

Análise do potencial de conectividade dos espaços verdes do município de Bragança por meio de corredores ecológicos urbanos

Vinícius Chaves de Almeida

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais*

Orientado por

**José Paulo Cortez
Maria Madelana Santos da Silva**

Esta dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus orientadores, José Paulo Cortez e Maria Madalena Santos da Silva pelo apoio e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Sou grato também ao Instituto Politécnico de Bragança por proporcionar as condições necessárias para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, bem como aos meus amigos que direta ou indiretamente, contribuíram e ajudaram-me em todos os momentos de necessidade e vão continuar presentes na minha vida.

RESUMO

Alguns dos efeitos da Revolução Industrial do século XVIII como, o êxodo rural e o consequente aumento dos processos de urbanização, causaram um desequilíbrio territorial entre o balanço biofísico, o que trouxe consequências urbanísticas para as cidades. A necessidade de mitigação dessas implicações depende de um planejamento urbano sustentável, que considere a integração funcional da infraestrutura urbana com os serviços ecossistêmicos prestados pelos espaços verdes. É a partir disso que o conceito de corredores ecológicos se faz necessário, como meio de devolver parte da ligação perdida pelos processos de expansão territorial. Logo, o objetivo deste trabalho consistiu em inventariar os espaços verdes da cidade de Bragança e as suas zonas periféricas, de modo a avaliar a conectividade entre a estrutura verde principal e as áreas adjacentes e permitir a definição de novos espaços verdes com vista à potenciação de corredores ecológicos. Por meio do uso das técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao *software* QGIS e os seus complementos, foi possível dimensionar os corredores ecológicos para a biodiversidade, a partir da seleção de áreas potenciais para incrementação das áreas verdes e consequente mitigação dos efeitos da fragmentação. O estudo demonstrou que há 12 hectares degradados as margens dos cursos de água que podem ser recuperados, bem como há a possibilidade de interligar os principais fragmentos verdes por meio da inclusão de 262 hectares estrategicamente distribuídos ao longo da área localizada no perímetro urbano de Bragança, o que representaria um aumento de 55,2% quando comparado a parcela de áreas verdes atualmente existentes.

Palavras-chave: Biodiversidade; Ecologia; Fragmentação; Geoprocessamento; Urbanização.

ABSTRACT

Some of the effects of the 18th century Industrial Revolution, such as the rural exodus and the consequent increase in urbanization processes, caused a territorial imbalance between the biophysical balance, which brought urban consequences for cities. The need to mitigate these implications depends on sustainable urban planning, to consider the functional integration of urban infrastructure with the ecosystem services provided by green spaces. It is from this that the concept of ecological corridors is necessary, as a means of returning part of the connectivity lost by the territorial expansion processes. Therefore, the objective of this work was to inventory the green spaces of the city of Bragança and its peripheral areas, to assess the connectivity between the main green structure and adjacent areas, and allow the definition of new green areas with a view to the potentiation of ecological corridors. Using remote sensing techniques applied to QGIS software and its complements, it was possible to scale the ecological corridors for biodiversity, from the selection of potential areas to increase green areas and consequently mitigate the effects of fragmentation. The study showed that 12 degraded hectares of the banks of the watercourses can be recovered, as well as that there is the possibility of interconnecting the main green fragments through the inclusion of 262 hectares, strategically distributed along the area located within the urban perimeter of Bragança, which would represent an increase of 55.2% when compared to the share of green areas currently existing.

Keywords: Biodiversity; Ecology; Fragmentation; Geoprocessing; Urbanization.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
LISTA DE SIGLAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Espaços verdes urbanos.....	2
2.1.1 Importância dos espaços verdes urbanos	2
2.1.1.1 Importância ambiental	2
2.1.1.2 Importância social.....	4
2.1.1.3 Importância econômica.....	4
2.2 Corredores ecológicos de biodiversidade.....	5
2.3 O sensoriamento remoto e a cartografia como ferramenta de estudo ambiental	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Caracterização da área de estudo	10
3.2 Fonte de dados e informações espaciais.....	11
3.3 Vetorização e classificação da imagem.....	12
3.4 Geração de mapas temáticos e critérios para formação de corredores ecológicos	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Condição atual do uso e classificação do solo e análise da conectividade atual das áreas verdes.....	18
4.2 Determinação de áreas para potenciação dos corredores ecológicos.....	21
4.3 Análise da conectividade das áreas verdes com o incremento das áreas potenciais e formação dos corredores ecológicos	30
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Intensidade e frequência da radiação eletromagnética sobre a superfície	7
Figura 2: Princípio de funcionamento de um sensor ativo (A) e de um sensor passivo (B) no sensoriamento remoto	8
Figura 3: Localização da área de estudo.....	10
Figura 4: Exemplo de seleção de área verde potencial para conectividade entre fragmentos de áreas verdes antes isolados	14
Figura 5: Áreas de recursos ecológicos relevantes para a biodiversidade.....	15
Figura 6: Subdivisão de áreas dentro do perímetro urbano de Bragança	17
Figura 7: Classificação de uso e ocupação do solo do perímetro urbano de Bragança..	18
Figura 8: Áreas verdes e áreas verdes potenciais no perímetro urbano de Bragança.....	19
Figura 9: Conectividade atual das áreas verdes no perímetro urbano de Bragança considerando um índice de conectividade de 100 metros	20
Figura 10: Cenários potenciais na subárea 1 (A1) para a construção dos corredores ecológicos	21
Figura 11: Cenários potenciais na subárea 2 (A2) para a construção dos corredores ecológicos	22
Figura 12: Cenários potenciais na subárea 3 (A3) para a construção dos corredores ecológicos	24
Figura 13: Cenários potenciais na subárea 4 (A4) para a construção dos corredores ecológicos	25
Figura 14: Cenário potencial 2 na subárea 5 (A5) para a construção dos corredores ecológicos	26
Figura 15: Cenários potenciais na subárea 6 (A6) para a construção dos corredores ecológicos	27
Figura 16: Cenários potenciais na subárea 7 (A7) para a construção dos corredores ecológicos	28
Figura 17: Cenários potenciais para a construção dos corredores ecológicos no perímetro urbano de Bragança.....	29
Figura 18: Conectividade potencial das áreas atuais com o incremento do cenário 1 no perímetro urbano de Bragança.....	30
Figura 19: Conectividade potencial das áreas atuais com o incremento dos cenários 1 e 2 no perímetro urbano de Bragança.....	31
Figura 20: Conectividade potencial dos corredores ecológicos urbanos com as ZPE de Montesinho/Nogueira e Rios Sabor e Maças e o SIC de Samil	33

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Descrição
A4	Autoestrada 4
C1	Cenário 1
C2	Cenário 2
CO ₂	Dióxido de carbono
Csb	Clima mediterrânico verão fresco
DGT	Direção Geral do Território
DL	Decreto de Lei
GADM	Database of Global Administrative Areas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRA)
ICA	Associação Cartográfica Internacional
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (BRA)
IP4	Itinerário Principal n.º4
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia (BRA)
NICIF	Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais
OSM	Open Street Map®
PDM	Plano Director Municipal
PMEPC	Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil de Bragança
SIC	Sítio de Interesse Comunitário
WHO	World Health Organization
ZPE	Zona de Protecção Especial

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo contemporâneo, cada vez mais dinâmico e competitivo, os processos de urbanização têm sofrido ao longo do tempo influência dos conceitos globais de reestruturação produtiva (Machado, 2000).

Faz-se cada vez mais necessário o emprego de estratégias para o desenvolvimento urbano sustentável, que permitam com que o crescimento das cidades considere os aspectos sociais, ambientais e económicos nos seus planos de expansão e, conseqüentemente, todos os benefícios a eles atrelados. Há de se destacar, também, que esse contexto deve ser aplicado às zonas já consolidadas nos ambientes urbanos, que muitas vezes e por diversos fatores, foram preteridos em relação à adoção de outras políticas públicas de interesse (Fadigas, 1993).

A negligência do contexto ambiental no processo expansionista das cidades foi responsável pela fragmentação dos espaços verdes na infraestrutura urbana, causando o isolamento de espécies da flora e da fauna, dificultando a sua mobilidade, dispersão e colonização, aumentando assim a probabilidade de extinção de populações locais, além da redução dos serviços ecossistêmicos gerados por essas áreas (Périco et al., 2005).

Os corredores ecológicos de biodiversidade surgem para recuperar parte dessa conectividade perdida pela fragmentação das áreas verdes, pois permitem o aumento da cobertura vegetal, o fluxo genético, a dispersão de sementes e o deslocamento de animais (Marchiori & Flamini, 2021).

A análise desses fenômenos ambientais num meio urbano se faz possível por meio das ferramentas de tecnologias, que cada vez mais têm se tornado relevantes para uma melhor compreensão da influência antrópica sobre os processos ecológicos que ocorrem no ordenamento territorial e conseqüentemente nos ecossistemas terrestres, agregando rapidez, eficiência e precisão, fornecendo parâmetros aos planos de recuperação, manejo e conservação das áreas verdes (Louzada et al., 2011; Oliveira et al., 2012).

O objetivo do presente trabalho consiste em inventariar os espaços verdes da cidade de Bragança e as suas zonas periféricas, de modo a avaliar a conectividade entre a estrutura verde principal e as áreas adjacentes e permitir a definição de novas áreas verdes com vista à potenciação de corredores ecológicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espaços verdes urbanos

O conceito de espaços verdes urbanos vêm sendo aprimorado com o passar do tempo conforme as demandas sociais, ambientais e econômicas surgidas por meio da urbanização (Pereira, 2011).

Os primeiros indícios do uso de espaços verdes urbanos, considerando as definições ambientais atuais, ocorreram ainda no século XIX (Fadigas, 1993) e surgiram a partir da expansão urbana desordenada ocasionada pela Revolução Industrial no século XVIII onde os problemas desse crescimento sem planejamento urbano sustentável evidenciaram a carência dos espaços verdes urbanos (Sousa, 2012).

A antropização das cidades e as suas eventuais barreiras físicas dificultaram e continuam a dificultar a conexão dos espaços verdes urbanos, o que acarretou o surgimento do conceito de estrutura verde, definido por Quintas (2014), como uma estrutura física de espaços verdes integrada a toda a infraestrutura urbana, fundamental para o desenvolvimento socioambiental equilibrado e para o planejamento sustentável das cidades.

Com o passar do tempo, a evolução do conceito de espaços verdes urbanos foi a considerar outros aspectos, tornando assim a definição atual da Organização Mundial da Saúde para a Europa (WHO Regional Office for Europe, 2017), como sendo todo o solo urbano coberto por qualquer categoria de vegetação, em áreas públicas ou privadas, independente do seu tamanho e função, que pode incorporar também alguns corpos d'água.

Diante disso, um bom planejamento urbano sustentável é indispensável, pois considera os espaços verdes segundo os aspectos socioeconômicos e ambientais de cada cidade, considerando parâmetros de quantidade, tamanho, distribuição espacial e acesso, proporcionando assim a utilização do maior potencial dos serviços ecossistêmicos oferecidos por cada área (Dias et al., 2020).

2.1.1 Importância dos espaços verdes urbanos

2.1.1.1 Importância ambiental

Do ponto de vista da biodiversidade, os espaços verdes são habitats relevantes para a fauna, tendo por meio da vegetação urbana uma fonte de alimento e abrigo, como, por exemplo, para espécies da entomofauna e avifauna (Brun, Link & Brun, 2007), como abelhas (Rocha, 2017); para espécies de répteis da ordem Squamata (Gomides, 2010) e

da fauna pretérita (Marques et al., 2009); para a comunidade de anfíbios (Fernández, 2018); para a fauna de morcegos urbanos (Ferreira, Fischer & Pulchério-Leite, 2010), bem como para a mastofauna, em geral (Almeida et al., 2020), dentre outras.

Destaca-se também o serviço ecossistêmico indispensável de manutenção e conservação da flora, que além de sofrer influência antrópica, também está suscetível as pressões de espécies exóticas invasoras (Marchante, et al., 2014; Ziller, Zenni & Dechoum, 2007). Acrescenta-se a isso, que os espaços verdes funcionam como refúgio para epífitas (Pires & Campos, 2019), como habitat de espécies ameaçadas de extinção como a *Araucaria angustifolia* Bert. Kuntze (Seminatti, 2017), e para espécies autóctones como o *Acer pseudoplatanus* L., *Arbutus unedo* L., *Celtis australis* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl, dentre outros (Paiva, 1996). Outro exemplo da importância das áreas verdes para a flora é a descoberta recente de uma espécie helófito (*Elatine brochonii* Clavaud, 1883) rara em território suburbano português (Porto et al., 2012).

As áreas verdes também são importantes reguladores do microclima, pois reduzem a amplitude térmica (Pereira & Barbosa, 2019), aumentam o volume de vapor d'água na atmosfera (Tomás & Lombardo, 2012), resultado de uma maior taxa de transpiração da vegetação, reduzem a insolação direta (Martelli & Santos Jr, 2015), proporcionam mais áreas de sombras, o que acarreta uma maior estabilidade microclimática (Milano & Dalcin, 2000), atenuando assim os efeitos da ilha de calor gerados a partir do aquecimento das superfícies (pavimentação, fachadas, telhados, etc.) pela radiação solar (Shinzato & Duarte, 2018).

Do mesmo modo, a vegetação presente nos espaços verdes também funciona como uma barreira contra os ventos, reduzindo a sua velocidade e mitigando os efeitos na infraestrutura urbana (Zanlorenzi & Silva Filho, 2018) e ainda, como barreira sonora na atenuação dos ruídos ambientes (Feliciano, et al., 2007; Botari et al., 2013).

O comportamento hidrológico também é influenciado pelas áreas verdes, pois a vegetação contribui significativamente para a melhoria do escoamento superficial da água, reduzindo a sua velocidade (Bias et al., 2012), o que ocasiona uma diminuição da erosão hídrica (Bacellar, 2005) e das inundações (Fritzen & Binda, 2011), além de favorecer a infiltração de água no solo, por uma melhor porosidade e permeabilidade do solo, resultado da presença de matéria orgânica em maior quantidade (Mendonça et al., 2009).

Os espaços verdes também são importantes na melhoria das condições do ar, pois adsorvem gases de efeito estufa como o CO₂, o ozono, o dióxido de azoto, dentre outros

(Fernandes, 2007), liberam oxigênio na atmosfera (Melo, Silva & Valente, 2019), além de funcionarem como filtro para as partículas sólidas em suspensão no ar (Loboda & DeAngelis, 2005).

2.1.1.2 Importância social

Os aspectos sociais também são altamente relevantes no contexto dos espaços verdes no ambiente urbano, pois proporcionam uma maior qualidade de vida para a população (Santana et al., 2007).

O contacto com a natureza por meio das áreas verdes adjacentes ou integradas as zonas habitacionais, permite a realização de atividade física e práticas de lazer, contribuindo de forma benéfica para a saúde física com a redução do sedentarismo, para a saúde psicológica com a atenuação do estresse e nas relações sociais, por meio do fomento das interações pessoais entre os indivíduos (Szeremeta & Zannin, 2013; Martínez-Soto et al., 2016; Barros, 2017).

É importante valorizar também o papel que os parques, jardins, zoológicos, dentre outros elementos da estrutura verde urbana, têm sobre a educação ambiental, pois funcionam como instrumento metodológico de ensino através de atividades recreativas e culturais, contribuindo para a formação de qualidade dos cidadãos (Luz, Arraes & Oliveira, 2012).

Há de se destacar também, que segundo Gonçalves & Carvalho (2016), os espaços verdes urbanos degradados, não planejados e não geridos de modo sustentável, não trazem somente benefícios, pelo contrário, muitas vezes a depender do contexto social a qual estão inseridos acabam por se tornar locais de conflito, focos de propagação de criminalidade, por exemplo.

2.1.1.3 Importância econômica

A importância econômica dos espaços verdes urbanos está ligada principalmente a valorização imobiliária adjacente a essas áreas, devido aos inúmeros benefícios sociais e ambientais, tornando-os sinónimos de qualidade de vida, sendo extremamente procurados por um alto valor de mercado (Farias, Bargas & Matias, 2016; Nicholls & Crompton, 2005). Em contraponto a isso, as áreas verdes degradadas podem sofrer uma desvalorização imobiliária, seja pela ausência dos tão demandados benefícios presentes em áreas sustentáveis, seja pela ocorrência de problemas de ordem social, como já citados anteriormente (Gonçalves & Carvalho, 2016; Dubin & Goodman, 1982).

Há ainda que se destacar um contributo das áreas verdes para a melhoria óbvia na redução de custos de deslocamento em busca dos benefícios ofertados pelos espaços verdes (lazer, atividades culturais e de recreação), como também na redução das despesas com saúde (Bird, 2004).

2.2 Corredores ecológicos de biodiversidade

Os corredores ecológicos de biodiversidade têm por objetivo principal mitigar os efeitos da fragmentação territorial (Pereira, Neves & Figueiredo, 2007), sendo atualmente entendido num conceito mais amplo e genérico como “... *redes contendo elementos lineares planejados, projetados e gerenciados do ponto de vista ecológico, recreativo, cultural e estético alinhado ao conceito de uso sustentável da terra*” (Ahern, 1995).

Alguns autores consideram que no contexto urbano o conceito de corredor ecológico é alterado, pois, a influência antrópica é dominante, surgindo então uma definição de corredor ecológico urbano, que visa a melhoria de diversos aspetos da qualidade ambiental urbana (Rocha & Ramos, 2012).

A partir disso, as premissas da rede de corredores verdes num ambiente urbano visam segundo Ferreira & Machado (2010):

1. Constituir uma alternativa às atuais tendências de ordenamento;
2. Compatibilizar os efeitos espaciais negativos da evolução económica e a necessidade de salvaguarda da qualidade ambiental;
3. Fomentar a interligação das questões do planeamento ambiental e paisagístico nas intervenções em matéria de ordenamento de território e de ambiente;

Os mesmos autores ainda trazem os principais objetivos da interação entre a estrutura urbana verde e os corredores verdes como sendo:

1. A delimitação de áreas com elevado valor ecológico cultural e paisagístico;
2. A definição de uma elevada rede de corredores verdes com ramificações no tecido urbano;
3. A proteção dos recursos e a sua compatibilização com a atividade humana;
4. A contribuição para uma melhor qualidade da paisagem e de vida da população;

O propósito principal dos corredores ecológicos é potencializar a conservação e a preservação dos ecossistemas, conectando remanescentes florestais relevantes e unidades de conservação, o que possibilita o fluxo gênico das espécies entre populações, principalmente espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, mitigando assim os efeitos da perda da biodiversidade genética (Brito, 2012).

Esses efeitos sobre a biodiversidade são ainda mais visíveis no contexto urbano, resultado do crescimento das cidades de forma desordenada e não sustentável, potencializando a intensificação dos processos erosivos do solo, as alterações estruturais e as dinâmicas das teias tróficas, as mudanças climáticas, a alteração dos ecossistemas e dos serviços ecossistêmicos, afetando diretamente a biodiversidade local (Bacelar-Nicolau, 2019; Gómez-Baggethun & Barton, 2013).

A conectividade resultada dos corredores ecológicos, é uma variável que pode ser mensurada através de um conjunto de índices espaciais, que possibilitam determinar o nível de isolamento ou de conectividade entre manchas de fragmentos florestais (Forero-Medina & Vieira, 2007).

Essa conectividade pode ser dividida em dois tipos, a conectividade estrutural, a qual se baseia na estrutura física espacial da paisagem, as distâncias, os corredores, entre as manchas e fragmentos de vegetação, e na conectividade funcional, que, por outro lado, considera o comportamento, o potencial de movimento de uma determinada espécie entre manchas de vegetação (Doerr et al., 2014).

2.3 O sensoriamento remoto e a cartografia como ferramenta de estudo ambiental

Em um mundo cada vez mais competitivo, o sensoriamento remoto é uma ferramenta capaz de fornecer informações de interesse, atrelando rapidez, precisão e baixo custo, fundamentais para acompanhar a taxa de desenvolvimento e expansão global atual (Ippoliti-Ramilo et al., 1999).

Dessa forma, o sensoriamento remoto é entendido por Figueiredo (2005) como, *“processo de captação de informações dos fenômenos e feições terrestre, por meio de sensores, sem contato direto... associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações”*.

Ante o exposto, o sensoriamento remoto no contexto ambiental é usado para diversas finalidades, como, por exemplo, para o planejamento urbano (Almeida, 2010), para a gestão de Unidades de Conservação (Jacintho, 2003), para a fiscalização ambiental

(Longhitano, 2010), para determinação de produção energética (Miura et al., 2011), além, é claro, para delimitação de corredores ecológicos (Thiago, Magalhães & Santos, 2020; Umeda et al., 2015), dentre outras aplicações.

O sensoriamento remoto está apoiado nos princípios da radiação eletromagnética (MCT/INPE, 2002), demonstrado pela Figura 1, definida como a propagação de energia, através de uma variação temporal dos campos elétricos e magnéticos (Fernandes, 2015).

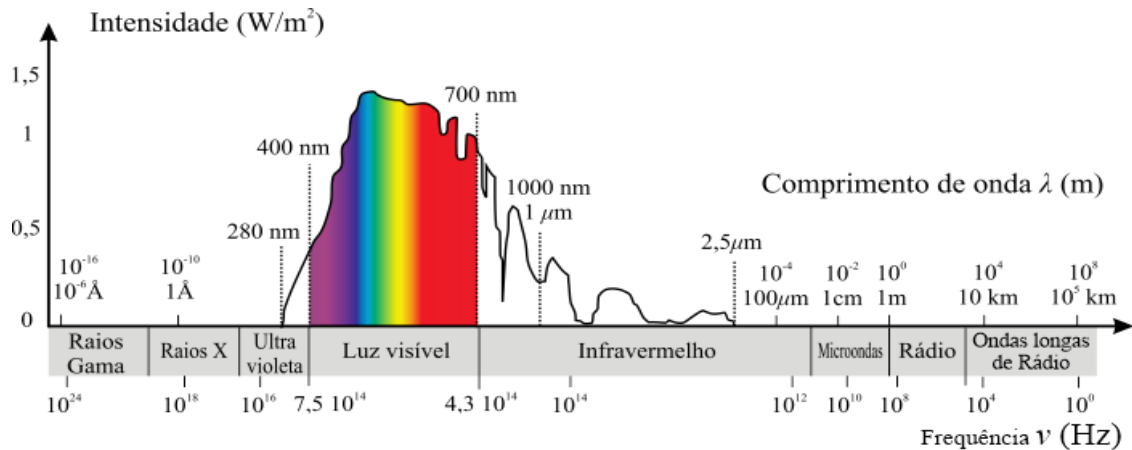


Figura 1: Intensidade e frequência da radiação eletromagnética sobre a superfície
 Fonte: Santos, (2019)

O sensoriamento remoto é dividido em sensores passivos (Figura 2A), que dependem do sol como fonte de energia, e ativos (Figura 2B), que utilizam recursos próprios como fonte para iluminar o alvo (INPE, 2001).

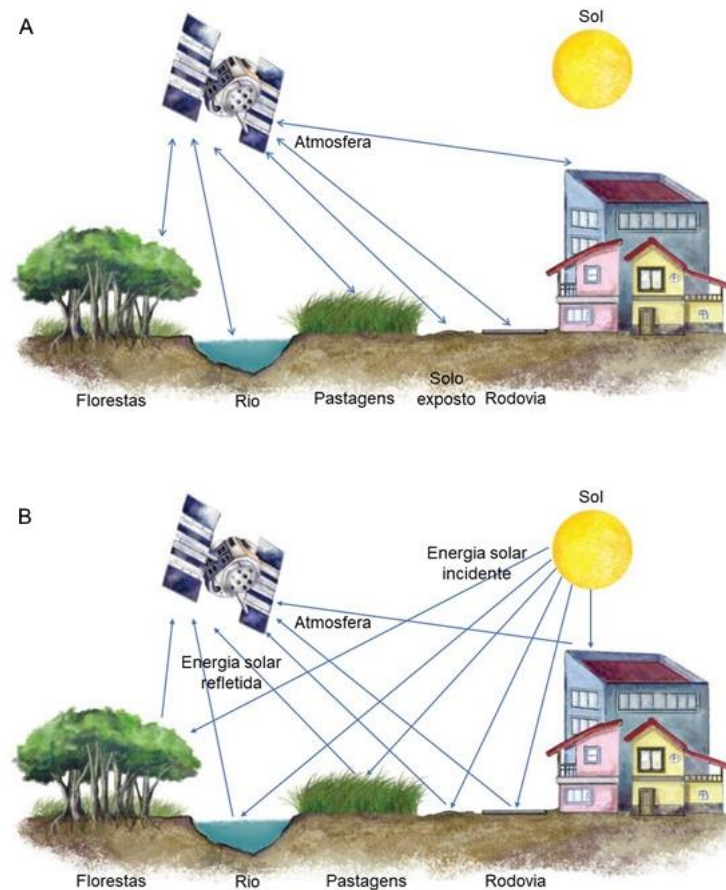


Figura 2: Princípio de funcionamento de um sensor ativo (A) e de um sensor passivo (B) no sensoriamento remoto

Fonte: Adaptado de IBGE (2016)

Além da classificação dos sensores pela fonte de energia, podemos dividi-los pelo princípio de funcionamento, sendo os sensores não imageadores, os que não formam imagens, muito utilizados para obter informações espectrais dos objetos, e os sensores imageadores, que geram imagens a partir da superfície observada através de satélites ou aeronaves. Os sensores imageadores ainda podem ser classificados em sensores de quadro, quando a imagem é obtida num momento específico, e em sistema de varredura, onde a imagem é formada pela obtenção em sequência dos elementos de resolução, este último é mais aplicado na análise ambiental (Dalla Corte, 2018).

Os dados espaciais são divididos em duas formas distintas, a vetorial, onde as coordenadas iniciais, o deslocamento e a direção estão interligados, expressos em três formas básicas, por pontos, linhas (redes) e polígonos, e na forma matricial (raster), onde a matriz de células possui valores associados que permitem determinar os objetos sobre a forma de imagem digital (Câmara et al., 1996; Rosa, 2013).

O conjunto dessas técnicas citadas anteriormente podem ser representadas graficamente por meio da geração de mapas temáticos, cadastrais, de rede, dentre outros (INPE, 1998).

Desta forma, surge o conceito da cartografia, definido pela Associação Cartográfica Internacional (ICA, 2003) como:

a arte, a ciência e tecnologia de construir e utilizar mapas, que facilita a criação e manipulação de representações geoespaciais visuais e virtuais, e que permite a exploração, análise, compreensão e comunicação de informações sobre esse espaço.

A cartografia é empregada a partir da forma geodésica da Terra, onde o elipsoide de revolução é utilizado como superfície de referência terrestre para elaboração de uma representação cartográfica. A elaboração dos mapas também considera os sistemas de coordenadas, as projeções cartográficas e a escala utilizada (Dalla Corte, 2018).

Do ponto de vista ambiental, as técnicas de sensoriamento remoto e o uso da cartografia permitem analisar e monitorizar processos ambientais e sociais, como o desmatamento, os incêndios florestais, as inundações, o crescimento e planejamento urbano sustentável, dentre outros (Gautério & Sartório, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo se localiza no concelho de Bragança (Figura 3), na região norte de Portugal, na superfície planáltica do nordeste transmontano, tendo altitudes médias entre 750 e 900 metros, onde se destaca como principais proeminentes do relevo a serra de Montesinho e a da Nogueira (Monteiro & Figueiredo, 2009).

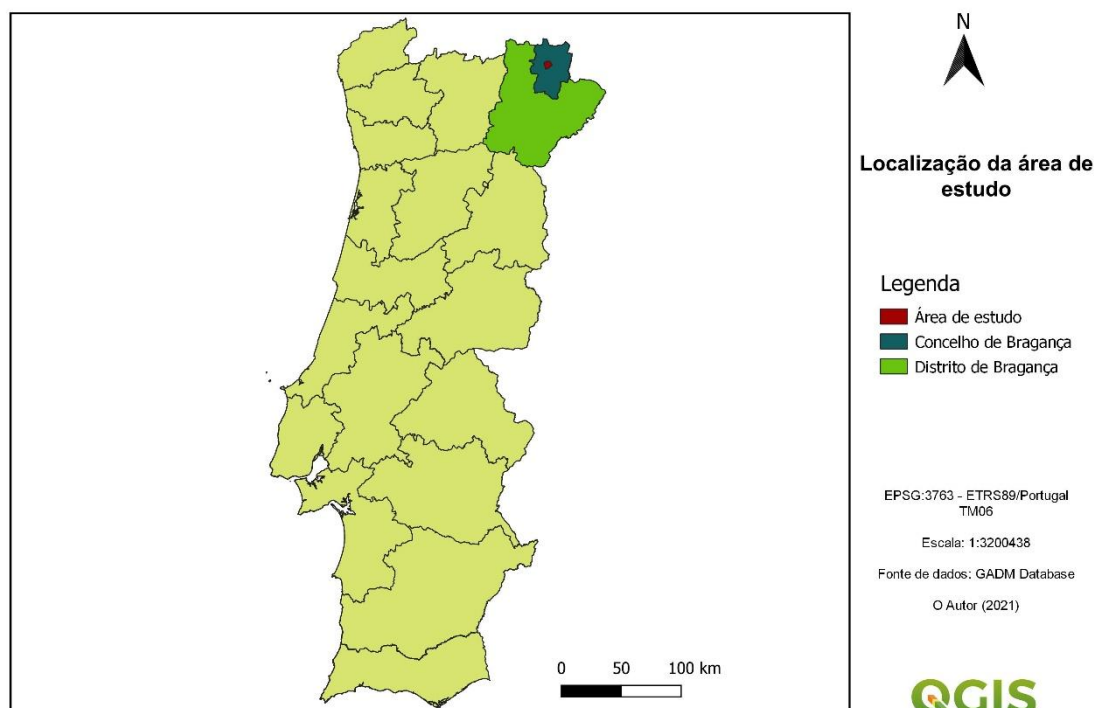


Figura 3: Localização da área de estudo
Fonte: Adaptado de GADM Database (2021)

Os solos da região são diversos, com características equivalentes a outras zonas da bacia mediterrânea. A maior parte dos solos apresenta moderada e elevada pedregosidade, pouco mais de um terço dos solos são áreas de rocha ou de afloramentos rochosos, os mais abundantes na região são os Cambissolos e os Leptossolos (Figueiredo, 2005).

No perímetro urbano de Bragança, as rochas máficas e ultramáficas são o material litológico mais relevante. Os Leptossolos representam 72% da área, seguidos dos Regossolos com 16%, os solos considerados de maior valor ecológico, como os Cambissolos (9%), os Fluvisolos (1,2%) e os Luvisolos (0,4%), ocupam uma área relativamente pequena (Afonso & Arrobas, 2009).

O uso e ocupação do solo do concelho de Bragança é dividido em duas subcategorias, o solo rural, que ocupa 96,7% do território, onde se destacam os espaços agro-silvo-pastoris com 47,9% e os espaços florestais de conservação e de proteção que somam 40,9% da área, e os solos urbanos, que cobrem pouco mais de 3% do território (PDM, 2020).

O concelho de Bragança faz parte da bacia hidrográfica do Douro, onde os principais cursos de água no sentido noroeste-sudeste são o rio Sabor e os seus afluentes, Frio, Onor, Igrejas e o rio Fervença, destaca-se ainda a noroeste o rio Baceiro e a leste o Maça (PMEPCB, 2012).

Quanto ao clima a classificação de acordo com Koppen-Geiger é considerada Csb, ou seja, clima mediterrânico de verão fresco. As temperaturas apresentam variações anuais, onde os verões são quentes e curtos e os invernos longos e frios, tendo médias anuais para os meses de janeiro de 4,5°C e 21,1°C para o mês de junho. Já a temperatura máxima média atinge seu pico no mês de julho com 28,3°C, e a temperatura mínima média de 0,5°C é registada no mês de janeiro. A precipitação anual média do concelho de Bragança é de 743 mm, abaixo da média de 1000 (mm) observada em Portugal Continental. Os ventos predominantes em Bragança têm origem a partir do noroeste, e os ventos mais fortes a partir do oeste (PMEPCB, 2012).

3.2 Fonte de dados e informações espaciais

O objetivo principal do trabalho é verificar o potencial de conectividade dos espaços verdes do município de Bragança. Dessa forma, todo o processo de vetorização das áreas de interesse foi feito por meio do uso do *software* QGIS 3.18.1, utilizando o *plugin* QuickMapServices, a partir das imagens do Google Satellite, onde foram priorizadas imagens obtidas durante o período de verão (2020/2021) para facilitar a demarcação da área, visto a relevante presença de fragmentos florestais de vegetação caducifólia. Para melhor detalhar as informações geográficas do terreno, foi usado também o *plugin* OpenLayers, onde foi utilizado o *Open Street Map/Stamen Toner Lite* como base para os mapas.

O Plano Director Municipal de Bragança (PDM, 2010) foi utilizado como apoio no processo de vetorização, principalmente as plantas de ordenamento, para dimensionamento das diferentes classificações de solo, e as plantas de condicionantes: recursos ecológicos, para determinação dos cursos de água principais e das zonas de leito ameaçadas por cheias.

Para a delimitação das zonas de proteção especiais de Montesinho/Nogueira e do rio Sabor e Maçãs, além do sítio de importância comunitária de Samil, foram utilizados os arquivos (*shapefiles*) disponíveis na base de dados da Rede Natura 2000.

O sistema de referência global utilizado foi o PT-TM06/ETRS89, sendo que a projeção cartográfica é a Transversa de Mercator, com elipsoide de referência GRS80, e com as coordenadas retangulares para a origem da latitude sendo 39° 40' 05",73 N e para a longitude 08° 07' 59",19 W (DGT, 2021).

3.3 Vetorização e classificação da imagem

Primeiramente antes de delimitar qualquer área potencial para a formação de corredores ecológicos foi necessário entender o ordenamento territorial atual da área de estudo.

Isso foi possível por meio da vetorização a partir da imagem de satélite, onde foram vetorizadas todas as áreas no perímetro urbano de Bragança, o qual foi delimitado pelo anel rodoviário formado a partir da autoestrada (A4) que contorna Bragança pelo sul e pelo Itinerário Principal 4 (IP4) ao norte.

As áreas vetorizadas no perímetro urbano delimitado, foram posteriormente classificadas de forma visual conforme as categorias de uso e ocupação do solo de interesse.

A classificação foi dividida em **áreas verdes**, as quais incluíram todas as áreas verdes relevantes na malha urbana e periférica, como parques, jardins, florestas, vegetação ripícola e áreas naturais; em **áreas produtivas** que englobaram áreas de cultivo em geral, como áreas agrícolas, espaços agro-silvo-pastoris e pomares; em **áreas urbanizadas**, onde foram incluídas todas as áreas consolidadas, pavimentadas, edificadas, como casas, edifícios, ruas, calçadas, dentre outras. Além dos percursos dos **rios** principais que atravessam ou nascem no perímetro urbano de Bragança. Também foram consideradas as **áreas verdes potenciais**, que possuem a capacidade de se tornarem áreas verdes para eventual formação de corredores ecológicos, definida como áreas que não se enquadravam em nenhuma classificação anterior, exceto áreas de valores culturais e naturais, conforme o PDM (2010).

De modo a conectar as áreas verdes no perímetro urbano com as zonas de proteção especiais de Montesinho/Nogueira e do rio Sabor e Maçãs, e com o sítio de importância comunitária de Samil, foram vetorizados fragmentos de vegetação (áreas verdes)

relevantes ao longo das zonas ripárias dos principais cursos de água na zona externa ao perímetro urbano definido.

Para a construção posterior dos mapas temáticos foram vetorizadas também áreas consideradas relevantes, como as áreas de máxima infiltração de água e das zonas ameaçadas por cheias, ambas delimitadas pelo PDM (2010).

3.4 Geração de mapas temáticos e critérios para formação de corredores ecológicos

Antes de traçar qualquer cenário potencial, foi gerado a partir dos critérios adotados durante o processo de vetorização e classificação da imagem, um mapa de uso e ocupação do solo com as condições atualmente existentes no ordenamento territorial, que serviu de fundamento para determinar a tomada de decisão nos diferentes panoramas analisados.

Dessa forma, foi possível gerar um mapa com as áreas verdes na malha urbana e nas zonas periféricas, para demonstrar as condições atuais, a relação entre as áreas urbanizadas e as demais com os espaços verdes, além de possibilitar a escolha das áreas mais relevantes para a composição dos eventuais corredores ecológicos.

Para verificar o índice de conectividade entre as manchas dos espaços verdes existentes em Bragança foi utilizado um *buffer* de 50 metros, ou seja, foram considerados conectados ao nível do solo os fragmentos a distância máxima de 100 metros, conforme proposto por Deslauriers (2018) e Hüse (2016).

A partir disso, com o ordenamento territorial dos fragmentos verdes conectados, foram determinadas quais áreas verdes potenciais integrariam os corredores ecológicos, com o intuito de melhorar a conectividade entre as manchas no território, conforme demonstra o exemplo ilustrado pela Figura 4.

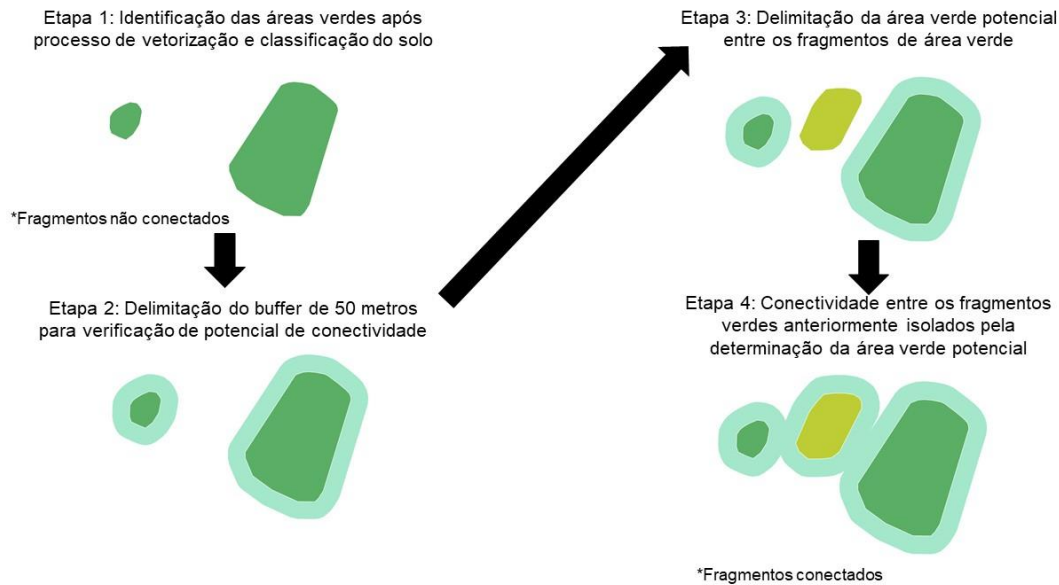


Figura 4: Exemplo de seleção de área verde potencial para conectividade entre fragmentos de áreas verdes antes isolados
 Fonte: O Autor (2021)

A figura 4 demonstra um exemplo da conectividade potencial delimitada a partir do índice de conectividade (100 metros), porém sempre que possível, na delimitação das áreas que compuseram os corredores ecológicos, foram selecionadas áreas que permitissem a conexão física entre os fragmentos de vegetação (corredores lineares).

Quando verificada a importância da conectividade entre fragmentos de áreas verdes e observada a impossibilidade de conexão entre essas áreas e as áreas verdes potenciais, foram selecionadas partes das áreas produtivas, anteriormente classificadas.

Do ponto de vista do máximo aproveitamento ambiental, foram priorizadas também para inclusão nos corredores ecológicos, algumas áreas de interesse da biodiversidade urbana, como as áreas de máxima infiltração (PDM, 2010), conforme demonstra a Figura 5, melhoram os indicadores da qualidade da água, reduzem processos erosivos e alimentam os lençóis freáticos.

Assim como ilustrado pela Figura 5, as zonas ameaçadas por cheias (PDM, 2010) nos leitos dos rios também foram priorizadas na definição espacial dos corredores ecológicos, pois a preservação ou recuperação da vegetação contribui para mitigação do efeito de cheias e inundações.

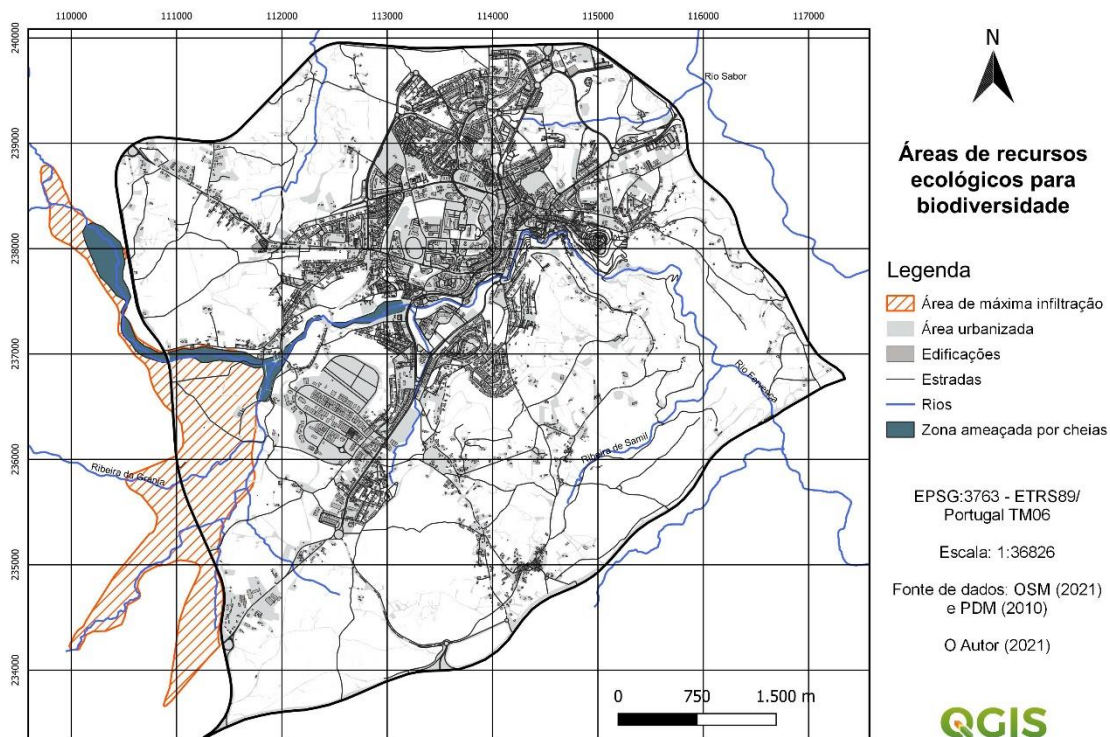


Figura 5: Áreas de recursos ecológicos relevantes para a biodiversidade
 Fonte: Adaptado de PDM (2010)

Outro critério adotado, foi a utilização dos rios que atravessavam o perímetro urbano como guia para os corredores ecológicos, com a inclusão das áreas verdes ripícolas e as áreas verdes adjacentes relevantes aos principais cursos de água, pois eles compõem a bacia hidrográfica do Douro e permitem a conexão entre as zonas de proteção especiais de Montesinho/Nogueira e do rio Sabor e Maçãs, e com o sítio de importância comunitária de Samil.

No perímetro urbano delimitado foi utilizado um *buffer* de 10 metros em cada margem dos rios como área mínima para determinação da vegetação ripícola, conforme Decreto-lei n.º 468/71 para linhas de água não navegáveis ou flutuáveis. Dessa forma, toda a área sobreposta pelo *buffer* foi incluída nos corredores ecológicos, bem como as zonas ripárias, com exceção das áreas consolidadas (edificadas).

Eventualmente ao analisar as características territoriais de alguns sítios, foram incluídas na formação dos corredores ecológicos algumas áreas relevantes, alagadas ou de relevo acentuado próximo aos cursos de água que não foram enquadradas nos critérios anteriores.

Dessa forma, foram gerados dois cenários para a formação dos corredores ecológicos nas áreas consideradas de maior relevância, o cenário 1 (um), definido a partir

dos critérios mínimos de 10 metros de vegetação ripícola nas margens dos rios e de 30 metros junto as nascentes, e o cenário 2 (dois), que além dos critérios do cenário 1, considerou a inclusão das áreas verdes potenciais de maior relevância presentes no território, de modo a aumentar a quantidade dos espaços verdes, melhorar a conectividade entre os fragmentos e mitigar eventuais efeitos de borda, presentes quando adotado somente o cenário 1.

Para verificar a distância entre os fragmentos no cenário atual, com a adoção do cenário 1 e com a opção pelos dois cenários, foram utilizados dois métodos de avaliação, o primeiro onde foi calculada a distância média entre os fragmentos de áreas verdes mais próximos, e o segundo a partir da triangulação de Delaunay, definida como uma triangulação de um conjunto de pontos, onde nenhum ponto pode estar dentro do círculo circunflexo de cada triângulo. A distância foi determinada em ambos os métodos de avaliação a partir de um centróide atribuído a cada fragmento de vegetação.

Para a área externa ao perímetro urbano de Bragança, por meio da vetorização das áreas verdes presentes na zona ripária, foram aplicados os mesmos critérios do cenário 1 (adotados para a área no perímetro urbano), de modo a definir as áreas degradadas ao longo das margens dos rios e as suas nascentes.

A delimitação dos corredores ecológicos foi desenvolvida a fim de evitar a sua interrupção por barreiras físicas, principalmente estradas de grande circulação e rodovias.

Para melhor visualização dos corredores verdes, visto a menor escala da área de estudo, foi optado por separar a área total no perímetro urbano em subdivisões (Figura 6), de modo a evitar que as informações ficassem prejudicadas.

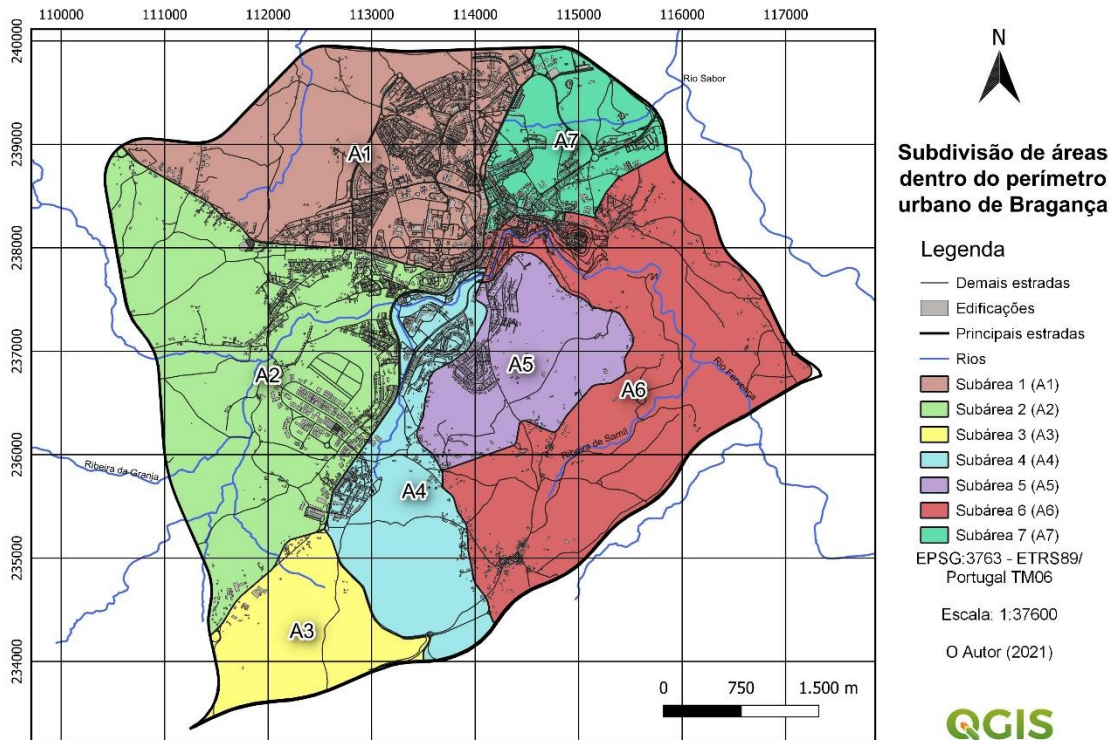


Figura 6: Subdivisão de áreas dentro do perímetro urbano de Bragança
 Fonte: O Autor (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já foi referido anteriormente, os mapas gerados tiveram como fonte de apoio o Plano Director Municipal (PDM, 2010) e a base de dados da Rede Natura 2000, além do uso das imagens de satélite do Google para vetorização das áreas de interesse.

4.1 Condição atual do uso e classificação do solo e análise da conectividade atual das áreas verdes

A partir disso, foi possível gerar um mapa da situação atual do uso e classificação do solo do perímetro urbano de Bragança (Figura 7), delimitado pela Autoestrada A4 e pelo Itinerário Principal IP4, contendo na sua totalidade 22 km de extensão.

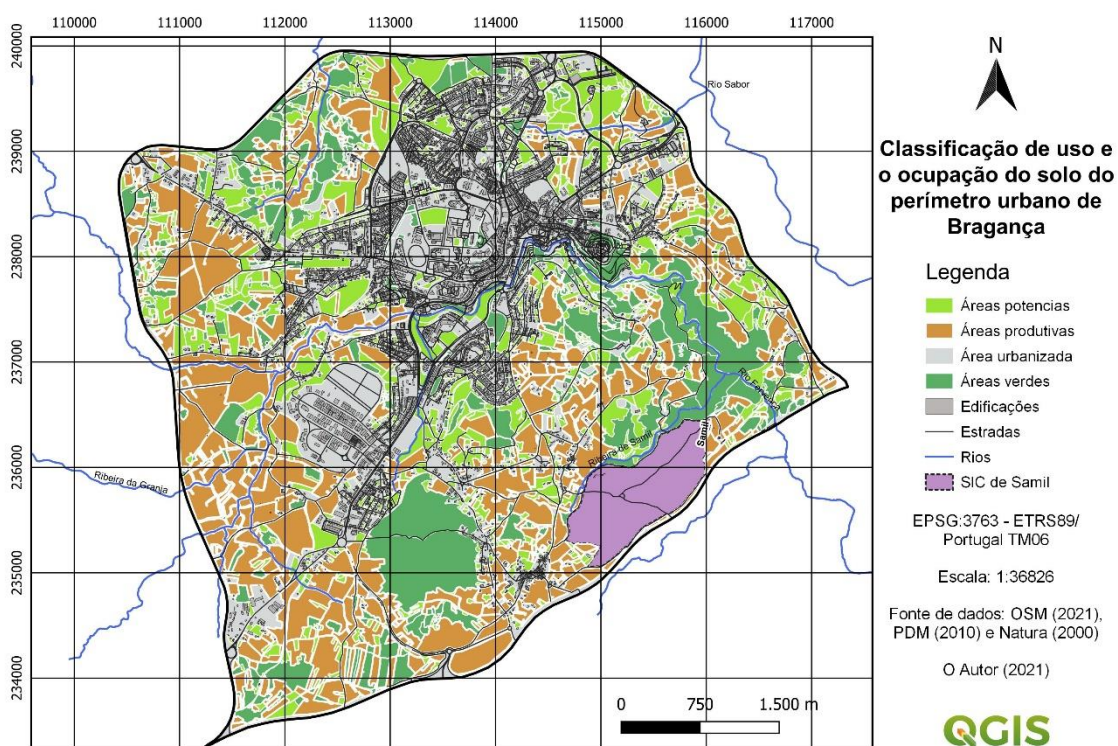


Figura 7: Classificação de uso e ocupação do solo do perímetro urbano de Bragança
Fonte: O Autor (2021)

A Figura 7 demonstra as categorias de classificação de uso do solo, servindo de fundamento para entender as atuais características da terra, além de permitir, a partir dessas informações a construção e análises dos demais mapas de interesse.

As áreas potenciais, como já descrito na metodologia, são as áreas com potencial de se tornarem verdes e que não se enquadram em nenhuma das outras categorias de classificação (produtivas, urbanizadas, verdes e rios), responsáveis por ocupar 14,7% do território ou 423 hectares da área no perímetro urbano de Bragança. Já as áreas produtivas,

entendidas como de cultivos em geral, ocuparam 936 hectares, representando 32,6% da área total do perímetro urbano.

A área urbanizada, que engloba toda a infraestrutura urbana, ou seja, as edificações, estradas, dentre outros, representa 32% da área total, ocupando mais de 917 hectares. Por fim, as áreas verdes são 17,2% da área total do perímetro urbano, representado por 496 hectares.

Há também de destacar a área do sítio de importância comunitária de Samil (Natura 2000), que se encontra no perímetro urbano de Bragança e ocupa uma área de 92 hectares, o que representa 3% do total de 2864 hectares.

Os cursos de água, inclusos neste estudo, ou seja, todos os rios relevantes que de alguma forma conectavam as Zonas de Proteção Especiais (ZPE's) de Montesinho/Nogueira e do rio Sabor e Maçãs, e o Sítio de Interesse Comunitário (SIC) de Samil com o perímetro urbano de Bragança, resultaram numa malha de rios de 73,25 km.

Para uma melhor visualização das áreas potenciais a serem selecionadas como incremento para as áreas verdes e consequente formação dos corredores ecológicos, temos a Figura 8.

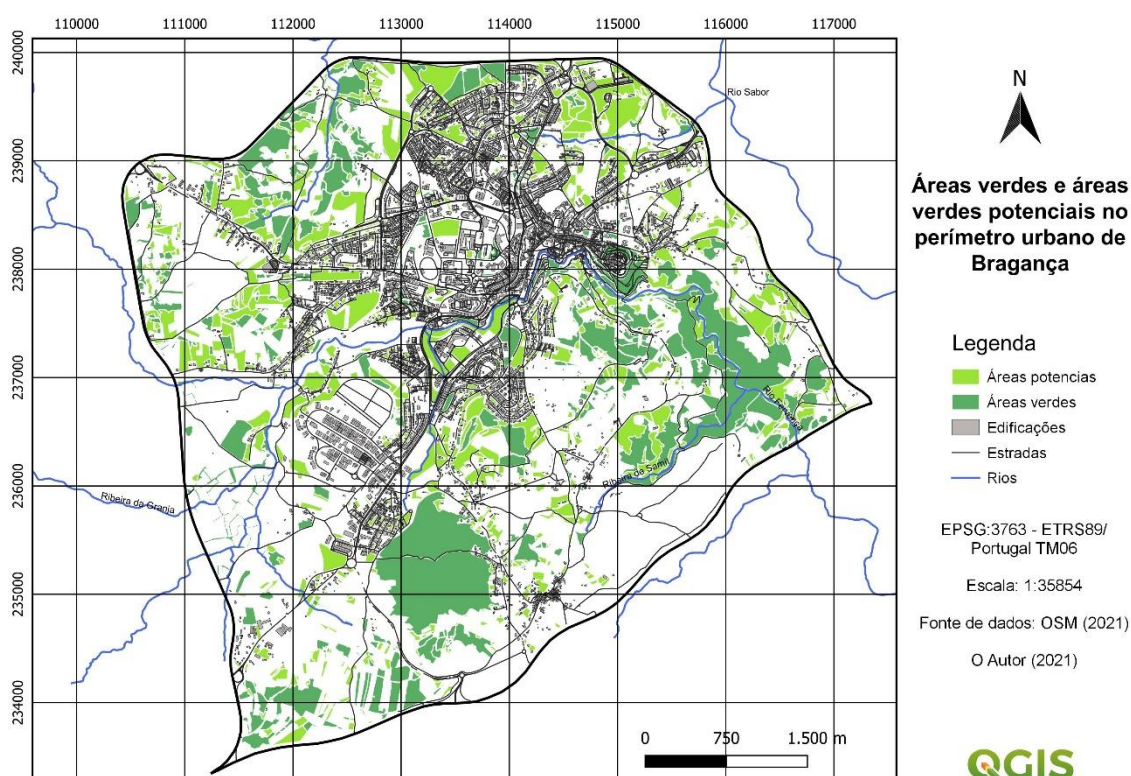


Figura 8: Áreas verdes e áreas verdes potenciais no perímetro urbano de Bragança
Fonte: O Autor (2021)

As áreas potenciais serviram de ponto de conexão entre os fragmentos verdes já existentes, ou seja, a seleção dessas áreas visou reduzir a distância entre as manchas da vegetação, melhorando a conectividade em nível de solo. Sempre que possível, a escolha dessas áreas priorizava os sítios mais relevantes em tamanho e estrategicamente localizados para permitir a formação dos corredores ecológicos com os espaços verdes já existentes, além de evitar ao máximo barreiras físicas que dificultam esse movimento.

Essa conectividade atual dos espaços verdes, ou seja, a conectividade sem a melhoria por meio das áreas potenciais, foi realizada por meio da adoção de um índice de conectividade de 100 metros, isto é, todos os fragmentos separados por distâncias menores foram considerados conectados, conforme demonstra a Figura 9.

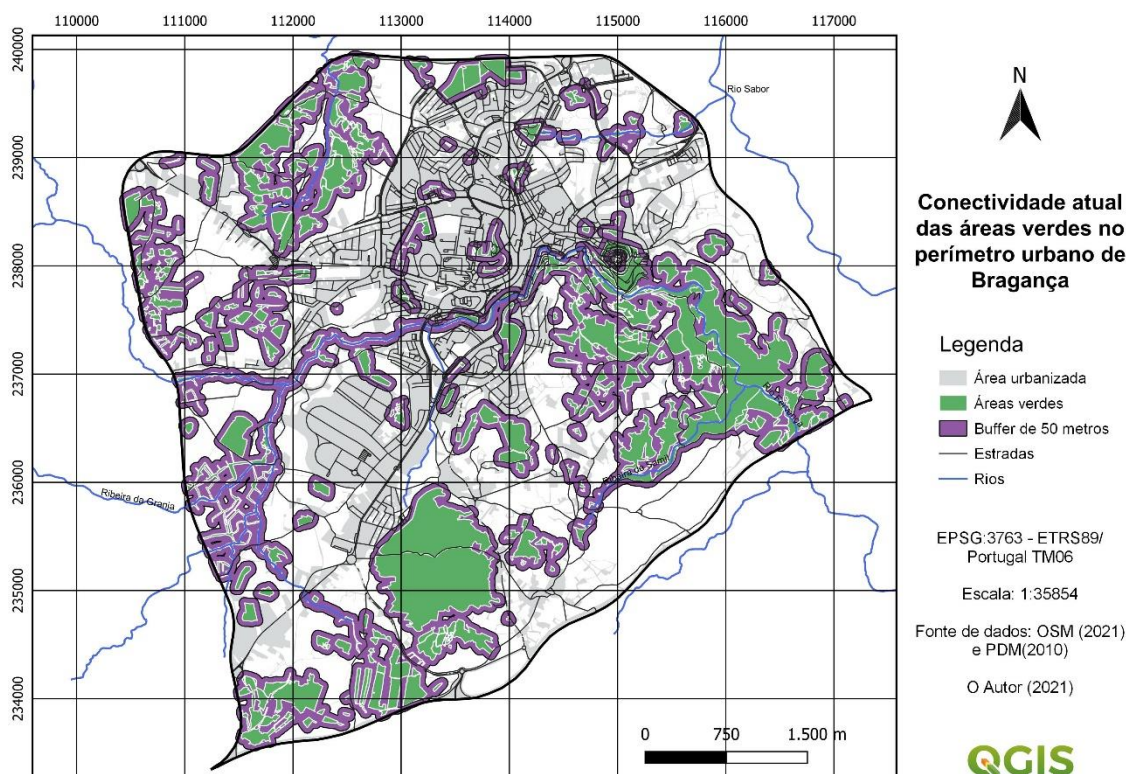


Figura 9: Conectividade atual das áreas verdes no perímetro urbano de Bragança considerando um índice de conectividade de 100 metros
Fonte: O Autor (2021)

Dessa forma foi possível determinar quais os fragmentos já possuem certa conectividade e a partir disso, selecionar as áreas potenciais de interesse, de modo a traçar os corredores ecológicos para a biodiversidade.

4.2 Determinação de áreas para potenciação dos corredores ecológicos

Após entender a situação atual e adotando a subdivisão de áreas estabelecida (Figura 6), fora traçado dois cenários, o primeiro (Cenário 1) considerando o restabelecimento de uma borda de 10 metros em cada margem dos rios e de 30 metros na região das nascentes. Já o cenário 2, que considera a seleção das principais áreas potenciais de modo a conectar os fragmentos de vegetação adjacentes aos cursos de água de maior relevância para a potenciação dos corredores ecológicos.

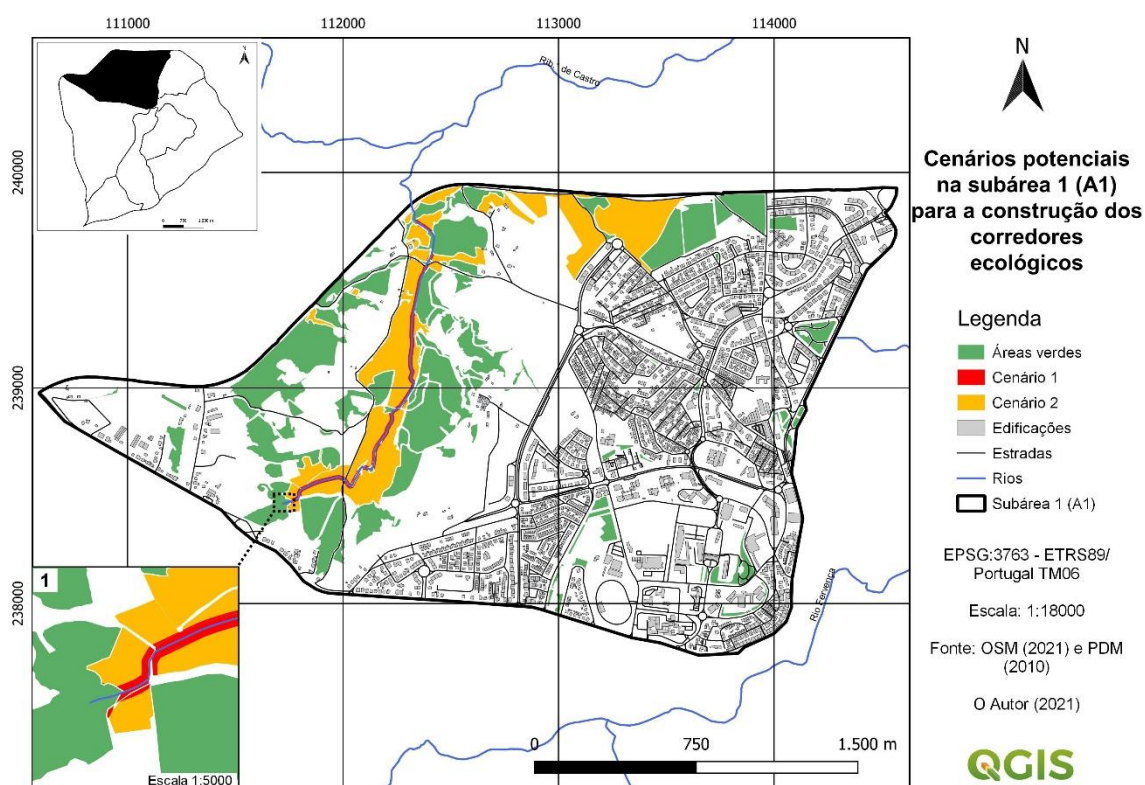


Figura 10: Cenários potenciais na subárea 1 (A1) para a construção dos corredores ecológicos
Fonte: O Autor (2021)

Na subárea 1 (Figura 10), destaca-se a necessidade de restaurar a vegetação ripícola na maior parte do percurso do rio (Cenário 1), exceto na área da nascente (destacada na Figura 10) que se encontra relativamente preservada considerando os parâmetros de 30 metros de vegetação.

Devido aos fragmentos de vegetação relevantes estarem na sua grande maioria, não conectados as margens dos rios, bem como pelos sítios entre os cursos de água e esses fragmentos se caracterizarem por serem zonas alagadas, foram incluídas além das áreas potenciais, uma parcela maior de áreas produtivas na construção do cenário 2.

O cenário 1 determinou que há 2,3 hectares ao longo do curso d'água a serem recuperados, já para o cenário 2 esse montante foi de 36,2 hectares. Dessa forma, a escolha por ambos os cenários representariam um acréscimo de mais de 47% na parcela relativa às áreas verdes, saltando dos atuais 80,7 hectares para mais de 119 hectares.

Na região mais a nordeste do mapa, destacam-se três grandes fragmentos de vegetação próximos a zonas habitacionais, dessa forma, foram selecionadas áreas potenciais estratégicas para conectá-los com as demais manchas verdes e consequentemente com as zonas ripícolas.

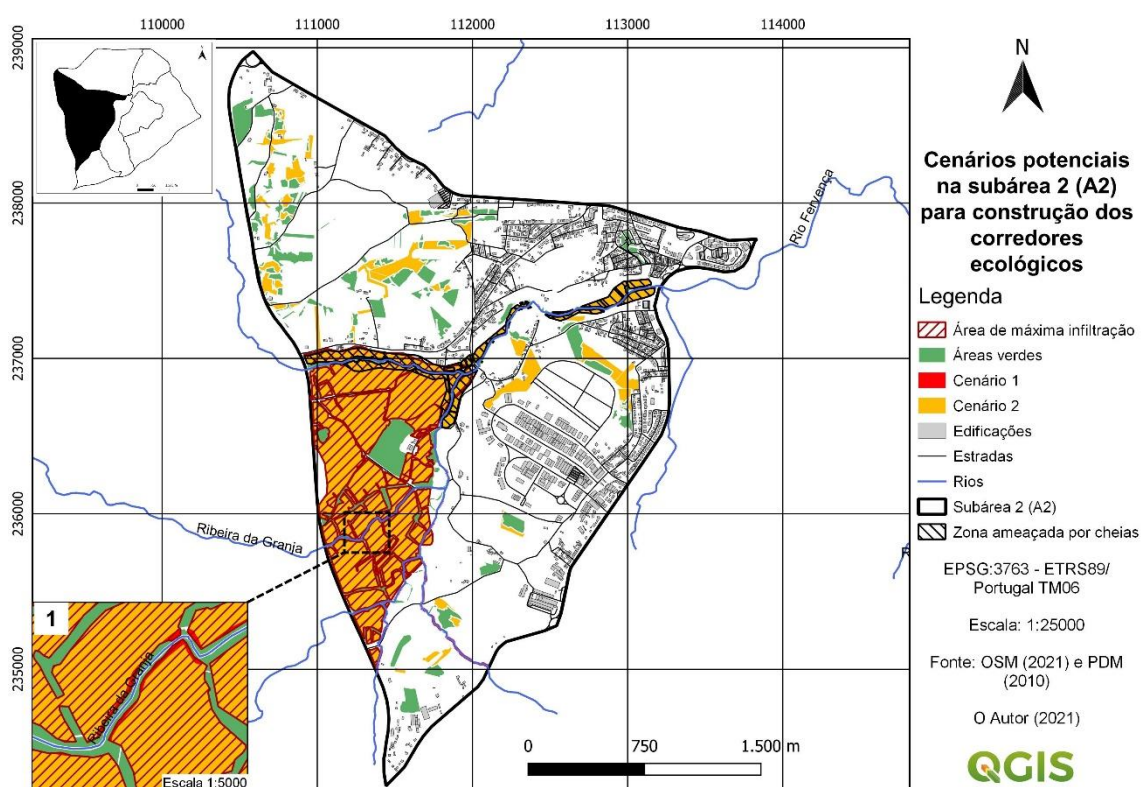


Figura 11: Cenários potenciais na subárea 2 (A2) para a construção dos corredores ecológicos
Fonte: O Autor (2021)

A subárea 2 (Figura 11) se caracteriza por ser uma região de baixa declividade do terreno, onde há muitos cursos de água importantes para a formação dos principais rios da região, é uma zona com poucas áreas verdes e de maiores áreas produtivas.

Assim sendo, faz-se necessária a recuperação da vegetação das margens dos rios (Cenário 1) para mitigar os efeitos da contaminação da água por insumos utilizados nos processos de produção agrícola.

Arelado a isso, essa zona possui uma área de grande importância para os recursos biológicos da cidade de Bragança (Figura 5), pois apresenta uma área relevante de

máxima infiltração (PDM, 2010), com solos profundos e responsável pela captação d'água que posteriormente incorporarão os rios.

Dessa forma, se optou por incluir essas áreas de máxima infiltração nos corredores ecológicos, de modo a garantir o incremento das áreas verdes, bem como, dificultar a edificação dessas zonas, o que acarretaria o aumento da impermeabilização do solo, a redução do potencial de infiltração de água, o aumento da velocidade de escoamento por ausência de vegetação, a redução da qualidade da água, afetando todo o ecossistema local (Santos, Rufino & Barros Filho, 2017).

Além disso, a subárea 2 apresenta zonas ameaçadas por cheias, classificadas pelo Plano Director Municipal (2010), as quais também foram incluídas nos corredores ecológicos, pois a recuperação da vegetação nessas áreas permitiria a mitigação dos efeitos das enchentes, reduzindo a velocidade da corrente e diminuindo os efeitos erosivos (NICIF, 2004).

As áreas a serem recuperadas as margens dos rios foram definidas em 3,5 hectares para o cenário 1 e 102 hectares para o cenário 2, o que causou um aumento considerável nas áreas verdes, saindo dos atuais 64,8 hectares para mais de 170, considerando ambos os cenários, um aumento de mais de 162%.

Destaca-se também o parque industrial da cidade, que acabou por ser expandido no sentido das zonas habitacionais, sendo então recomendada a utilização das áreas potenciais entre essas duas zonas para a incrementação das áreas verdes locais, o que resultaria numa barreira atenuante de ruídos gerados, conforme já comprovado por Feliciano et al. (2007) para a cidade de Bragança, bem como, mitigaria os efeitos dos ventos com origem sudoeste (PMEPCB, 2012).



Figura 12: Cenários potenciais na subárea 3 (A3) para a construção dos corredores ecológicos
Fonte: O Autor (2021)

A Figura 12 demonstra que a subárea 3 é uma zona pouco edificada, possuindo 46 fragmentos de áreas verdes com um tamanho médio de cerca de 1 hectare, onde no cenário 1, foram delimitadas as zonas de borda do rio para recuperação, bem como, para a sua nascente que atualmente se encontra bastante desprotegida e cercada por áreas produtivas (*vide* Figura 7).

O cenário 2 foi definido a partir da seleção das áreas potenciais, além de algumas faixas de áreas agrícolas, visando interligar os fragmentos de vegetação mais relevantes na área com o proposto pelo cenário 1, o que resultou num incremento das áreas verdes de 0,46 ha para o cenário 1 e de 12,3 hectares para o cenário 2, totalizando 12,8 hectares em caso de adoção dos dois cenários, o que acarretaria um aumento de quase 30% de cobertura verde na subárea 3.

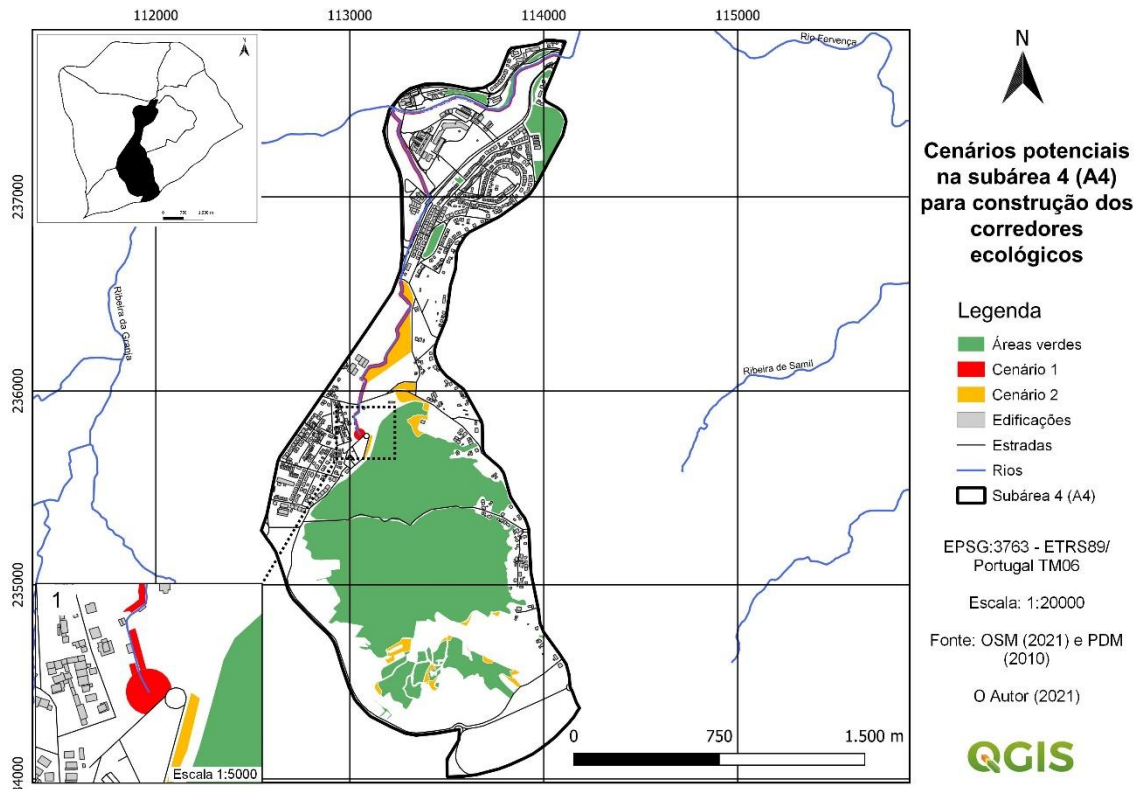


Figura 13: Cenários potenciais na subárea 4 (A4) para a construção dos corredores ecológicos
 Fonte: O Autor (2021)

A subárea 4 (Figura 13) possui uma nascente de um dos afluentes do rio Ferveença, esta nascente atualmente encontra-se praticamente desprotegida, em meio a áreas urbanizadas e áreas produtivas. Portanto, foi adotado um raio de recuperação de 30 metros a partir da nascente, exceto sobre as áreas edificadas, como foi o caso destacado em escala 1:5000 na figura 13.

Isso se justifica conforme proposto por Zanin, Bonumá & Chaffé (2013), que defende que as nascentes possuem papel vital no âmbito social e económico, pois a qualidade da água para consumo humano é dependente do processo de filtragem pelo solo, bem como pelo uso e cobertura da terra na sua área de captação.

O cenário 1 considerou na sua totalidade para a subárea 4 a recuperação de 3 hectares de vegetação ripícola ao longo dos cursos de água, incluindo a zona de nascente. Já o cenário 2, incluiu o aumento de 6 hectares na potenciação das áreas verdes para os corredores ecológicos.

As áreas verdes dentro dessa subdivisão representaram 105 hectares divididos em 28 fragmentos, considerando os 9 hectares com a soma de ambos os cenários o acréscimo seria de 8,5%. Destaca-se ainda os dois grandes fragmentos tão importantes para a biodiversidade local, onde o mais ao sul possui 55 hectares e o mais ao norte 32 hectares.

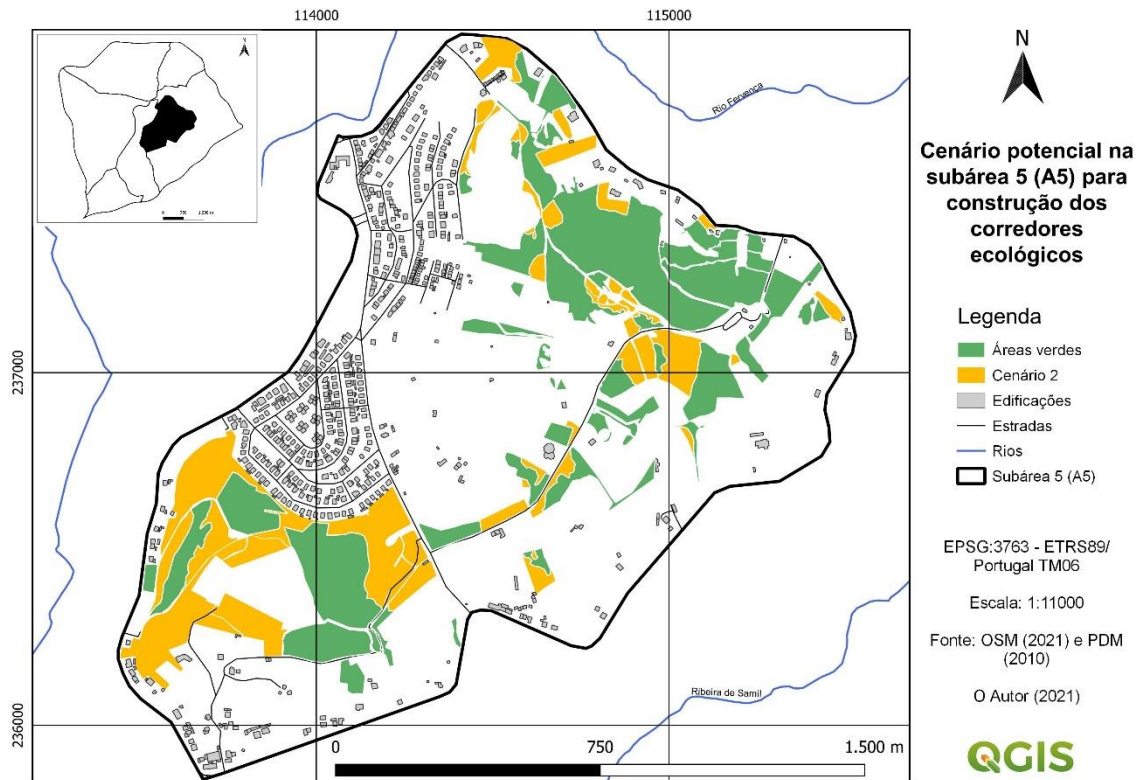


Figura 14: Cenário potencial 2 na subárea 5 (A5) para a construção dos corredores ecológicos
 Fonte: O Autor (2021)

A Figura 14, ilustra a subárea 5, onde não há cursos de água, portanto não há como simular o cenário 1, possível somente a seleção de áreas potenciais com intuito de conectar os fragmentos de áreas verdes atuais por meio do cenário 2.

Na região mais ao sudoeste do mapa temos algumas manchas de vegetação que se encontram numa área declivosa próxima a zonas habitacionais, dessa forma foi optado pela inclusão de áreas potenciais de significativo tamanho para conectar esses fragmentos visando melhorar os serviços ecossistêmicos neste sítio.

Da mesma forma, porém mais ao norte, foram selecionadas áreas potenciais com o intuito de estabelecer um corredor entre os fragmentos mais ao sul e os fragmentos mais ao norte.

Assim sendo, o cenário 2 projetou uma melhoria de 25 hectares aproveitando-se das áreas potenciais, o que representaria num aumento de mais de 58% nas áreas verdes atuais.

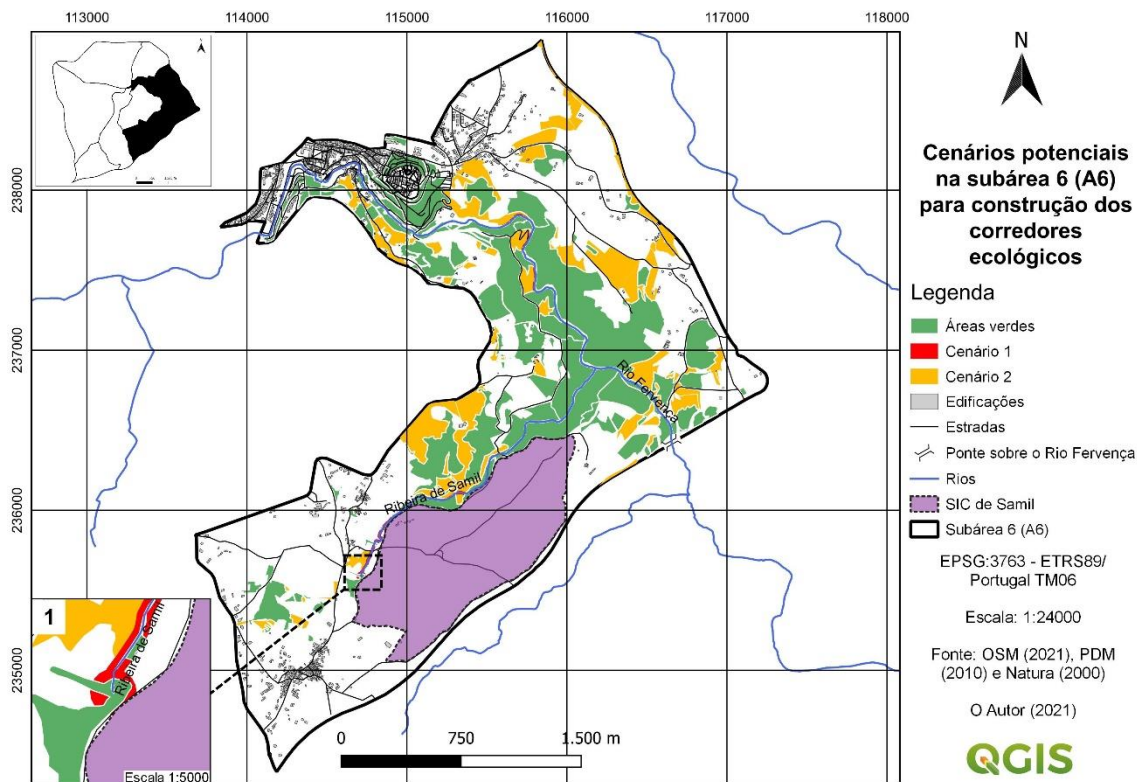


Figura 15: Cenários potenciais na subárea 6 (A6) para a construção dos corredores ecológicos
 Fonte: O Autor (2021)

Na subárea 6 (Figura 15) fica localizado o Sítio de Importância Comunitário (SIC) de Samil (PTCON0041 – Natura 2000), portanto a adoção de ambos os cenários visou estabelecer conexão entre essa área com as adjacentes e conseqüentemente por meio da vegetação ripícola, passando a integrar os corredores ecológicos.

Devido às características de relevo acidentado esta subárea específica apresenta-se com as margens dos rios mais bem preservadas, quando comparadas as outras subáreas do estudo.

Entretanto, conforme o cenário 1, há alguns pontos específicos que necessitam de atenção as margens do rio Ferveça, principalmente nas curvas do curso d'água devido a processos erosivos, bem como, e em maior grau a nascente do Ribeira de Samil (destacada na Figura 15) e o seu percurso inicial, que se encontra próximo ao SIC de Samil.

Dessa forma, o cenário 1 considerou a recuperação de 1,25 hectares as margens dos dois cursos de água, e o cenário 2 avaliou a melhoria da conectividade entre os fragmentos por meio da seleção de 58 hectares de áreas potenciais, a soma de ambos representa um acréscimo de 38,5%, considerando a cobertura atual de 154 hectares de áreas verdes.

É também nesta subárea (A6) que fica localizada a ponte sobre o rio Fervença, a mais importante e única passagem relevante para fluxo de espécies entre o perímetro urbano estabelecido e a região externa.

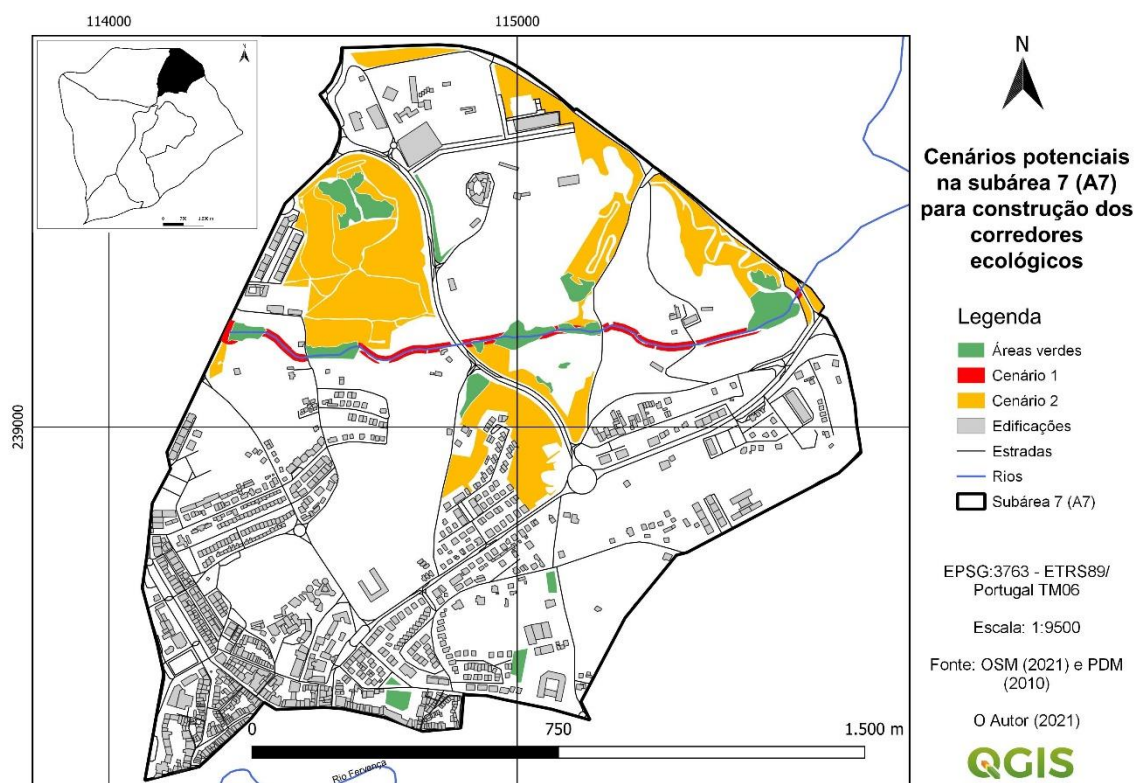


Figura 16: Cenários potenciais na subárea 7 (A7) para a construção dos corredores ecológicos
Fonte: O Autor (2021)

A Figura 16 ilustra os cenários potenciais na subárea 7 (A7), onde é possível destacar a baixa ocorrência de áreas verdes, a vegetação ripícola falha as margens do curso d'água, bem como, a sua nascente ser localizada junto a uma estrada com grande tráfego de veículos.

A importância de preservar nascentes em regiões próximas a grande circulação de veículos fica clara ao verificar o estudo de Fernandes (2002), onde ao analisar a qualidade da água na microbacia do rio Fervença, encontrou altos valores de chumbo, resultado do tráfego de veículos e consequente emissão de gases, oriundos da queima de combustíveis fósseis.

Dessa forma, o cenário 1 propôs a adoção de 1,45 hectares as margens do curso d'água, já o cenário 2 trouxe um acréscimo de 22,7 hectares aos 5,7 atualmente existentes de áreas verdes, o que a soma de ambos (24,15 hectares) representa um aumento de mais de 320% comparado a cobertura atual.

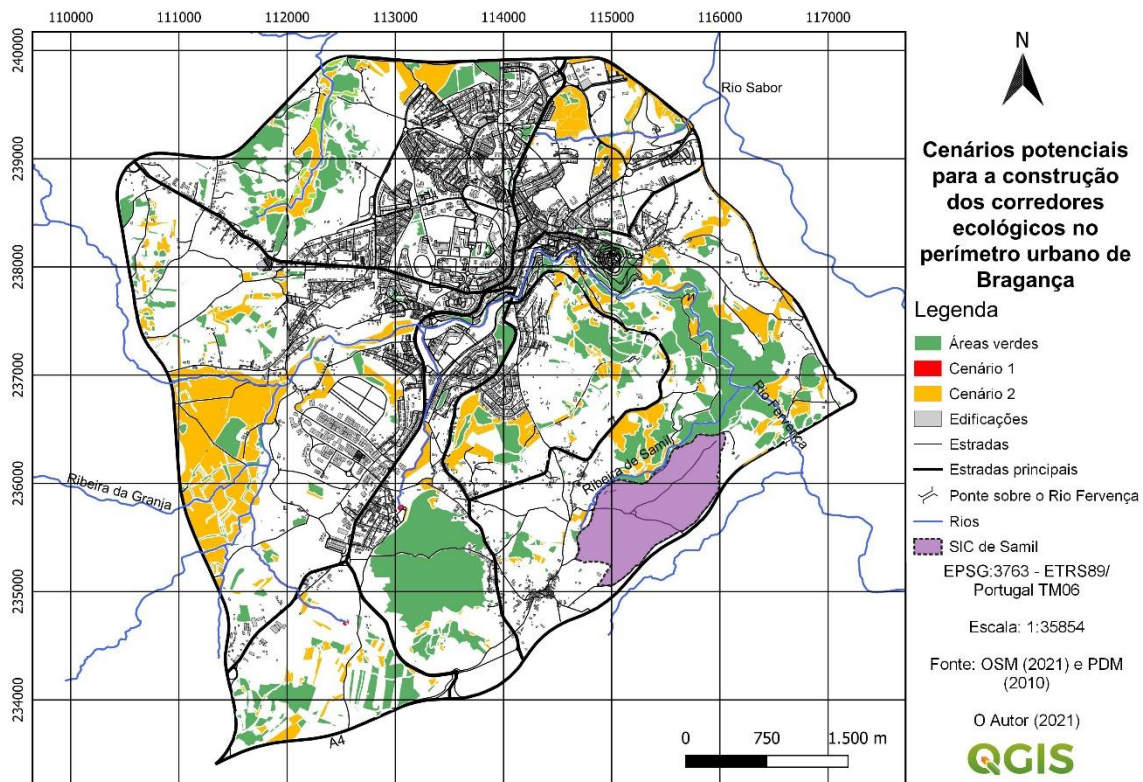


Figura 17: Cenários potenciais para a construção dos corredores ecológicos no perímetro urbano de Bragança
 Fonte: O Autor (2021)

A Figura 17 representa os cenários potenciais de todas as subáreas analisadas para o perímetro urbano de Bragança visando a formação dos corredores ecológicos.

No cenário 1, a recuperação de 10 metros de vegetação ripícola em cada margem dos rios e de 30 metros em cada nascente, representou 12 hectares de área selecionadas prioritariamente a partir de áreas potenciais, na sua ausência foram utilizadas áreas classificadas como produtivas, conforme citado anteriormente.

O cenário 2 apresentou um acréscimo nas áreas que conectam os fragmentos verdes já existentes em 262 hectares, prioritariamente também oriundos de áreas potenciais.

Num panorama com adoção de ambos os cenários o aumento das áreas verdes seria de 274 hectares, o que representaria um acréscimo de 55,2%, quando comparado aos 496 hectares atualmente presentes em todo o perímetro urbano de Bragança, fazendo com que as áreas verdes saltassem dos atuais 17,2% do território para 26,7%, considerando os dois cenários retratados.

4.3 Análise da conectividade das áreas verdes com o incremento das áreas potenciais e formação dos corredores ecológicos

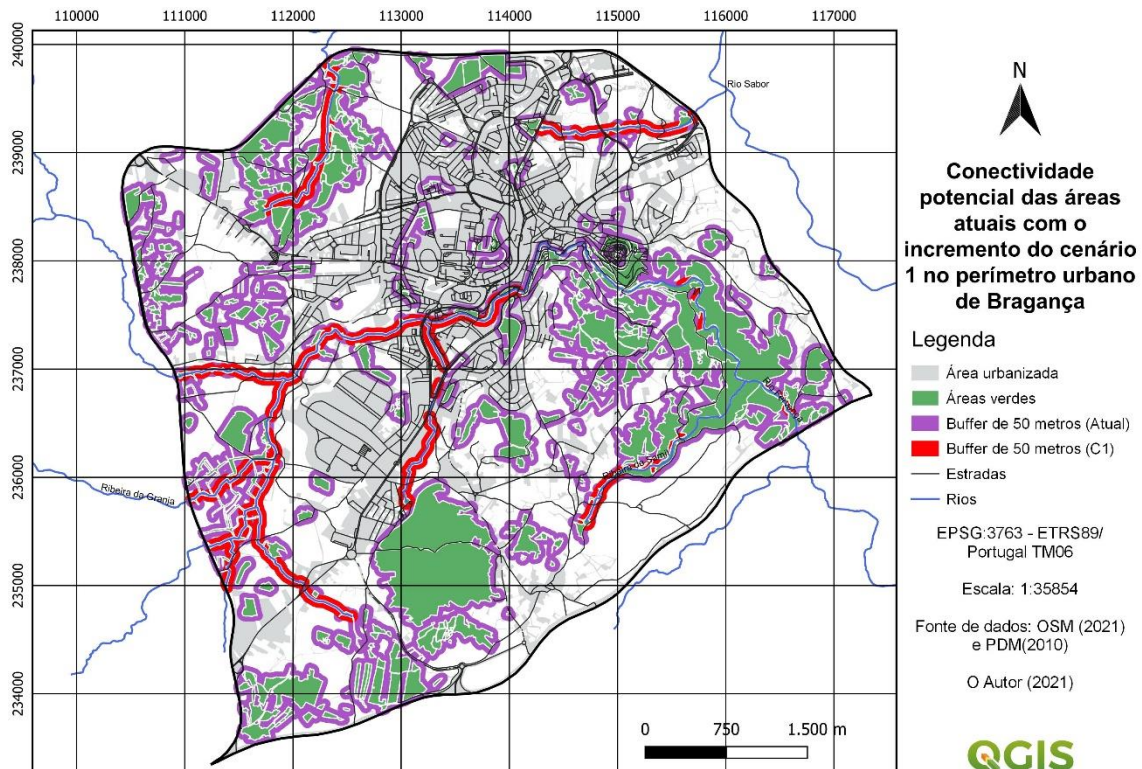


Figura 18: Conectividade potencial das áreas atuais com o incremento do cenário 1 no perímetro urbano de Bragança
Fonte: O Autor (2021)

A Figura 18 demonstra a conectividade potencial entre as áreas atuais com a adição das áreas selecionadas sob os critérios do cenário 1. A borda (*buffer* atual) em roxo, ilustra o potencial de conectividade já existente no município, conforme demonstrado pela Figura 9, já a borda em vermelho (*buffer* C1) representa a melhoria dessa conexão por meio da seleção das novas áreas.

Esse processo resultou no acréscimo dos atuais 555 fragmentos de áreas verdes para 798 fragmentos, sendo que a distância média foi reduzida de 136 metros para 113 metros, considerando o método de avaliação por vizinhos mais próximos, e de 265 metros para 206 metros, a partir do método de triangulação de Delaunay.

Essa diferença entre as distâncias pode ser explicada pelo fato de que a triangulação de um conjunto de pontos em um determinado espaço não é singular, ou seja, as conexões podem ser formadas por diferentes triangulações entre um mesmo conjunto de pontos (Oliveira, Piteri & Meneguette, 2014).

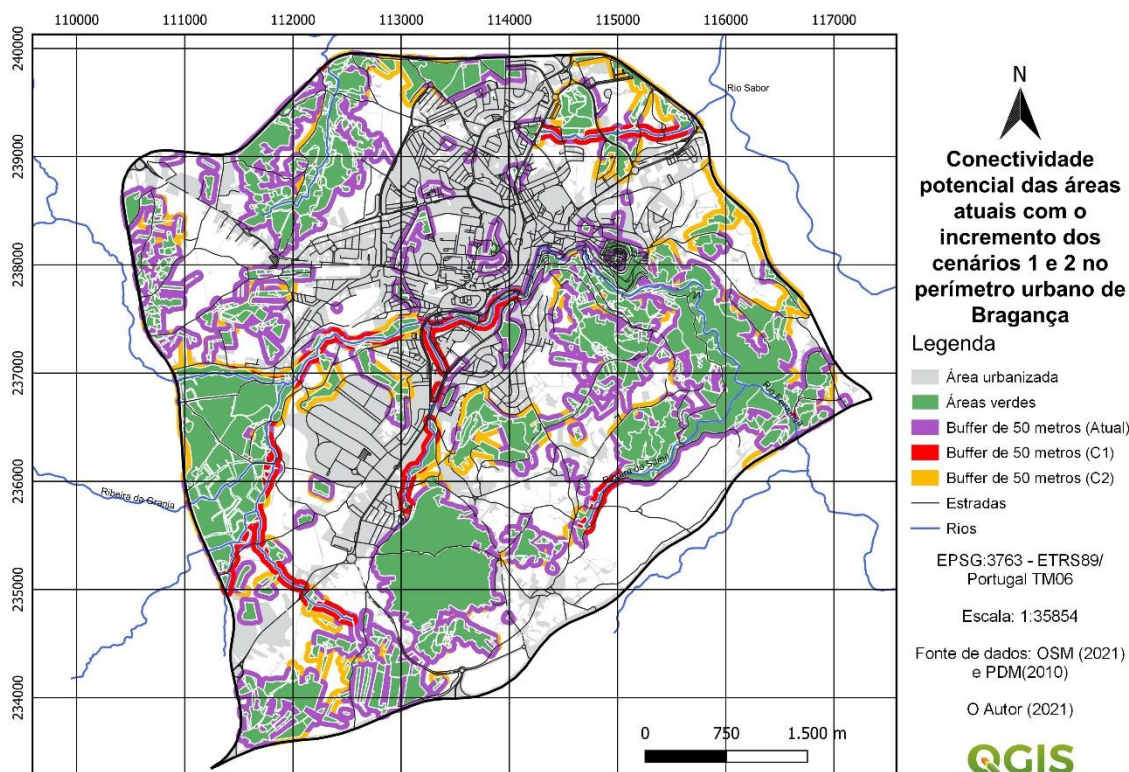


Figura 19: Conectividade potencial das áreas atuais com o incremento dos cenários 1 e 2 no perímetro urbano de Bragança
Fonte: O Autor (2021)

Como o cenário 2 é considerado um complemento ao cenário 1, ou seja, considerando a implantação de ambos os cenários, a partir de um ponto de vista lógico, o cenário 1 teria prioridade, pois possui menor área, dependeria menor tempo e custos na sua implementação, isso sem considerar o impacto aos serviços ecossistêmicos. Assim sendo, a adoção do cenário 2 ocorre com a soma do cenário 1, já analisado separadamente (Figura 18).

Dessa forma, a Figura 19 representa a situação atual das áreas verdes com o seu respetivo potencial de conectividade (*buffer* atual), além dos cenários 1 (*buffer* C1) e cenário 2 (*buffer* C2).

Destaca-se que o cenário 1 está visualmente mais atrelado a conectividade por meio da vegetação ripícola junto aos cursos de água, e o cenário 2 está mais atrelado em conectar fragmentos relevantes da paisagem entre eles, e sempre que possível também com as áreas verdes representadas pelo cenário 1, assim como os critérios que cada um dos cenários se propôs.

A incorporação de ambos os cenários juntamente ao efetivo atual de áreas verdes, resultou num aumento do número de fragmentos verdes em 115%, quando comparado ao montante atual, além de reduzir a distância média entre os fragmentos para 92 metros, considerando o método de avaliação por vizinhos mais próximos, e de 110 metros, a partir da triangulação de Delaunay, o que na média tornaria a maior parte dos fragmentos considerados conectados no primeiro método, conforme pode ser visualizado por meio da Figura 19.

Há de se destacar também que a distância é gerada a partir de um ponto central (centróide) do fragmento de área verde e não a partir da borda, ou seja, a distância real entre dois fragmentos seria menor se a linha fosse gerada a partir da sua extremidade. Outro fator a ser considerado é a restrição de seleção de áreas impostas pelas barreiras físicas e pelas áreas já edificadas ou classificadas em outras categorias de uso e ocupação do solo que não as selecionadas para potenciação das áreas verdes.

A partir do método de Delaunay foi possível verificar também um aumento no número de conexões entre os fragmentos, saindo das atuais 3153 conexões, para 4734 com adoção do cenário 1, e para 7017 com adoção de ambos os cenários (1 e 2).

O número de conexões menores que 100 metros passou das atuais 656, para 1831 no cenário 1 e 3251 com a opção pelos dois cenários, o que representaria um aumento de 38,6% no cenário 1 e 46,3% com a adoção de ambos, um ganho relevante quando comparado com as conexões atualmente existentes de 20,8%.

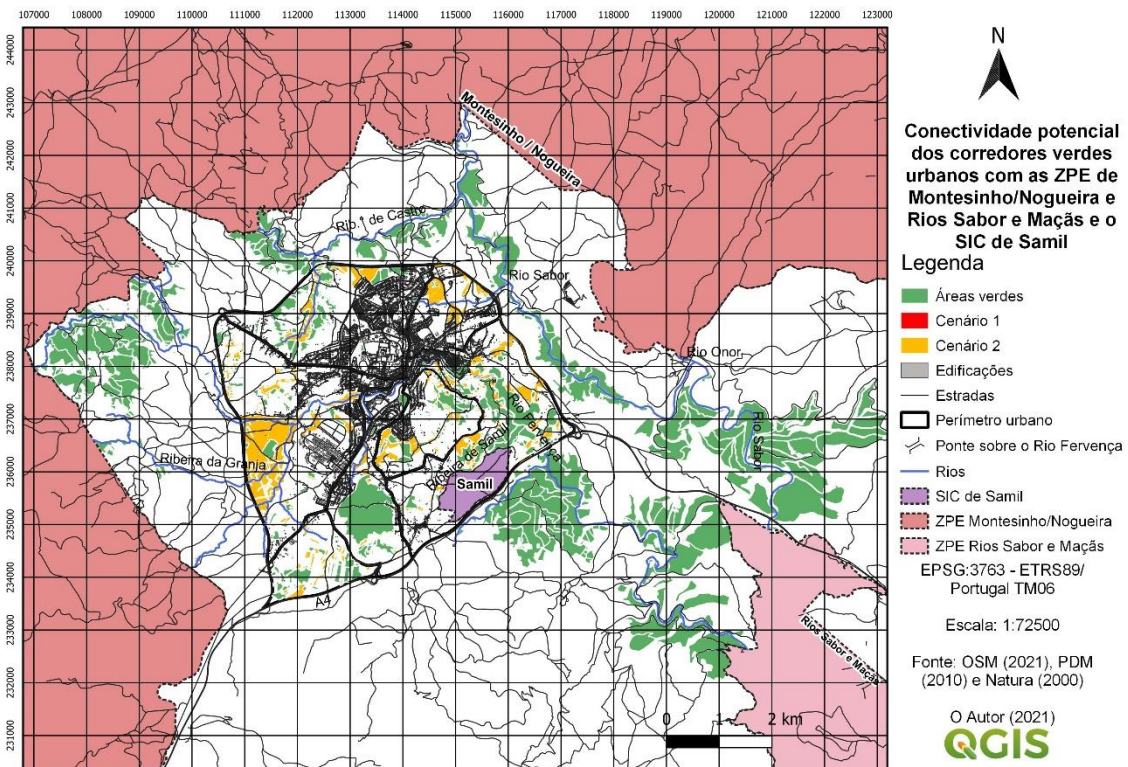


Figura 20: Conectividade potencial dos corredores ecológicos urbanos com as ZPE de Montesinho/Nogueira e Rios Sabor e Maçãs e o SIC de Samil
 Fonte: O Autor (2021)

A Figura 20 nos possibilita visualizar a conectividade potencial entre os corredores ecológicos urbanos com as zonas de proteção especial de Montesinho/Nogueira e Rios Sabor e Maçãs, bem como com o sítio de interesse comunitário de Samil.

Essa conectividade é possível por meio da adoção de ambos os cenários (C1 e C2) no perímetro urbano, e na parte externa a ele, por meio da vegetação ripícola e das zonas ripárias, que atualmente existem junto ao percurso desses mesmos rios e que totalizaram 1683 hectares.

Em relação específica a área externa ao perímetro urbano, foram delimitadas também as áreas as margens dos rios que necessitavam de recuperação da sua vegetação ripícola, bem como as suas nascentes, utilizando dos mesmos parâmetros definidos no cenário 1 para a parte interna do município, o que resultou numa área a ser recuperada de 72 hectares.

A recuperação dessas zonas ripárias possibilita a retenção de sedimentos e nutrientes, aumentando a fertilidade do solo, melhorando a qualidade biológica e permitindo, por meio da vegetação lenhosa, a melhoria dos habitats ribeirinhos,

fornecendo alimento aos organismos aquáticos e contribuindo para a redução da temperatura da água (Feld et al., 2018).

Destaca-se ainda que as áreas verdes externas ao perímetro urbano são importantíssimas para a manutenção da biodiversidade, bem como, a sua integração aos corredores ecológicos mitigaria os efeitos da fragmentação das áreas verdes no perímetro urbano de Bragança.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a atual fragmentação das áreas verdes do perímetro urbano de Bragança pode ser mitigada por meio da utilização das áreas potenciais como meio de conectividade para formação dos corredores ecológicos.

Destaca-se também a atual degradação da vegetação ripícola dentro e fora do perímetro urbano, recomendada a sua recuperação, visando melhorar a qualidade dos diversos parâmetros aqui já discutidos, bem como melhorar os serviços ecossistêmicos proporcionados por essas áreas.

As barreiras físicas são um fator decisivo para o sucesso dos corredores ecológicos, sendo que a ponte sobre o rio Fervença é a única passagem relevante para espécies da fauna e da flora do perímetro urbano para a área externa, o que contribui para o isolamento das espécies do ecossistema local e conseqüentemente para o seu declínio.

A conectividade é prejudicada justamente pela presença dessas barreiras, principalmente as rodovias, onde esse problema poderia ter sido mitigado no momento da sua construção, pois em muitos casos, a estrada é elevada em relação ao terreno, ou seja, seria muito mais fácil do ponto de vista de financeiro e de execução, construir uma passagem inferior ao seu curso, do que quando a estrada está no mesmo nível do solo.

Entretanto, o estudo demonstrou ser possível conectar as Zonas de Protecção Especial de Montesinho/Nogueira e do rio Sabor e Maçãs, bem como o Sítio de Interesse Comunitário de Samil, com as áreas verdes presentes no perímetro urbano de Bragança, principalmente por meio do curso do rio Fervença e as suas respectivas zonas ripárias.

A avaliação dos parâmetros do cenário 1 demonstra haver como recuperar a vegetação as margens dos cursos de água, tanto na área interna ao perímetro urbano, como na área externa, aumentando assim o número de conexões a menos de 100 metros entre os fragmentos de vegetação.

A adoção de ambos os cenários permite um incremento relevante na atual parcela de áreas verdes de 274 hectares, além de demonstrar que o número de conexões totais menores que 100 metros de distância aconteceriam em aproximadamente 46,3% das áreas verdes.

Por fim, este trabalho possibilita que a eventual expansão das áreas urbanizadas considere em seu planeamento a manutenção da conexão entre os espaços verdes existentes, a fim de permitir o máximo aproveitamento dos serviços ecossistêmicos por eles gerados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, N. & Arrobas, M., (2009). *Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Ahern, J. (1995). Greenways as a planning strategy. In *Elsevier Science* (33rd ed., pp. 131-155). Lanscaps and urban planning.
- Almeida, A., Silva, J., Carvalho, B., Ribeiro, V., Oliveira, E., Oliveira, M., & Smith, W. (2020). Fauna urbana: revisão bibliográfica dos mamíferos presentes em fragmentos florestais no estado de São Paulo. *Brazilian Journal Of Animal And Environmental*, pp. 2407-2416.
- Almeida, C. (2010). Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. In *arq.Urb* (3rd ed., pp. 98-123).
- Bacelar-Nicolau, P. (2019). Biodiversidade e serviços de ecossistema em espaço urbano. In *REA - Ciências da Vida, Ambiente e Sustentabilidade*. Universidade Aberta.
- Bacellar, L. (2005). O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. In *Geo.br* (pp. 1-39). Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.
- Barros, C., (2017). *O papel dos espaços verdes na saúde mental da população - caso de estudo na cidade de Coimbra*. Mestrado. Universidade de Coimbra.
- Bias, E., Pivelo, L., Guedes, S., & Rocha, K. (2012). Análise da eficiência da vegetação no controle do escoamento superficial: uma aplicação na bacia hidrográfica do Rio São Bartomoleu, DF. In *Geociências* (31st ed., pp. 411-429). UNESP.
- Bird, W. (2004). *Can green space and biodiversity increase levels of physical activity?*. Faculty of Public Health.
- Botari, A., Botari, J., Takeda, I., & Takeda, A. (2013). Barreiras termo acústicas vegetais em espaços públicos abertos - o caso das praças do município de Umuarama - PR. In *XIII Safety, Health and Environment World Congress*. Porto: COPEC.
- Brito, F. (2012). *Corredores Ecológicos* (2nd ed.). Editora UFSC.
- Brun, F., Link, D., & Brun, E. (2007). O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. In *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana* (2nd ed.).
- Câmara, G., Souza, R., Freitas, U., & Garrido, J. (1996). Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. In *Elsevier Science* (20th ed., pp. 395-403). Pergamon - Computer Graphics in Brazil.
- Dalla Corte, A. (2018). *Geotecnologias aplicados ao setor florestal*. PECCA - UFPR.

- Deslauriers, M., Asgary, A., Nazarnia, N. and Jaeger, J., (2018). Implementing the connectivity of natural areas in cities as an indicator in the City Biodiversity Index (CBI). In: *Ecological Indicators*, 94th ed. Montreal: Elsevier, pp.99-113.
- DGT - Dgterritorio.gov.pt. (2021). *PT-TM06/ETRS89 / DGT*. [online] Available at: <<https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia/portugal-continental/PT-TM06-ETRS89>> [Accessed 13 October 2021].
- Dias, R., Vidal, D., Seixas, P., & Maia, R. (2020). Os espaços verdes e as preocupações com a sustentabilidade nos Planos Diretores Municipais de 3ª geração. In *Cidades - Comunidades e Territórios* (41st ed.). OpenEdition Journals.
- Doerr, E., Doerr, V., Davies, M., & McGinness, H. (2014). Does structural connectivity facilitate movement of native species in Australia's fragmented landscapes?: a systematic review protocol. In *Environmental Evidence* (3rd ed.). BioMed Central Ltd.
- Dubin, R., & Goodman, A. (1982). Valuation of education and crime neighborhood characteristics through hedonic housing prices. In *Population and Environment* (5th ed., pp. 166-181). Human Sciences Press.
- Fadigas, L. (1993). *A natureza na cidade - uma perspectiva para a sua integração no tecido urbano* (Doutorado). Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa.
- Farias, F., Bargos, D., & Matias, L. (2016). Aplicação de geotecnologias no estudo da relação entre a valorização da terra urbana e a presença de áreas verdes na cidade de Paulínia (SP). In *Revista Brasileira de Cartografia* (68th ed., pp. 275-287). Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto.
- Feld, C., Fernandes, M., Ferreira, M., Hering, D., Ormerod, S., Venohr, M. and Gutiérrez-Cánovas, C., (2018). Evaluating riparian solutions to multiple stressor problems in river ecosystems A conceptual study. In: *Water Research*. Amsterdam: Elsevier.
- Feliciano, M., Gonçalves, A., Silvana, P., Teixeira, G., Nunes, L., Cortez, P., & Cerqueira, M. (2007). Ruído ambiente na cidade de Bragança: O papel dos espaços verdes. In *Departamento de Ambiente e Ordenamento, Insitituto Politécnico de Bragança*. Bragança.
- Fernandes, A. (2007). *Os impactos dos espaços verdes na qualidade do ar* (Mestrado). Universidade de Aveiro.
- Fernandes, J. (2015). *Princípios e aplicações de detecção remota* (1st ed.). Universidade de Lisboa.
- Fernandes, L., (2002). Recursos hídricos e impactos antrópicos na bacia do rio Fervença. In: *6º congresso da água*. Bragança.

- Fernández, F. (2018). *La importancia de áreas de bosque en paisajes urbanos para la estructuración de metacomunidades de anfibios* (Graduado). Universidad Federal de Integración Latino Americana - UNILA.
- Ferreira, C., Fischer, E., & Pulchério-Leite, A. (2010). Fauna de morcegos em remanescentes urbanos de Cerrado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. In *Biota Neotrop* (10th ed.).
- Ferreira, J., & Machado, J. (2010). Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. In *Revista LabVerde* (1st ed., pp. 69-90).
- Figueiredo, D. (2005). Conceitos básicos de sensoriamento remoto. In *Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB*.
- Figueiredo, T., (2005). *Pedregosidade dos Solos em Trás-os-Montes: importância relativa e distribuição espacial*. 83rd ed. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Forero-Medina, G., & Vieira, M. (2007). Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. In *Oecologia Brasiliensis* (11th ed., pp. 493-502). UFRJ.
- Fritzen, M., & Binda, A. (2011). Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas. In *Ateliê Geográfico* (5th ed., pp. 239-254). UFG.
- GADM Database, (2021). *GADM*. [online] Gadm.org. Available at: <https://gadm.org/download_country_v3.html> [Accessed 13 October 2021].
- Gautério, B., & Sartório, L. (2020). O Uso de Geotecnologias para educadores ambientais: elaboração de mapas temáticos para uso em sala de aula. In *REVista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* (37th ed., pp. 264-277). XI EDEA - Encontro e Diálogos com a Educação Ambiental.
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. In *Elsevier* (86th ed.). Ecological Economics.
- Gomides, S. (2010). *Diversidade da fauna de squamata em fragmentos florestais urbanos de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil* (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Gonçalves, A., & Carvalho, A. (2016). Diversidade de elementos na estrutura verde urbana. Reflexão sobre a cidade de Bragança. In *Gaia Scientia* (10th ed., pp. 60-74). CIMO.
- Hüse, B., Szabó, S., Deák, B., Tóthmérész, B. (2016). Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). In *Elsevier Science* (57th ed., pp. 574-581). Land Use Policy.

- ICA, (2003); A Strategic Plan for the International Cartographic Association 2003-2011. In: *ICA General Assembly*. Gavle: International Cartographic Association.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2016). *Atlas Geográfico Escolar*. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI, p.220.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (1998). *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos: INPE.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (2001). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. São José dos Campos: INPE.
- Ippoliti-Ramilo, G., Epiphanyo, J., Shimabukuro, Y., & Formaggio, A. (1999). Sensoriamento remoto orbital como meio auxiliar na previsão de safras. In *Agricultura em São Paulo* (46th ed., pp. 89-101).
- Jacinto, L. (2003). *Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: O caso das áreas de proteção ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo - SP* (Mestrado). Universidade de São Paulo.
- Loboda, C., & De Angelis, B. (2005). Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. In *Ambiência* (1st ed., pp. 125-139). Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais.
- Longhitano, G. (2010). *Vants para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas* (Mestrado). Universidade de São Paulo.
- Louzada, F. L., Oliveira, R., Santos, A. R., & Gomes Da Silva, A. (2012). Proposta de corredores ecológicos para interligação de parques estaduais utilizando geotecnologia. *Revista Geográfica Venezuelana*, 239-254.
- Luz, L., Arraes, R., & Oliveira, S. (2012). Educação ambiental em áreas verdes urbanas como recurso didático para o ensino de biogeografia. In *Revista Geonorte* (3rd ed., pp. 171-177). Universidade Federal do Pará.
- Machado, M. H. (2000). Urbanização e sustentabilidade ambiental. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 81-95.
- Marchante, H., Morais, M., Freitas, H., & Elizabete, M. (2014). *Guia Prático para a Identificação de Plantas Invasoras em Portugal*.
- Marchiori, F. A., & Flamini, S. H. (2021). Corredores Ecológicos, alternativa para sobrevivência da biodiversidade. Em R. G. Ambientais, *Gestão e Análise Ambiental* (pp. 50-52). São Carlos: UFSCAR.

- Marques, O., Pereira, D., Barbo, F., Germano, V., & Sawaya, R. (2009). Os Répteis do Município de São Paulo: diversidade e ecologia da fauna pretérita e atual. In *Biota Neotrop* (9th ed.).
- Martelli, A. and Santos Jr., A., (2015). Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. In: *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19th ed. Santa Maria: REGET/UFMS, pp.1018-1031.
- Martínez-Soto, J., Montero, M., López-Lena, M., & Chiapas, J. (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. In *Interamerican Journal of Psychology* (50th ed., pp. 204-212). Sociedad Interamericana de Psicología.
- Melo, N., Silva, M., & Valente, B. (2019). Capítulo 4 - Plantas e qualidade do ar interior: Potencialidades e desafios da utilização do sensor de dióxido de carbono na formação para a docência no ensino básico. In M. Silva & R. Brito, *Utilização pedagógica de sensores eletrônicos para a participação na saúde ambiental das escolas* (1st ed.). CIED - Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais.
- Mendonça, L., Vásquez, M., Feitosa, J., Oliveira, J., França, R., Vásquez, E., & Frischkorn, H. (2009). Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. In *Eng Sanit Ambient* (14th ed., pp. 89-98).
- Milano, M., & Dalcin, E. (2000). *Arborização de Vias Públicas* (1st ed.). Rio de Janeiro: BIOSYS - Consultoria Ltda.
- Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (2002). *Fundamentos de sensoriamento remoto*. São José dos Campos: INPE.
- Miura, A., Formaggio, A., Shimabukuro, Y., Anjos, S., & Luiz, A. (2011). Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. In *Revista Engenharia Agrícola* (31st ed., pp. 607-620).
- Monteiro, M. & Figueiredo, T., (2009). Terra sulcada de rios e inundada de cores. In: A. Fernandes, ed., *Bragança marca a história - A história marca Bragança*. Bragança: Greaca - Artes Gráficas.
- Nicholls, S., & Crompton, J. (2005). The impact of greenways on property values: evidence from Austin, Texas. In *Journal of Leisure Research* (37th ed., pp. 321-341). National Recreation and Park Association.
- NICIF (2004). *Vegetação Rípica - Comemoração do Dia da Floresta Autóctone*. Núcleo de Integração Científica de Incêndios Florestais. Lousã: Ediliber.
- Oliveira, F. F., Piteri, M. A., & Meneguette, M. (2014). Desenvolvimento de uma plataforma de software para modelagem em TIN. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 117-131.

- Oliveira, U. R., Alvarez, I., Taura, T. A., & Santos, S. M. (2012). Uso de geotecnologias para a criação de corredores ecológicos urbanos na cidade de petrolina, Pernambuco. *Anais e Proceedings de eventos* (p. 67). Campinas: Embrapa Territorial.
- Paiva, J. (1996). Coimbra: As artérias urbanas e as árvores. In *Actas do 1º Colóquio de Geografia de Coimbra* (pp. 49-55). Coimbra.
- PDM (2010). *1ª Revisão do Plano Director Municipal de Bragança*. Planta de Ordenamento - Planta de Condicionantes: Recursos Ecológicos. Câmara Municipal de Bragança. Bragança
- PDM - Câmara Municipal de Bragança, (2020). *Relatório de avaliação da execução do planeamento municipal*. Bragança: Município de Bragança.
- Pereira, J., & Barbosa, R. (2019). Diagnóstico da influência de áreas verdes urbanas na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido. In *Anais XVII ENANPUR*. Natal.
- Pereira, M. (2011). *Espaços verdes urbanos - contributo para a optimização do planeamento e gestão Freguesia de Oeiras e São Julião da Barra* (Mestrado). Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa.
- Pereira, M., Neves, N., & Figueiredo, D. (2007). Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. In *Geografia* (16th ed.). Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.
- Périco, E., Cemin, G., Lima, D. F., & Rempel, C. (2005). Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 2339-2345). Goiânia: INPE.
- Pires, R., & Campos, B. (2019). Diversidade de epífitas em flora urbana de dois municípios em Minas Gerais, Brasil. In *Associação Propagadora Esdeva*.
- PMEPCB - Câmara Municipal de Bragança, (2012). *Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil de Bragança*. Bragança: Câmara Municipal de Bragança.
- Porto, M., Pereira, A., Rego, R., Farminhão, J., Clemente, A., Vitorino, J., & Tauleigne-Gomes, C. (2012). *Elatine brochonii* Clavaud (Elatinaceae), a new species to the portuguese flora. In *Acta Botanica Malacitana* (37th ed., pp. 173-178). Lisboa.
- Quintas, A. (2014). Génese e evolução dos modelos de Estrutura Verde Urbana na estratégia de desenvolvimento das cidades. In *A Obra Nasce* (8th ed., pp. 153-167). Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa.
- Rocha, M. (2017). *Diversidade e abundância de abelhas (hymenoptera: apoidea) num espaço verde urbanizado em Lisboa: a tapada da ajuda* (Mestrado). Universidade de Lisboa.

- Rocha, M., & Ramos, R. (2012). Rede de corredores verdes urbanos: Uma proposta para a cidade de Braga, Portugal. In *Instituição de Defesa*. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
- Rosa, R. (2013). *Introdução ao geoprocessamento*. Universidade Federal de Uberlândia.
- Santana, P., Nogueira, H., Santos, R., & Costa, C. (2007). Avaliação da qualidade ambiental dos espaços verdes urbanos no bem-estar e na saúde. In *A cidade e a saúde* (pp. 219-237). Edições Almedina.
- Santos, K., Rufino, I. and Barros Filho, M., (2017). Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. In: *Eng. Sanit Ambient*, 22nd ed. Campina Grande, pp.943-952.
- Santos, V., (2019). *Entenda o que é Sensoriamento Remoto*. [online] Auster Tecnologia. Available at: <<https://www.austertecnologia.com/single-post/sensoriamento-remoto>> [Accessed 13 October 2021].
- Seminatti, R. (2017). *Ocorrência da Araucaria angustifolia (Bert.) Kuntze em área urbana no município de São Paulo (SP)* (Graduado). Universidade de São Paulo.
- Shinzato, P., & Duarte, D. (2018). Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. In *Ambiente Construído* (18th ed., pp. 197-215). Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- Sousa, R. (2012). *Jardins verticais - um contributo para os espaços verdes urbanos e oportunidade na reabilitação do edificado* (Mestrado). Universidade Lusófona do Porto.
- Szeremeta, B., & Zannin, P. (2013). A importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade de vida em cidades. In *RA'e GA - O espaço geográfico em análise* (29th ed., pp. 177-193). UFPR.
- Thiago, C., Magalhães, I., & Santos, A. (2020). Identificação de fragmentos florestais potenciais para a delimitação de corredores ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio técnicas de sensoriamento remoto. In *Revista Brasileira de Geografia Física* (13th ed., pp. 595-612). UFPE.
- Tomás, D., & Lombardo, M. (2012). Concentração de vapor d'água na atmosfera de áreas urbanas, São Paulo/Brasil. In *Revista de Geografia da UFC* (11th ed., pp. 153-167). Fortaleza: Mercator.
- Umeda, C., Santos, T., Lastoria, G., Oliveira, A., Coutinho, H., & Paranhos Filho, A. (2015). Uso de sensoriamento remoto na identificação de corredores ecológicos: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito, MS. In *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental* (20th ed., pp. 551-557).

- World Health Organization (WHO) - Regional Office for Europe. (2017). *Urban green spaces: a brief for action*. Copenhagen: WHO - 4plus4.dk.
- Zanin, P., Bonumá, N. and Chaffe, P., (2013). Características hidrogeológicas de nascentes situadas em diferentes modelados de relevo. In: *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves: ABRH.
- Zanlorenzi, H., & Silva Filho, D. (2018). O papel da vegetação no controle dos ventos para o conforto térmico. In *Revista Labverde* (9th ed., pp. 74-94). São Paulo.
- Ziller, S., Zenni, R., & Dechoum, M. (2007). Espécies Exóticas Invasoras na Arborização Urbana: Problemas e Soluções. In *Anais do XI Congresso Brasileiro de Arborização Urbana*. Vitória.