso aos serviços ecossistêmicos seleccionados considerou os aspectos principais, mencionados na Tabela 1. As áreas beneficiárias dos serviços foram identificadas com base no fluxo dos serviços ecossistêmicos, considerando a relação espacial específica entre as áreas fornecedoras e beneficiárias, a direção e a escala que caracterizam cada serviço. No estudo de caso, dada a pequena dimensão das amostras, assumiu-se que todas as áreas beneficiadas são fisicamente acessíveis, ou seja, a uma curta distância a pé das habitações (Kabisch; Haase, 2014). Assim, apenas as áreas públicas são consideradas como possíveis locais para usufruir dos benefícios da refrigeração e da redução do ruído, enquanto o armazenamento de carbono e a remoção da poluição atmosférica não são afectados por qualquer limitação.

Para o armazenamento de carbono e a remoção da poluição atmosférica, que se pressupõe estarem igualmente distribuídos pelas áreas de amostragem, não é necessária qualquer análise espacial adicional. Para o armazenamento de carbono, é atribuída a mesma pontuação a todas as áreas, enquanto que para a remoção da poluição atmosférica é utilizada uma pontuação igual à pontuação da oferta para caracterizar as diferentes áreas de amostragem. Para os serviços ecossistêmicos que produzem áreas beneficiárias locais caracterizadas pela proximidade das áreas fornecedoras, os resultados da análise de acesso são apresentados no mapa das áreas de benefícios dos serviços. Tanto para a

regulação do microclima como para a redução do ruído, a classificação das áreas de amostragem com base na pontuação do acesso é diferente da classificação com base na pontuação da oferta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arborização urbana possui, nos dias atuais, grande relevância por envolver a gestão urbana, ela contribui não apenas para as questões ambientais, mas também reflete na qualidade de vida humana e propiciando à comunidade atendida: autoestima e bem-estar.

Para começarmos com estratégias de arborização, primeiro devemos entender dois componentes principais da arborização: as áreas verdes e a arborização viária. Para cada uma delas, o planeamento e o manejo devem ser diferenciados.

- Áreas Verdes: são distribuídas no espaço urbano como parques, praças e jardins. O planeamento para estas áreas exige a elaboração de projetos paisagísticos, de implantação e manejo, muitas vezes específicos para cada unidade;
- Arborização Viária: é composta pelas árvores plantadas nas calçadas das ruas da cidade e nos canteiros separadores de pistas de avenidas.

Para ambos componentes mencionados anteriormente, é preciso ser feito o planeamento do plantio das árvores, para evitar uma série de problemas futuros. Também devem ser levados em consideração na implantação da arborização aspectos culturais e históricos da localidade ou as necessidades e anseios da comunidade, tendo em vista que a participação da população é uma condição importante para o sucesso de qualquer projeto de arborização urbana.

Para a cidade do Huambo, propomos uma estratégia de arborização viária ou calçada ecológica, porque entendemos que está não vai alterar a estética em si da cidade.

Uma calçada ecológica é uma área permeável criada nas calçadas com a finalidade de aumentar a área permeável de um município. Suas dimensões variam de município para município, mas podem ser aumentadas de acordo com a área disponível da calçada.

Considerados isoladamente, os resultados das análises descritas nas subsecções anteriores podem ser utilizados para identificar pontos críticos na cidade onde a oferta, o acesso e a procura de serviços são particularmente elevados. As pontuações da oferta, do acesso e da procura também podem ser agregadas para revelar, por exemplo, desajustes entre a procura e a oferta (Ortiz; Geneletti, 2018). Como exemplo de agregação, propusemos um indicador combinado baseado nas pontuações da análise do acesso e da procura, dado que a primeira também inclui a pontuação da oferta. O indicador combinado permite classificar diferentes áreas da cidade, com base numa comparação entre a procura existente de serviços ecossistemico e a sua disponibilidade efectiva para os cidadãos. Assim, pode fornecer mais informações do que se se considerasse apenas a oferta e a procura.

Há necessidade de estudos mais aprofundados que revelem e mapeiem todos os factores que podem desempenhar um papel na determinação da forma como os beneficiários acedem aos serviços ecossistemicos. Em segundo lugar, a procura foi estimada tendo em conta apenas algumas categorias de indivíduos vulneráveis. Outros factores socioeconómicos e culturais (por exemplo, condições de habitação) poderiam ser acrescentados para melhorar a análise, explorando a complexidade da procura.

REFERÊNCIAS

- AHERN, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape Ecology**, 28(6), 1203-1212.
- ACSELRAD, H. (2009). A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. In **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: Lamparina, 256-264.
- ACSELRAD, H. (1999). Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, 1(1), 79-90.
- AHERN, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape Ecology**, 28(6), 1203-1212.
- ANDERSSON, E.; BARTHEL, S.; BORGSTRÖM, S.; COLDING, J.; ELMQVIST, T.; FOLKE, C.; GREN, Å. (2014). Reconnecting cities to the biosphere: stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. **Ambio**, 43(4), 445-453. Doi:10.1007/s13280-014- 0506-y.
- ANDERSSON, E.; MCPHEARSON, T.; KREMER, P. et al., (2015) Scale and context dependence of ecosystem service providing units. **Ecosyst Serv** 12:157–164. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.08.001>
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. (2011). Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revrbau**, Piracicaba-SP, 6(3), 172-188.
- BARTON, J. R. (2006). Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. **EURE** (Santiago), 32(96), 27- 45. Doi.org/10.4067/S0250-71612006000200003.
- BETTINI, V. (1998). **Elementos de ecología urbana**. Madrid: P. Lorca (Ed.). Trotta.
- BREUSTE, J.; QURESHI, S. (2011). Urban sustainability, urban ecology and the Society for Urban Ecology (SURE). **Urban Ecosystems**, 14(3), 313-317.
- BOLUND P.; HUNHAMMAR, S. (1999) Ecosystem services in urban areas. **Ecol Econ** 29:293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- BOTZAT, A.; FISCHER, L.K.; KOWARIK, I. (2016) Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation. **Glob Environ Chang** 39:220–233. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.008>
- BOWLER, D.E.; BUYUNG-ALI, L.M.; KNIGHT, T.M.; PULLIN, A.S. (2010a) A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. **BMC Public Health** 10:456. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-456>
- BRINK, E.; AALDERS, T.; ÁDÁM, D. et al. (2016) Cascades of green: a review of ecosystem-based adaptation in urban areas. **Glob Environ Chang** 36:111–123. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003>
- CAETANO, M. (2010). **Unidades Curriculares de Detecção Remota**, e-book, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, V. M. A. (2004). **Introdução à Ciência da Geoinformação**, (<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>, acedido, 23/06/2024).
- CÂMARA, G. (2005). **SIG** (URL: um Implementação de <http://www.oocities.org/wallstreet/exchange/3012/Aula4.htm>, acedido 23/02/2011).
- CARPENTER, S. R.; FOLKE, C. (2006). Ecology for transformation. **Trends in Ecology & Evolution**, 21(6), 309-315.

- COLLIER, M.J.; NEDOVIĆ-BUDIĆ, Z.; AERTS, J. et al., (2013) Transitioning to resilience and sustainability in urban communities. **Cities** 32. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.03.010>
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; RASKIN, R. G. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Ecological Economics**, 25(1), 3-16.
- DEMUZERE, M.; ORRU, K.; HEIDRICH, O. et al., (2014) Mitigating and adapting to climate change: multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. **J Environ Manage** 146:107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>
- DERKZEN, M.L.; VAN TEEFFELEN, A.J.A.; VERBURG, P.H. (2015) REVIEW: quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. **J Appl Ecol** 52:1020–1032. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12469>
- DIETZ, T.; OSTROM, E.; STERN, P. C. (2003). The struggle to govern the commons. **Science**, 302(5652), 1907-1912.
- ELMQVIST, T.; SETÄLÄ, H.; HANDEL, S. N.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; BLIGNAUT, J.; DE GROOT, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. **Current Opinion in Environmental** 14, **Sustainability**, 101-108. Doi:10.1016/j.cosust.2015.05.001
- FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; MCPHEARSON T (2016) Advancing urban environmental governance: understanding theories, practices and processes shaping urban sustainability and resilience. **Environ Sci Policy** 62:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.05.008>
- GENELETTI, D.; ZARDO, L. (2016) Ecosystem-based adaptation in cities: an analysis of European urban climate adaptation plans. **Land use policy** 50:38–47. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.09.003>
- GENELETTI, D.; LA ROSA, D.; SPYRA, M.; CORTINOVIS, C. (2017) A review of approaches and challenges for sustainable planning in urban peripheries. **Landsc Urban Plan** 165:231–243. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.01.013>
- GENELETTI, D.; SCOLOZZI, R.; ADEM ESMAIL, B. (2020) Assessing ecosystem services tradeoffs across agricultural landscapes in a mountain region. **Int J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag** 14:1–35. <https://doi.org/10.1080/21513732.2018.1526214>
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D.N. (2013) Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecol Econ** 86:235–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J., BAI, X.; BRIGGS, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. **Science**, 319(5864), 756-760.
- HAASE, D.; LARONDELLE, N.; ANDERSSON, E. et al., (2014) A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. **Ambio** 43:413–433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>
- JABAREEN, Y.R. (2006) Sustainable urban forms: their typologies, models, and concepts. **J Plan Educ Res** 26:38–52. <https://doi.org/10.1177/0739456X05285119>
- KABISCH, N.; HAASE, D. (2014) Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany. **Landsc Urban Plan** 122:129–139. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.016>
- KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. (2007). The changing metabolism of cities. **Journal of Industrial Ecology**, 11(2), 43-59.
- KOWARIK, I. (2011). Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. **Environmental**

- Pollution**, 159(8), 1974-1983.
- LEBEL, L.; ANDERIES, J.; CAMPBELL, B.; FOLKE, C.; HATFIELD-DODDS, S.; HUGHES, T.; WILSON, J. (2006). Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. **Ecology and Society** 11(1). 19. URL: , [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art19/>.
- MEA. **Ecosystems and Human Well-Being**: Synthesis. Washington. 2005.
- MCINTYRE, N. E.; KNOWLES-YÁNEZ, K.; HOPE, D. (2008). Urban ecology as an interdisciplinary field: differences in the use of “urban” between the social and natural sciences. In **Urban Ecology**. 49-65. Springer US.
- MCPHEARSON, T.; KREMER, P.; HAMSTEAD, Z.A. (2013) Mapping ecosystem services in New York City: applying a social-ecological approach in urban vacant land. **Ecosyst Serv** 5:11–26. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.06.05>
- MCPHEARSON, T.; HAMSTEAD, Z.A.; KREMER, P. (2014) Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City. **Ambio** 43:502–515. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0509-8>
- McPHEARSON, T.; ANDERSSON, E.; ELMQVIST, T.; FRANTZESKAKI, N. (2015) Resilience of and through urban ecosystem services. **Ecosyst Serv** 12:152–156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.07.012>
- NOWAK, D. J.; GREENFIELD, E. J.; HOEHN, R. E.; LAPOINT, E. (2007). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. **Environmental Pollution**, 178, 229-236. Doi:10.1016/j.envpol.2024.03.19
- ORTIZ, M.S.O.; GENELETTI, D. (2018) Assessing mismatches in the provision of Urban ecosystem services to support spatial planning: a case study on recreation and food supply in Havana, Cuba. **Sustainability** 10:2165. <https://doi.org/10.3390/su10072165>
- PAUCHARD, A.; AGUAYO, M.; PEÑA, E.; URRUTIA, R. (2006). Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). **Biological Conservation**, 127(3), 272-281.
- PAP/RAC (1997). **Guidelines for mapping and measurement of rainfall-induced erosion processes in the Mediterranean coastal areas**. PAP-8/PP/GL.1. PAP/RAC (MAP/UNEP). Split.
- RAMOS, R. C. F.; FREITAS, S. R.; PASSARELLI, S. H. F. (2016). A Dimensão Simbólica da Vegetação na Cidade: O Caso de Santo André (SP). **Sociedade & Natureza**, 28(1), 55-66.
- RAIMUNDO, S. (2006). A Paisagem Natural Remanescente na Região metropolitana de São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, 20(2), 19-31. Disponível em: http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20 n02_02.pdf.
- RAYMOND, C.M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N. et al., (2017) A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environ Sci Policy** 77:15–24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.07.008>
- ROTMANS, J.; VAN ASSELT, M.; VELLINGA, P. (2000). An integrated planning tool for sustainable cities. **Environmental Impact Assessment Review**, 20(3), 265- 276.
- WOODRUFF, S.C.; BENDOR, T.K. (2016) Ecosystem services in urban planning: comparative paradigms and guidelines for high quality plans. **Landsc Urban Plan** 152:90–100. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.003>