

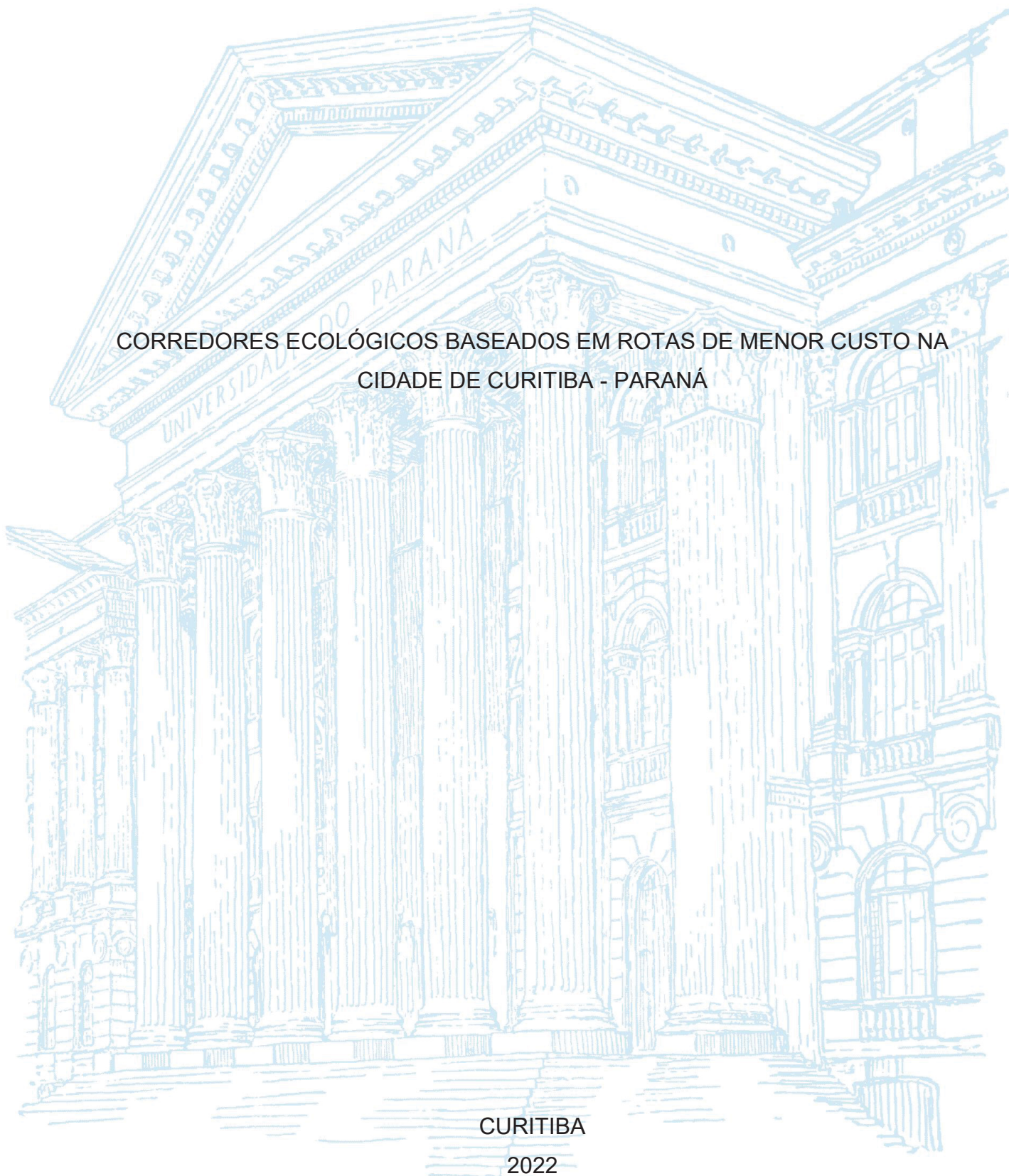
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

IRAN JORGE CORRÊA LOPES

CORREDORES ECOLÓGICOS BASEADOS EM ROTAS DE MENOR CUSTO NA  
CIDADE DE CURITIBA - PARANÁ

CURITIBA

2022



IRAN JORGE CORRÊA LOPES

CORREDORES ECOLÓGICOS BASEADOS EM ROTAS DE MENOR CUSTO NA  
CIDADE DE CURITIBA - PARANÁ

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Biondi

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2022

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Lopes, Iran Jorge Corrêa

Corredores ecológicos baseados em rotas de menor custo na cidade de Curitiba – Paraná / Iran Jorge Corrêa Lopes. – Curitiba, 2022.  
1 recurso on-line : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Biondi Batista  
Coorientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 24/02/2022.  
Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Corredores ecológicos - Curitiba. 2. Planejamento urbano - Curitiba.  
3. Florestas urbanas - Curitiba. 4. Ecologia da paisagem. 5. Teses.  
I. Batista, Daniela Biondi. II. Dalla Corte, Ana Paula. III.  
Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9  
CDU – 634.0.90(816.2)

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL - 40001016015P0

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **IRAN JORGE CORRÊA LOPES** intitulada: **CORREDORES ECOLÓGICOS BASEADOS EM ROTAS DE MENOR CUSTO NA CIDADE DE CURITIBA - PARANÁ**, sob orientação da Profa. Ma. DANIELA BIONDI BATISTA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Fevereiro de 2022.

Assinatura Eletrônica

25/02/2022 13:56:55.0

DANIELA BIONDI BATISTA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

25/02/2022 15:41:15.0

MAYSSA MASCARENHAS GRISE MONTEIRO

Avaliador Externo (SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

25/02/2022 11:36:26.0

ANGELINE MARTINI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA)

---

Avenida Lothário Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4212 - E-mail: pgfloresta@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 155935

**Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 155935**

Dedico aos que acreditam na conservação da natureza como fundamental para a existência humana. E aos que ainda não se ligaram, também.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo suporte e incentivo para minha formação, e por ser minha base até nos momentos mais difíceis.

A minha orientadora, professora Daniela Biondi, por ter me acompanhado em todas as etapas da construção do projeto de pesquisa, e por ter incentivado a idéia para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha co-orientadora, professora Ana Paula Dalla Corte, por todo suporte oferecido na aquisição de dados e utilização de ferramentas de sensoriamento remoto pertinentes ao desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da instituição.

Aos colegas do Laboratório de Paisagismo pela colaboração com os trabalhos durante o período do mestrado.

Ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, pela vasta disponibilidade de dados pertinentes ao zoneamento municipal.

A todos os funcionários mantenedores do Cifloma.

A CAPES, pelo auxílio financeiro.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

*“...Prezo insetos mais que aviões.  
Prezo a velocidade das tartarugas mais que a dos mísseis.  
Tenho em mim esse atraso de nascença.  
Eu fui aparelhado para gostar de passarinhos.  
Tenho abundância de ser feliz por isso.  
Meu quintal  
é maior do que o mundo...”*

Manoel de Barros (1916 – 2014)

## RESUMO

A fragmentação de habitats, geralmente decorrente da interferência humana, é definida como o processo de divisão de um habitat contínuo em manchas isoladas, interrompidas por barreiras antrópicas. Com a aplicação de métodos de ecologia da paisagem e planejamento urbano, é possível desenvolver propostas para que a infraestrutura verde das cidades se tornem ambientes menos nocivos para a biodiversidade e manutenção dos processos ecológicos. Planejar corredores considerando a ecologia da avifauna pode favorecer a conectividade funcional da paisagem para outros tipos de organismos, e até para a população, através de boas práticas de infraestrutura verde. Visando propor a criação de corredores verdes na área de estudo foi efetuada a classificação supervisionada das classes de uso da terra. Foram calculadas métricas de paisagem para a classe de cobertura florestal, a qual teve seus fragmentos classificados de acordo com o tamanho. Os cálculos foram das variáveis AREA (área), SHAPE (forma) e ENN (isolamento), no software RStudio. A definição dos fragmentos prioritários à conexão se deu a partir da relação da área e forma dos fragmentos (ASH). Os corredores foram simulados a partir do modelo de caminhos de menor custo, promovendo um elo entre todas as áreas prioritárias para conexão. Os parâmetros utilizados na modelagem dos percursos levaram em consideração a ponderação de valores encontrados em bibliografias similares. O estudo revelou que a classe de infraestrutura urbana é predominante em Curitiba, e que as áreas florestais se encontram bastante fragmentadas, onde os fragmentos mais representativos estão situados nas porções sudeste e noroeste do município. Ao analisar os corredores que conectam as áreas prioritárias para a conservação, foi verificado o potencial conectivo de grandes áreas verdes de relevância ecológica no município. A partir da visualização do sistema proposto, foram discutidas boas práticas para o manejo e implementação de corredores verdes, onde as recomendações foram apontadas numa escala local. Embora a cidade seja altamente urbanizada, Curitiba apresenta potencial relevante para o resgate da conectividade funcional através da floresta urbana, onde esforços do poder público junto com a população pode potencializar a capacidade conectiva das áreas verdes. As informações adquiridas podem auxiliar no planejamento de corredores ecológicos.

Palavras-chave: Corredores ecológicos. Caminhos de menor custo. Conectividade da paisagem. Planejamento urbano. Infraestrutura verde.



## ABSTRACT

Habitat fragmentation, generally resulting from human interference, is defined as the process of dividing a continuous habitat into isolated patches, interrupted by human barriers. With the application of landscape ecology and urban planning methods, it is possible to develop proposals for the green infrastructure of cities to become friendly to biodiversity and maintenance of ecological processes. Planning corridors considering the ecology of the avifauna can favor the functional connectivity of the landscape to other types of organisms, and even to the population, through good green infrastructure practices. In order to propose the creation of green corridors in the study area, a supervised classification of land use classes was carried out. Landscape metrics were calculated for the forest cover class, which had its fragments classified according to size. The calculations were from AREA (area), SHAPE (shape) and ENN (insulation), in RStudio software. The definition of priority fragments for connection was based on the relationship between the area and shape of the fragments (ASH). The corridors were simulated using the least-cost path model, promoting a link between all priority areas for connection. The parameters used in the modeling of the routes took into account the weighting of values found in similar bibliographies. The study revealed that the urban infrastructure class is predominant in Curitiba, and that the forest areas are quite fragmented, where the most representative fragments are located in the southeast and northwest portions of the municipality. By analyzing the corridors that connect the priority areas for conservation, the connective potential of large green areas of ecological relevance in the municipality was verified. From the visualization of the proposed system, good practices for the management and implementation of green corridors were discussed, where the recommendations were pointed out on a local scale. Although the city is highly urbanized, Curitiba has a relevant potential for the rescue of functional connectivity through the urban forest, where efforts by the government together with the population can enhance the connective capacity of green areas. The information acquired can assist in the planning of projects to create ecological corridors.

Keywords: Ecological corridors. Least cost paths. Landscape connectivity. Urban planning. Green infrastructure.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ferrovia nas imediações do Caminho do Itupava, Curitiba – PR, com potencial para funcionar como corredor verde. ....   | 12 |
| Figura 2. Exemplo ilustrativo do deslocamento de um beija-flor utilizando a arborização como pontos de ligação. ....   | 14 |
| Figura 3. Localização do município de Curitiba com destaque para as regionais da cidade. ....  | 21 |
| Figura 4. Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa ....   | 26 |
| Figura 5. Exemplo dos códigos utilizados no cálculo das métricas de paisagem. ....   | 30 |
| Figura 6. Mapa da classificação supervisionada da ocupação do solo do município de Curitiba. ....  | 40 |
| Figura 7. Panorama da cobertura do solo por regionais de Curitiba. ....  | 42 |
| Figura 8. Fragmentos nas regiões político administrativas. ....  | 45 |
| Figura 9. Áreas focais para conexão do município. ....   | 48 |
| Figura 10. Graus de resistência da paisagem urbana de Curitiba-PR. ....  | 50 |
| Figura 11. a) Mapa do município com destaque para as Áreas Focais para Conexão da cidade de Curitiba-PR; b) Matriz de Custo de Direção para as Áreas Focais para Conexão. .... | 51 |
| Figura 12. a) Exemplo de conexão de Áreas Focais – origem área 1 aos destinos 7 e 5; b) Matriz de custo de deslocamento da origem ao destino. ....                             | 52 |
| Figura 13. Buffer dos corredores verdes propostos para Curitiba. ....  | 53 |
| Figura 14. Gráfico da cobertura do solo dos corredores distribuídos por regionais. ....  | 55 |
| Figura 15. Ocupação do solo no buffer dos caminhos dos corredores. ....  | 56 |
| Figura 16. Mapa dos corredores propostos e áreas potenciais para compor o sistema. ....  | 63 |
| Figura 17. Plantio de mudas para arborização viária na Rua João Bettega, CIC ....  | 64 |
| Figura 18. Corredor entre os fragmentos 1 e 17. ....   | 69 |
| Figura 19. Corredor entre os fragmentos 1 e 2. ....  | 71 |
| Figura 20. Corredores entre os fragmentos 1, 7 e 5. ....   | 73 |
| Figura 21. Corredores entre os fragmentos 15, 16, 18, 19 e 21. ....  | 74 |
| Figura 22. Corredores entre os fragmentos 10, 11, 12, 13 e 14. ....  | 75 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Classificação da acurácia em relação ao índice Kappa .....                                     | 28 |
| Tabela 2. Arquivos raster e respectivas classes considerados na criação do mapa de<br>resistência .....  | 35 |
| Tabela 3. Área das classes de uso da terra por região político administrativa (RPA)<br>em hectares ..... | 43 |
| Tabela 4. Percentual de ocupação dos tipos de fragmentos nas regiões político<br>administrativas .....   | 46 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.2 OBJETIVOS .....   | 4         |
| 1.2.1 Objetivo geral .....  | 4         |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....  | 4         |
| 1.3 JUSTIFICATIVA .....   | 4         |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>7</b>  |
| 2.1 CONSEQUÊNCIAS NEGATIVAS DA URBANIZAÇÃO.....                                 | 7         |
| 2.1 FLORESTA URBANA: A INFRAESTRUTURA VIVA DAS CIDADES .....                    | 8         |
| 2.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM URBANA .....   | 9         |
| 2.2.1 CORREDORES ECOLÓGICOS E BIODIVERSIDADE URBANA .....                       | 11        |
| 2.2.2 A AVIFAUNA NOS AMBIENTES URBANOS .....                                    | 15        |
| 2.2.2.1 Relação histórica da avifauna em Curitiba .....                         | 18        |
| 2.3 METODOLOGIAS PARA A CONECTIVIDADE FUNCIONAL .....                           | 19        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | <b>21</b> |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO.....   | 21        |
| 3.2 BASE DE DADOS .....   | 23        |
| 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....  | 24        |
| 3.4 CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO DE CURITIBA .....                        | 26        |
| 3.4.1 Correção atmosférica e conversão da imagem de satélite.....               | 26        |
| 3.4.2 Determinação das classes de cobertura do solo.....                        | 27        |
| 3.4.3 Cálculo da acurácia da classificação.....                                 | 28        |
| 3.5 ANÁLISE DA PAISAGEM.....  | 29        |
| 3.5.1 Cálculo das métricas de paisagem.....                                     | 30        |
| 3.5.2 Classificação dos fragmentos da paisagem .....                            | 32        |
| 3.5.3 Seleção das áreas focais para conexão.....                                | 33        |
| 3.6 MODELAGEM DE CAMINHOS DE MENOR CUSTO .....                                  | 34        |
| 3.6.1 Elaboração do mapa de resistência .....                                   | 34        |
| 3.6.2 Elaboração do mapa de custo de direção .....                              | 36        |
| 3.6.3 Elaboração do mapa de custo de distância.....                             | 36        |
| 3.6.4 Criação das rotas de menor custo entre as áreas focais para conexão ..... | 37        |
| 3.7 ANÁLISE DOS CORREDORES.....   | 37        |
| 3.7.1 Classificação da área dos percursos.....                                  | 37        |

3.7.2 Intersecção com arruamentos, áreas verdes, e regiões político-administrativas

38

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>39</b> |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM URBANA .....   | 39        |
| 4.2 ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL .....   | 44        |
| 4.3 MODELAGEM DE CAMINHOS DE MENOR CUSTO .....                                      | 49        |
| 4.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE CORREDORES.....   | 54        |
| <b>5 IMPLICAÇÕES PARA ESTABELECIMENTO DOS CORREDORES .....</b>                      | <b>62</b> |
| <b>6 PROPOSTA DE MEDIDAS PARA INCREMENTO DA ARBORIZAÇÃO NOS<br/>CORREDORES.....</b> | <b>68</b> |
| 6.1 CORREDOR 1-17 .....   | 68        |
| 6.2 CORREDOR 2-1 .....  | 70        |
| 6.3 CORREDORES 1-7 E 1-5 .....  | 72        |
| 6.4 SUBSISTEMA DE CORREDORES CONECTANDO OS FRAGMENTOS 15, 16,<br>18, 19, E 21 ..... | 73        |
| 6.5 SUBSISTEMA DE CORREDORES CONECTANDO OS FRAGMENTOS 10, 11,<br>12, 13 E 14.....   | 74        |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>  | <b>76</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>77</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países mais biodiverso do mundo, com uma grande variedade de espécies de fauna e flora em toda sua extensão. Entretanto, o desenvolvimento econômico sem o devido planejamento territorial veio a comprometer ambientes naturais próximos das cidades. Sob esta ótica, o incremento da infraestrutura urbana resultou na fragmentação de ecossistemas, comprometendo interações ecológicas previamente existentes nestas regiões.

Em outras palavras, a fragmentação de habitats geralmente decorre da interferência humana, sendo definida como o processo de divisão de um habitat contínuo em manchas isoladas, interrompidas por barreiras antrópicas (estradas, cidades, agricultura, pastagens, etc.) ou naturais (montanhas, lagos, outras formações vegetacionais, etc.), capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen, sementes, bem como afetar negativamente a biodiversidade local (GRISE, 2015). Umeda et al. (2015), estudando os efeitos do isolamento entre os ecossistemas, afirmam que a consequência final deste processo é a redução da biodiversidade, a qual é reconhecida como fundamental para assegurar a sobrevivência do homem e para a manutenção do equilíbrio ecológico.

Surge então um consenso global sobre a necessidade de repensar os centros urbanos numa perspectiva sustentável, conforme fora acordado nas “Metas da Biodiversidade de Aichi”. Reis (2019) sinalizou as metas cujos objetivos são aplicáveis nos contextos das cidades, como: eliminar ou reformar incentivos econômicos lesivos à biodiversidade e seu uso adequado; reduzir a taxa de perda e fragmentação de todos os habitats naturais, se possível a zero; e evitar a extinção de espécies ameaçadas conhecidas. Dessa forma, fica em evidência a importância dos estudos no âmbito da ecologia urbana para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a conservação (LEPCZYK et al., 2017).

Lynch (2019) afirma que o desenho ideal para incremento da conectividade funcional da paisagem nas cidades seria uma rede de arborização viária interligando as áreas verdes, formando um sistema complexo de infraestrutura verde urbana. Sobre este tema, Ahern (2007) define infraestrutura verde como uma rede interconectada de áreas naturais, e outros espaços abertos tratados paisagisticamente com o intuito de simular e promover os processos naturais, cujas

funções remetem à proteção, melhoria e conexão de fragmentos vegetais, de modo a proporcionar troca gênica entre as espécies dos diversos fragmentos.

Uma possibilidade para aumentar a conectividade entre os fragmentos na paisagem é a criação de corredores ecológicos (TENG et al., 2011). De acordo com Pena et al. (2017), a definição de corredores de arborização viária abre uma perspectiva para o favorecimento do fluxo de organismos na paisagem. Para este tipo de abordagem holística sobre a paisagem urbana, são necessários uma série de esforços organizados pelo governo, proprietários, planejadores urbanos, ecologistas e grupos comunitários (ARONSON et al., 2017).

Em pesquisas envolvendo a criação de corredores em áreas sob pressão antrópica, é fundamental compreender qual grupo de espécies serão contempladas pela sua utilização. As aves, por sua vez, apresentam alta mobilidade em áreas urbanas pela capacidade do vôo, podendo acessar todos os tipos de áreas verdes públicas, ou privadas, como jardins residenciais ou praças. Nesse sentido, são amplamente estudadas em ambiente urbano, pelo fato de possuírem uma notável presença, aceitação pela sociedade, além de realizarem importantes serviços ecossistêmicos (AMORIN, 2015; LIMA, 2017; ROSA, 2017; PENA et al., 2017).

Além da arborização, os corpos d'água e sua vegetação relacionada também são elementos atrativos para os pássaros, sendo de grande relevância para a composição de corredores, o que enfatiza a importância da preservação da hidrografia urbana e suas regiões ripárias, tendo em vista possibilitar ambientes nos quais aves possam forragear (BARBOSA et al., 2020).

O advento das imagens de satélite possibilita a caracterização espacial em larga escala, e através de ferramentas de sistemas de informação geográfica permite uma análise detalhada da composição e configuração da paisagem (GRISE, 2015). De grande heterogeneidade quanto ao uso da Terra, áreas urbanas necessitam diariamente de uma série de ações por parte do poder público para o funcionamento da cidade. Dessa forma, o sensoriamento remoto permite analisar a paisagem num contexto municipal, subsidiando dados que auxiliam no diagnóstico apropriado referente a tomada de decisões direcionadas de acordo com a especificidade do local.

Considerada uma cidade ecológica, Curitiba abrange grande quantidade e diversidade de áreas verdes (GRISE, 2015). De acordo com o IPPUC (2019), o município possui 21 Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal

(RPPNMs); 9 Bosques de Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBUs); 1 Estação Ecológica; 16 bosques; 32 parques; 1 Reserva da Vida Silvestre e 1.033 tipologias representadas por largos, praças, jardinetes, eixos de animação, jardins ambientais e núcleos ambientais, totalizando 1.113 áreas verdes.

Além do mencionado, é importante descrever que, Curitiba possui seis bacias hidrográficas principais: Atuba, Belém, Ribeirão dos Padilha, Barigüi, Passaúna e Iguaçu que coleta água diretamente e também recebe as águas drenadas de outras cinco bacias (rio Passaúna, rio Barigui, rio Belém, Ribeirão dos Padilhas e rio Atuba (SEMA, 2010). O rio Belém, atualmente poluído e circundado por ocupações irregulares (GARCIA et al., 2020), tem seu curso numa localização estratégica, passando por regiões importantes do município, podendo ser de grande importância para a sua recuperação e criação de um corredor na cidade, como solução baseada na natureza (SbN)<sup>1</sup>.

Devido a presença de grandes porções de cobertura vegetal, Curitiba possui notável riqueza de espécies nas áreas verdes (LUÇOLLI & KOCH, 1993; AMORIN, 2015; LIMA, 2017). Além do mencionado, o município possui uma coletânea de registros de aves e seus respectivos locais de avistamento, subsidiando dados fundamentais para pesquisas no âmbito da ecologia das aves em áreas urbanas (STRAUBE et al., 2014).

Com a emergente necessidade de repensar o desenho urbano sob uma ótica sustentável, propostas referentes a criação de corredores entre fragmentos compostos pelas áreas verdes podem potencializar os serviços ecossistêmicos, assim como resgatar processos ecológicos comprometidos pelo estabelecimento da infraestrutura urbana.

Diante do exposto, a presente pesquisa foi conduzida a partir da hipótese de que a cobertura vegetal de Curitiba compostas pelos fragmentos florestais urbanos, em associação com a arborização viária e elementos da hidrografia, possuem condições para formar um sistema de infraestrutura verde na paisagem da cidade. Em associação com ferramentas de sensoriamento remoto, o planejamento das intervenções pode partir inicialmente da escala municipal, e resultar em ações recomendadas em pontos específicos na cidade.

---

<sup>1</sup> Medidas inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza, que visam atender simultaneamente objetivos ambientais, sociais e econômicos (POTSCHIN et al., 2016).



## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral caracterizar a conectividade estrutural da floresta urbana do município de Curitiba, e simular um sistema de corredores que possa potencializar um elo de ligação entre áreas de grande importância ecológica da cidade.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a Analisar a estrutura formada pela floresta urbana na paisagem da cidade de Curitiba;
- b Identificar, dentro do perímetro urbano de Curitiba as áreas potenciais para conexão, em função da conectividade entre fragmentos de maior relevância;
- c Realizar simulações de corredores que conectem os fragmentos mais relevantes;
- d Propor medidas a serem adotadas visando o incremento da arborização nos trechos de conexão propostos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Numa perspectiva antropocêntrica, a concentração populacional dos centros urbanos sem o planejamento ambiental adequado traz à tona uma série de consequências negativas, tais como: a degradação dos meios hídricos e atmosféricos; alteração dos ciclos biogeoquímicos; dos padrões de precipitação pluviométrica; dos fluxos de energia e matéria; e a perda de biodiversidade (MIYAMOTO; COLLET BRUNA, 2020).

As atividades antrópicas no município de Curitiba modificaram o ambiente natural e promoveram a fragmentação das áreas florestais nativas e poluição dos corpos hídricos urbanos, o que restringe a disponibilidade de recursos, mobilidade e

fluxo gênico de plantas e animais, podendo levar à extinção de diversas espécies (GRISE, 2015; REIS, 2019; GARCIA et al., 2020).

O Estatuto da Cidade, na Lei Federal nº 10.527, de julho de 2001, regulamentou a política urbana nacional e definiu diversas diretrizes e instrumentos com aplicabilidade nas áreas verdes urbanas (BRASIL, 2001). Em Curitiba, o instrumento é utilizado desde 1990, tendo como finalidade gerar recursos para financiar projetos de interesse social, como a proteção e criação de áreas verdes urbanas (POLUCHA, 2017).

Com a emergente necessidade da criação de medidas que busquem mitigar os efeitos da urbanização sobre conservação de espécies da fauna e flora nas cidades, onde não existe a possibilidade da criação de corredores vegetados ligados fisicamente, surge a hipótese de que pequenas manchas de habitat podem servir como trampolim ecológico para determinadas espécies cruzarem a matriz, desde que sejam adequadamente planejadas (LYNCH, 2019).

Dentre os grupos estudados da fauna urbana, a avifauna é frequentemente utilizada em biomonitoramento e estudos de alterações na estrutura de suas comunidades em relação à infraestrutura da cidade (LIMA, 2017). As aves urbanas são as que apresentam maiores distribuições geográficas e altitudinal, reflexo da capacidade adaptativa comportamental, fisiológica e ambiental deste táxon (STRAUBE et al., 2014). A gama de informações sobre esse grupo em ambiente urbano pode motivar a criação de estratégias para a conservação da biodiversidade local, visto que as aves desempenham importantes serviços ecossistêmicos (AMORIN, 2015; LIMA, 2017; ROSA, 2017; LOCATELLI, 2018; GUIMARÃES, 2020).

Devido à evidente adaptação e capacidade de vôo, pesquisas envolvendo a conectividade funcional em áreas urbanas frequentemente empregam as aves como modelo para metodologias referentes a corredores. Além disso, ao favorecer o movimento da avifauna na paisagem, outros tipos de organismos podem ser beneficiados indiretamente (PENA et al., 2017).

O município de Curitiba foi cenário de uma série de políticas públicas referentes a avifauna urbana (STRAUBE, 2011). De acordo com o autor, uma das primeiras intervenções legislativas no âmbito da conservação das aves ocorreu ainda no século XVIII, no ano de 1721, assinada por Raphael Pires Pardiniho, e diz respeito à aplicação de multas para a pessoa que apanhasse ovos de perdizes ou

de outras aves entre os meses de setembro até dezembro, período reprodutivo de grande parte das espécies da região.

Possuindo uma diversidade de áreas verdes, o município de Curitiba apresenta grande potencial para promover uma infraestrutura verde interconectada, onde através da criação de propostas que visem aumentar a conectividade funcional na paisagem, sejam resgatados processos ecológicos ora interrompidos pela urbanização, de forma a potencializar o aproveitamento dos serviços ecossistêmicos da floresta urbana.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONSEQUÊNCIAS NEGATIVAS DA URBANIZAÇÃO

O processo de urbanização das cidades está entre os fatores que mais influenciam a perda de biodiversidade tanto na escala local quanto global (ARONSON et al, 2017). Segundo os autores, a matriz urbana interfere diretamente a abundância de espécies de mamíferos, artrópodes e aves.

Vidolin (2004) aponta que a fragmentação das áreas naturais restringiu a ocorrência de *Puma concolor* no estado do Paraná. Pena et al. (2017), em estudo da influência da arborização sobre a avifauna de Belo Horizonte, apontam os ruídos da cidade como fator limitante para a presença de espécies mais sensíveis de aves. Por outro lado, intervenções na estrutura urbana podem diminuir os impactos das cidades sobre a biodiversidade. Braaker et al., (2014), ao estudarem 40 terraços verdes em Zurique verificaram a influência urbana sobre a movimentação na paisagem de quatro grupos de espécies de artrópodes com diferentes mobilidades, onde investigaram relação positiva com a presença de abelhas.

Entretanto, a preocupação do crescimento das cidades não é restrita apenas ao argumento da perda de biodiversidade. Além disso, outros efeitos deletérios da urbanização são documentados, como a degradação e eutrofização dos meios hídricos, alterações dos ciclos biogeoquímicos, dos padrões pluviométricos, fluxos de energia e matéria e poluição atmosférica (MIYAMOTO; COLLET-BRUNA, 2020).

Davies et al. (2019) comentam sobre o afastamento dos humanos do ambiente natural, e afirma que ao expor as pessoas à natureza, além de promover o bem estar, pode engatilhar sentimentos afetivos que despertam comportamentos de preocupação com a conservação. Os autores mencionam fenômenos advindos da urbanização, referidos como “extinção da experiência”, “desordem de déficit natural” e “tédio ecológico”.

As crianças que vivem em áreas urbanas, cujos microbiomas diferem daqueles das crianças de áreas rurais, são mais suscetíveis à asma em comparação com as crianças que moram em fazenda, que aparentemente também estão protegidas de alergias pelo microbioma de sua poeira doméstica (MILLS et al.,

2019). De acordo com os autores, o contato com a microbiota ambiental também pode ser protetor contra doenças infecciosas.

Por muito tempo as características ambientais urbanas foram negligenciadas e as cidades se desenvolveram como selvas de concreto (LEPCZYK et al., 2017). Entretanto, estudos comprovam que áreas urbanas vegetadas podem servir de habitat para espécies endêmicas nativas, entre outras de interesse para conservação, tanto ao nível local, quanto global. Surge então o conceito de ecologia urbana, uma ciência multidisciplinar usada como ferramenta na obtenção de dados para o planejamento das cidades sob uma ótica sustentável (MIYAMOTO e COLLET-BRUNA, 2020).

Segundo Wenceslau; Barden e Turatti (2020), parâmetros foram traçados internacionalmente para alcançar o desenvolvimento sustentável, citando como exemplos: o World Wide Fund for Nature - 1961; o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - 1972; a Estratégia Mundial para a Conservação da Natureza - 1981; e a Convenção de Diversidade Biológica - 1992. Os autores complementam que no ano de 2010, em Nagoya - Japão, ocorreu a 10ª Conferência das Partes sobre Diversidade Biológica, conhecida como “Metas da Biodiversidade de Aichi”, onde foram propostos compromissos até o ano de 2020 a serem adotados pelos países visando a conservação da biodiversidade, tendo o Brasil alcançado apenas partes destas metas.

## 2.1 FLORESTA URBANA: A INFRAESTRUTURA VIVA DAS CIDADES

Biondi (2015) define a floresta urbana como toda a cobertura de vegetação que compõe a paisagem urbana, divididas em domínio público ou privado. Dessa forma, arboretos, jardins residenciais, áreas verdes públicas e a arborização viária constituem diferentes tipologias distribuídas nas cidades, que juntas formam a floresta urbana (BIONDI; LIMA NETO, 2012).

Como objeto de estudo, as florestas urbanas servem como indicadores de qualidade ambiental nas cidades, devido aos inúmeros serviços ecossistêmicos advindos da sua presença (LEPCZYK et al., 2017; BIONDI, 2015; GRISE, 2015; MARTINI et al., 2017; MARTINI; BIONDI e BATISTA, 2018; REIS, 2019). Lynch (2019) afirma que devido ao forte contraste entre infraestrutura urbana e as áreas

verdes, mesmo pequenas áreas de floresta urbana podem abrigar uma grande quantidade de espécies que se adaptaram a estas regiões.

Diversas espécies de animais usufruem diretamente das áreas verdes, como: gambá, esquilo, preá, ouriço, capivara, morcegos, aves, répteis, marsupiais e roedores silvestres, entre outros (ALMEIDA; ZEM e BIONDI, 2009). As autoras associam a maior quantidade de árvores frutíferas com disponibilidade de micro ambientes favoráveis para a fauna.

Evidências sugerem que a conectividade funcional entre os fragmentos de floresta urbana influencia diretamente a riqueza de espécies, porém, pouco se sabe sobre o que representa a conectividade estrutural em cidades urbanizadas (LYNCH, 2016; PENA et al., 2017; ARONSON et al., 2017; LYNCH, 2019). Desta forma, dois tipos de estratégias surgem no que tange a conexão de habitats: corredores e *stepping stones* (LYNCH, 2019).

Corredores são estruturas lineares que conectam os habitats e promovem a conectividade estrutural. Os *stepping stones*, por outro lado, são pequenas ilhas de habitats que servem como refúgio durante o movimento de espécies para fragmentos mais significativos (LYNCH, 2019). Lepczyk et al. (2017) comentam que a fauna urbana pode usufruir das áreas verdes tanto como corredores quanto *stepping stones*, citando exemplos como: cemitérios, parques, praças, terrenos baldios, tetos verdes, áreas ciliares, jardins residenciais e vias vegetadas.

Porém, a capacidade da floresta urbana de promover suporte à biodiversidade depende da sua configuração na paisagem, do tipo de manejo empregado no local, bem como, das necessidades ecológicas dos grupos de espécies considerados (ARONSON et al., 2017). Devido aos inúmeros empecilhos à biota provenientes da infraestrutura das cidades, pesquisas que avaliam a conectividade do sistema formado pela floresta urbana são desenvolvidas com o intuito de conhecer e mitigar os efeitos da fragmentação (GRISE, 2015; LOCATELLI, 2018; REIS, 2019).

## 2.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM URBANA

Metzger (2001) definiu que a paisagem constitui um mosaico heterogêneo composto por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de

observação, podendo se apresentar sob forma de mosaico, contendo manchas, corredores e matriz, ou sob forma de gradiente. Wu (2012) complementa quando afirma que a depender do objetivo da pesquisa, a paisagem pode ser delineada com base em unidades geográficas, ecológicas ou administrativas.

Então, a ecologia da paisagem pode ser definida como a ciência que estuda o relacionamento do padrão espacial e os processos ecológicos em uma paisagem em múltiplas escalas (METZGER, 2001; WU, 2012). Para isso, geralmente três elementos da paisagem são destacados na literatura: fragmentos, corredores e matriz (FORMAN & GODRON, 1986; GRISE, 2015; LOCATELLI, 2018; REIS, 2019).

A matriz é o componente dominante da paisagem, de área mais extensa e contínua, o que propicia controle sobre a dinâmica da paisagem (FORMAN & GODRON, 1986). Ainda, segundo os autores, sob a ótica da fragmentação de habitats, a matriz pode ser entendida como o conjunto de unidades não-habitat para uma determinada comunidade ou espécie estudada. Isso fica claro nos estudos de ecologia da paisagem em áreas antropizadas, onde a infraestrutura urbana compromete o movimento de espécies da fauna e flora na paisagem (TENG et al., 2011; YU & GUO, 2014; AMORIN, 2015; GRISE, 2015; ARONSON et al., 2017; LEPCZYK et al., 2017; LIMA, 2017; ROSA, 2017; LOCATELLI, 2018; LYNCH, 2019; REIS, 2019; GUIMARÃES, 2020).

Para Metzger (2001), fragmento diz respeito a uma área natural que teve seu perímetro subdividido por ações antrópicas. Por estarem cercados por uma matriz que difere drasticamente do seu interior, são vulneráveis às alterações em função de seu tamanho, forma, distribuição e conectividade (GRISE, 2015; REIS, 2019). Por outro lado, no contexto urbano, ainda que sob intensa pressão antrópica, os fragmentos podem funcionar como pequenas ilhas de habitats, desempenhando importante papel no movimento e persistência de algumas espécies na paisagem (TENG et al., 2011; GRISE, 2015; ARONSON et al., 2017; LEPCZYK et al., 2017; LIMA, 2017; LOCATELLI, 2018; LYNCH, 2019; REIS, 2019).

Os corredores são áreas homogêneas de uma unidade da paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas, com disposição espacial linear que ligam dois fragmentos, contribuindo para a movimentação dos organismos e no fluxo de nutrientes e energia dentro da matriz (FORMAN & GODRON, 1986; METZGER, 2001). Desta forma, a paisagem urbana é representada pela matriz como sendo a infraestrutura dos equipamentos urbanos, os fragmentos são as áreas verdes e

remanescentes florestais, e os corredores podem ser os cursos d'água, vias arborizadas, trilhas, ferrovias, mata ciliar, entre outros (GRISE, 2015; PENA et al., 2017; REIS, 2019).

A ideia dos corredores ecológicos emergiu no Brasil como uma forma de buscar a conexão entre grandes unidades, ou manchas de ambientes ecologicamente relevantes. Atualmente são entendidos de uma forma ampla e assumem diferentes objetivos e terminologias (corredores ecológicos, corredores de biodiversidade, corredores de habitats, corredores conectores, corredores de fauna, corredores biorregionais, corredores de desenvolvimento sustentável, corredores verdes) (LOVATE, 2019).

Para fins de caracterização e comparação entre estudos sobre o planejamento urbano, são calculadas métricas de paisagem para os elementos que a compõem, podendo ser aplicadas entre fragmentos, em relação às classes de uso da terra, e considerando a paisagem como um todo (LOCATELLI, 2018). Devido aos inúmeros serviços ecossistêmicos providos pela floresta urbana, a presença de vegetação nas cidades está cada vez mais ligada a qualidade ambiental da região (MARTINI et al., 2017; MARTINI, BIONDI e BATISTA, 2018), o que faz essa classe de uso da terra ser amplamente discutida na literatura (GRISE, 2015; REIS, 2019).

O cálculo de métricas de paisagem em áreas urbanas pode nortear decisões em prol da sustentabilidade nas cidades. Grise (2015) em sua pesquisa além de diferenciar floresta urbana de uso público e privado, classificou os diferentes tipos de fragmentos e corredores formados por essa tipologia, e realizou o cálculo de métricas de paisagem, obtendo informações que traduzem o sistema formado pelas áreas verdes de Curitiba - PR. No mesmo município, Reis (2019) associou métricas de tamanho e forma dos fragmentos florestais analisados com características funcionais da *Ocotea odorifera* para estabelecer áreas prioritárias para a conservação da espécie.

### 2.2.1 CORREDORES ECOLÓGICOS E BIODIVERSIDADE URBANA

Os corredores ecológicos são definidos na literatura como redes de terra contendo elementos lineares, que são planejados, projetados e gerenciados para diversas finalidades, incluindo os âmbitos ecológicos, recreacionais, culturais, estéticos, ou demais propósitos compatíveis com o uso sustentável da terra



(LYNCH, 2019). Segundo a autora, há um interesse pelo planejamento e *design* de corredores verdes em áreas urbanas devido à crescente concentração de pessoas na cidade, e à restrição das áreas naturais pelas construções urbanas (Figura 1).



Figura 1. Ferrovia nas imediações do Caminho do Itupava, Curitiba – PR, com potencial para funcionar como corredor verde.

Fonte: Viezzer (2021).

Horte e Eisenman (2020) trazem exemplos contemporâneos de corredores verdes: o Tom McCall Waterfront Park, adaptado a partir de uma antiga rodovia, situado à beira do rio Willamette, em Portland - Oregon; Cheonggyecheon Greenway, que substituiu uma importante avenida, revitalizando um canal no centro de Seul, Coreia do Sul; Promenade Plantée, o primeiro parque elevado do mundo, construído adjacente à uma infraestrutura ferroviária ociosa em Paris, França; Comox-Helmcken Greenway, situado no centro de Vancouver, Canadá, o qual consiste numa longa avenida arborizada, adaptada para pedestres e ciclistas.

Os corredores verdes apresentam múltiplos usos e benefícios, o que traz uma generalização deste termo. Assim sendo, Lynch (2019) propôs dividi-los de acordo com sua finalidade: ecologicamente significativos, recreacionais e culturais.

Para que um corredor verde seja ecologicamente significativo, este deve prover condições de uso para a espécie focal (TENG et al., 2011; ZHENG et al., 2020). Sobre essa classe de corredor, as terminologias podem ser agrupadas de

acordo com a estrutura (física) ou funcionalidade (capacidade conectiva) do corredor na paisagem. O habitat não precisa necessariamente ser fisicamente conectado para ser funcionalmente conectado. Por outro lado, a conectividade estrutural não fornece conectividade funcional se os corredores não são usados pela espécie alvo (LOVATE, 2019).

Além disso, atributos como: tamanho, forma e condições do entorno, devem ser levados em consideração, corroborando com Lynch (2019), que propôs diretrizes para maior eficácia dos corredores verdes:

- a) Criar corredores verdes amplos, com trilhas estreitas em sua borda;
- b) Gerenciar as áreas verdes como habitat, e não apenas como um conector entre os habitats;
- c) Incentivar os proprietários residentes ao redor do corredor verde a administrar seus terrenos como habitat;
- d) Fornecer *stepping stones* ao longo do corredor verde;
- e) Criar corredores verdes que levem a habitats maiores e melhores.

Porém, em termos práticos, as construções urbanas restringem as possíveis intervenções quanto a implantação dos corredores fisicamente conectados. Por outro lado, apesar dos impedimentos da infraestrutura das cidades, espécies de alta mobilidade, como as aves, podem ser beneficiadas mesmo sem a conexão física dos habitats, através da arborização viária (PENA et al., 2017; GUIMARÃES, 2020), conforme ilustrado na Figura 2.

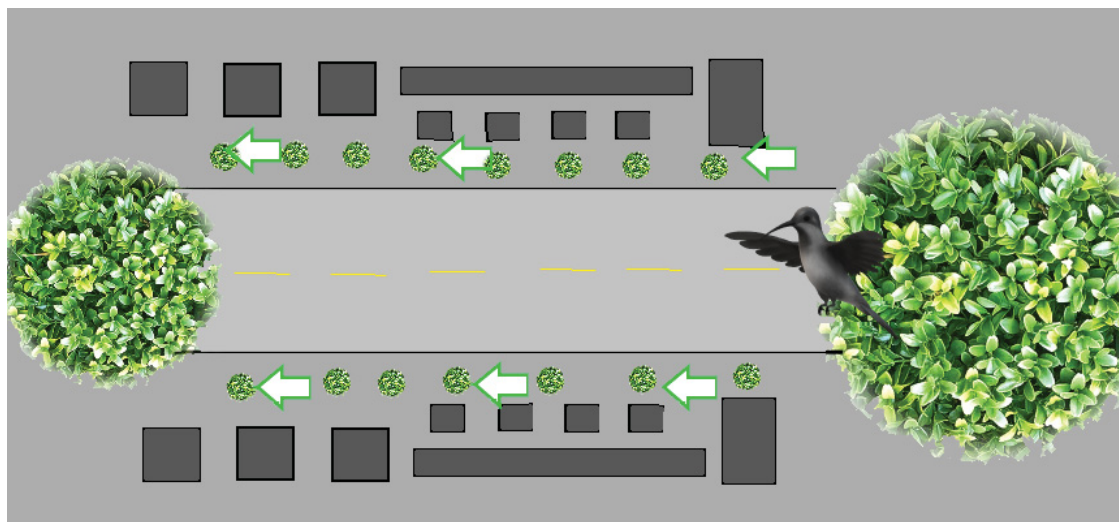


Figura 2. Exemplo ilustrativo do deslocamento de um beija-flor utilizando a arborização como pontos de ligação.

Fonte: Lopes (2021).

Para além do componente arbóreo, componentes da hidrografia urbana, como os corredores ripários, estão diretamente ligados à presença de aves (KETEN et al., 2020), e podem conectar várias regiões de interesse, possibilitando melhor alternativa para o deslocamento da avifauna na paisagem.

Existe consenso nos tipos dos locais escolhidos em função da chance de fornecer recursos à fauna, que incluem áreas ciliares, pântanos, plantios agrícolas e habitats florestais (LEPCZYK et al., 2017). Domínguez-López & Ortega-Álvarez (2014) afirmam que os habitats ribeirinhos desempenham um papel fundamental para as comunidades de pássaros em paisagens dominadas por humanos, e sinalizam a importância da proteção e restauração dessas áreas para apoiar e facilitar o fluxo da avifauna nos ambientes urbanos. Curitiba possui, em sua extensão, uma grande quantidade de capivaras, mamíferos de grande porte que encontram habitats nas áreas verdes com corpos hídricos no município (ALMEIDA; ZEM e BIONDI, 2009).

Dos atributos estruturais que afetam a função dos corredores dois possuem destaque: largura e conectividade (FORMAN & GODRON, 1986). A largura normalmente varia ao longo do comprimento de um corredor, o qual por sua vez pode inclusive estreitar e separar. Segundo os autores, a presença, o número de lacunas, o grau de agregação e o comprimento de cada lacuna são o que definem a separação dos pontos do corredor. Para Metzger (2001), essas lacunas agregadas

indicam uma série de *stepping stones* em um corredor, conhecidos também como “trampolins ecológicos”. A maior conectividade desses trampolins resulta em: aumento da dispersão entre subpopulações; diminuição da mortalidade por dispersão; aumento da taxa média de crescimento da subpopulação; e diminuição da variação nas subpopulações (METZGER, 2001).

Muitos estudos destacam a importância da área do corredor em suportar o movimento da avifauna, levando em conta que a esta deve ser larga o suficiente para oferecer espaços para recursos como alimento e abrigo, e minimizar a perturbação dos usos do solo circundante (TENG et al., 2011; YU e GUO, 2014). Lynch (2019) cita exemplos de áreas com largura mínima de 9 a 90 metros para espécies mais generalistas, 10 - 30 metros para espécies mais adaptadas ao homem, e larguras superiores a 900 metros para espécies mais sensíveis à perturbação.

No Brasil, propostas de corredores verdes urbanos para a avifauna foram pesquisadas por Locatelli (2018), que buscou ligar duas unidades de conservação nas extremidades norte e sul de São Paulo - SP, e Rosa (2017), para o município de Rio Claro, no mesmo estado. Ambas autoras utilizaram a metodologia de rotas de menor custo, que é a mais comum para pesquisas neste âmbito.

### 2.2.2 A AVIFAUNA NOS AMBIENTES URBANOS

Há relatos que datam de séculos atrás de uma interessante relação simbiótica entre homens e aves: os guias do mel, pertencentes à ordem Piciformes, com nomes sugestivos para família (Indicatoridae) e gênero (*Indicator*), que compreendem cerca de 11 diferentes espécies (BHATTACHARYYA e CHAKRABORTY, 2017). Segundo os autores, no Quênia, os caçadores do povo Boran sinalizam aos guias do mel com assobios característicos, o qual é respondido pelos pássaros, que mostram o caminho para a colmeia, frequentemente voando e empoleirando-se nos galhos ao longo do trajeto para o mel, que fornece uma importante fonte de calorias tanto na dieta do povo Boran quanto na dos pássaros.

Esse tipo de interação evidencia a capacidade de adaptação das aves à presença humana, as quais estão entre os grupos mais pesquisados em ambiente urbano, por possuírem notável presença e diferenças morfológicas (PENA et al., 2017; BHAKTI, PENA e RODRIGUES, 2020). A visualização de uma ave utilizando

uma área verde como refúgio, em contraste com a matriz urbana, pode criar um cenário potencializador para a valorização da biodiversidade por parte do observador (MAMEDE e BENITES, 2020).

Davies et al. (2019) explicam que a percepção cultural pode influenciar a relação dos homens com as aves, tendo como exemplo dessa interação o costume de alimentar aves silvestres no Reino Unido e Estados Unidos. Por outro lado, os autores mencionam que consequências negativas podem vir a inibir essa afinidade com as aves, e citam a ornitofobia evidenciada em Honduras, onde alguns pássaros representam pragas ou símbolos espirituais negativos.

No Brasil, o conhecimento da avifauna é disseminado cientificamente na forma de manuais técnicos e guias de campo (STRAUBE et al., 2014). De acordo com os autores, até o período da publicação do livro intitulado “Aves de Curitiba: Coletânea de Registros” escrito por Straube e colaboradores lançado em 2014, as cidades que possuíam registros acerca do levantamento das aves eram: São Paulo, Rio de Janeiro, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Viçosa, Ribeirão Preto, Florianópolis, Londrina, Santa Teresa, Porto Alegre e Recife.

As aves desempenham serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção da biodiversidade, como dispersão e polinização, além do controle populacional por possuírem relevância significativa na cadeia alimentar (HAGEN et al., 2017). Porém, é um consenso que a urbanização afeta negativamente a diversidade da avifauna nas cidades (TENG et al., 2011; YU e GUO, 2014; AMORIN, 2015; HAGEN et al., 2017; LIMA, 2017; PENA et al., 2017; LOCATELLI, 2018; BHAKTI, PENA e RODRIGUES, 2020; GUIMARÃES, 2020.). Entretanto, mesmo em cidades altamente urbanizadas e densamente povoadas, aves migratórias visitam suas áreas verdes, como por exemplo a Cidade do México (ZÚÑIGA-VEGA et al., 2019).

Em estudo sobre os impactos da urbanização sobre a avifauna de Belo Horizonte, Pena et al. (2017) comentam que os barulhos urbanos modificam os padrões nos cantos dos pássaros, modificando seu comportamento anti-predador. Além disso, verificou uma relação positiva na presença de aves em árvores nativas, que podem auxiliar no movimento dos pássaros entre as vias públicas.

Relatos de entrevistados no município de Curitiba-PR evidenciaram forte relação da avifauna com as aves frutíferas da arborização urbana, o que demonstra

o conhecimento da relevância das árvores para os animais e para o equilíbrio do meio urbano (ALMEIDA; ZEM, BIONDI, 2009).

Além do componente arbóreo, a vegetação de menor porte como os arbustos e gramíneas, e até os solos com acúmulo de serrapilheira podem fornecer recursos para as aves, pela notável presença de artrópodes na microbiota do solo (ARONSON et al., 2017). Outros estudos concluem que áreas ciliares estão associadas com a presença de aves nativas cujas demandas ambientais são maiores do que espécies generalistas encontradas nos ambientes urbanos (LYNCH et al., 2019).

Analisando a presença de pássaros nos arredores de um corredor ribeirinho na região metropolitana de Boise, Idaho - EUA, McClure et al. (2015) demonstraram a influência negativa de superfícies pavimentadas, e uma associação positiva das espécies focais em áreas de vegetação ciliar. O que corrobora com os resultados obtidos por Keten et al. (2020), no corredor formado pelo rio Asar, Düzce - TR, embora exista uma relação da presença de pássaros com cobertura arbórea, os autores sinalizam para a importância da flora arbustiva para a avifauna.

Do ponto de vista da conservação, o incremento da quantidade e variedade de vegetação em áreas verdes urbanas é a melhor opção para o aumento da riqueza de pássaros nas cidades (LEVEAU, 2019). Alguns efeitos da fragmentação impostos pela infraestrutura urbana sobre esse táxon poderiam ser mitigados através de uma rede de corredores compostos pela arborização viária (LYNCH, 2019), bem como pela hidrografia urbana (MCCLURE et al., 2015).

Assim sendo, Souza et al. (2019) sinalizam como prioridades a redução de superfícies impermeáveis para aumentar o potencial de serviços ecológicos para grupos de pássaros nas cidades; a variação das espécies que compõem a floresta urbana, visando diversidade de vegetação na escala da paisagem; e o aproveitamento dos jardins públicos ou privados, que podem criar habitats oportunos para a avifauna.

Magre et al. (2019) destacam a importância da diversidade de espécies da arborização urbana, onde evidenciaram preferência de aninhamento em espécies que produzem frutos consumidos pelas aves. Além disso, segundo o autor, práticas de inadequadas de silvicultura urbana podem comprometer o uso das árvores pelos pássaros, como as podas drásticas (MAGRE et al., 2019).

Muitos estudos destacam a importância da área do fragmento florestal em suportar o movimento da avifauna, levando em conta que esta deve ser larga o suficiente para oferecer espaços para recursos como alimento e abrigo, e minimizar a perturbação dos usos do solo circundante (TENG et al., 2011; YU e GUO, 2014).

### 2.2.2.1 Relação histórica da avifauna em Curitiba

A primeira publicação de grande relevância sediada no município foi o lançamento da obra do naturalista Auguste von Pelzeln (1871) – *Zur Ornithologie brasiliens* – a qual documenta a peregrinação em busca de exemplares da avifauna conduzida pelo também naturalista Johann Baptits von Natterer (STRAUBE et al., 2014). De acordo com os autores, o trabalho desses dois naturalistas atraiu o interesse de demais exploradores, o que favoreceu um avanço progressivo quanto ao levantamento de espécies na região.

Relatos mais recentes apontam coletas realizadas pelo alemão Andreas Mayer na década de 1930 (STRAUBE et al., 2014). Sobre os locais de registro, os autores citam os bairros Xaxim, Atuba, Bigorrrilho/Santo Inácio (Parque Barigui) e Jardim das Américas. Na mesma época, José Leonardo de Lima, naturalista da ESALQ, conduziu uma coleta de espécimes na localidade do Umbará, próxima ao rio Iguaçu, onde verificou 34 espécies de aves, sendo algumas raras ou pouco conhecidas (STRAUBE et al., 2014).

Amorin (2015), ao estudar a distribuição da avifauna em Curitiba, verificou menor riqueza de aves em áreas com maior intensidade de urbanização. Durante a coleta de dados, em uma das unidades amostrais no bairro CIC, houve o registro de *Colonia colonus* (viuvinha), espécie que contava com único registro para o Parque Passaúna no ano de 1988, segundo o autor.

Também em Curitiba, Lima (2017) constatou efeito positivo na qualidade e tamanho dos fragmentos florestais sobre as redes de interações das aves da cidade, sendo a dimensão do fragmento a variável mais significativa. Em sua amostragem, o autor registrou a presença de *Procnias nudicollis*, classificada como vulnerável de acordo com a lista vermelha da IUCN (2013).

Assim sendo, é notável a relação histórica das aves e sua presença para a região de Curitiba. Contudo, com o decorrer da ocupação territorial do município, a maior parte das áreas naturais deram lugar aos instrumentos da infraestrutura

urbana, impactando negativamente a capacidade de oferecer recursos para a avifauna da cidade (AMORIN, 2015). Segundo Casaroti et al. (2021), a migração do campo para a cidade promovida nas décadas de 70 e 80 resultaram no aumento de construções irregulares em Curitiba, sobretudo em áreas próximas aos corpos d'água.

As florestas de Curitiba, uma vez chamadas de exuberantes e magníficas pelos exploradores (STRAUBE et al., 2014), constituem atualmente de pequenos e esparsos remanescentes florestais, concentrados majoritariamente na porção sul do município, entre os bairros de Caximba, Campo do Santana, Umbará e Ganchinho (GRISE, 2015).

Quanto à hidrografia, grande parte dos corpos d'água que permeiam o centro de Curitiba se encontram canalizados, retificados, e altamente poluídos (GARCIAS et al., 2020). Apesar dessas intervenções, a população de bairros como Pinheirinho, CIC, Uberaba, Hauer e Boqueirão continuam sofrendo com inundações nos períodos chuvosos. Segundo Casaroti et al. (2021), apenas 42% da área de APPs de rios em Curitiba são respeitadas, estando metade das APPs de rios do município seriamente ameaçadas, onde em 75% dessas áreas apresentam ocupação irregular.

### 2.3 METODOLOGIAS PARA A CONECTIVIDADE FUNCIONAL

As metodologias que envolvem caminhos de menor custo vem sendo amplamente utilizadas em estudos recentes de ecologia e conectividade funcional da paisagem, sobretudo em áreas urbanas (PENG, ZHAO e LIU, 2017). Em Rio Claro – SP, Vedovato (2013) utilizou modelagem de menor custo na determinação de caminhos com informações da avifauna. No mesmo município, Rosa (2017) utilizou o método para caracterizar corredores tanto para a avifauna, como para pessoas. Em São Paulo - SP, Locatelli (2018) também utilizou da ecologia de paisagem associada às dificuldades que as aves urbanas têm de se deslocarem na matriz, como ferramenta para criação de rota prioritária de um corredor verde para avifauna, ligando duas unidades de conservação nas extremidades do município.

Peng, Zhao e Liu (2017) afirmam que por relacionar os elementos geográficos com o comportamento das espécies, o modelo dos caminhos de menor custo é amplamente utilizado na criação de caminhos para corredores em áreas



urbanas. Contudo, os parâmetros para valorar as superfícies de resistência não são padronizados, e podem variar amplamente de acordo com as espécies a serem consideradas, o que reforça a necessidade de conhecer aspectos comportamentais e fisiológicos do táxon, determinando assim as classes de uso da terra mais atrativas, ou que representem maiores riscos de mortalidade (RUDOLPHO, 2020).

O modelo é gerado a partir de uma superfície de resistência ou superfície de custo, onde as rotas de conectividade simuladas são baseadas em padrões de menor custo entre dois locais, em função da distância percorrida e dos custos associados a esta rota na paisagem, sendo esse custo estimado como o mínimo acumulativo entre os pares de locais (RIBEIRO et al. 2017; RUDOLPHO, 2020).

Desta forma, tornam-se necessárias análises apuradas de estudos que envolvam a disposição das espécies em função da paisagem analisada (ARONSON et al., 2017). Cita-se como exemplo Amorin (2015) e Lima (2017), que associaram métricas de paisagem da cidade de Curitiba com as características funcionais da avifauna encontrada na região.

Como complemento à criação dos caminhos de menor custo, é frequentemente empregado a análise de rede, que tem como fundamento a teoria dos gráficos (PENG, ZHAO e LIU, 2017). Os autores mencionam que o emprego do método da análise de rede busca evitar a subjetividade na simulação dos caminhos, por considerar a conexão entre todos os pontos selecionados pelo usuário.

Existem vários métodos de coleta de dados para subsidiar a valoração dos mapas de menor custo para a simulação dos corredores, onde devido a transdisciplinaridade do tema, frequentemente ocorre a consulta a especialistas, bem como a utilização de dados secundários (RUDOLPHO, 2020). Entre os métodos, são empregados a quantificação da fauna, flora, estrutura física do ambiente, e níveis de perturbação antrópica. A combinação dessas variáveis resulta na elaboração de índices estruturais, possibilitando a análise de adequação dos mapas em função da conectividade entre os habitats para a espécie escolhida (TENG et al., 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Curitiba, capital do estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil ( $25^{\circ} 25' S$  e  $49^{\circ} 16' W$ ). Com uma área de  $435,036 \text{ km}^2$  (IBGE, 2010), a cidade atualmente é dividida em 75 bairros dispostos em dez unidades administrativas ou regionais: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial de Curitiba (CIC), Matriz, Portão, Pinheirinho, Santa Felicidade, e Tatuquara (IPPUC, 2019).

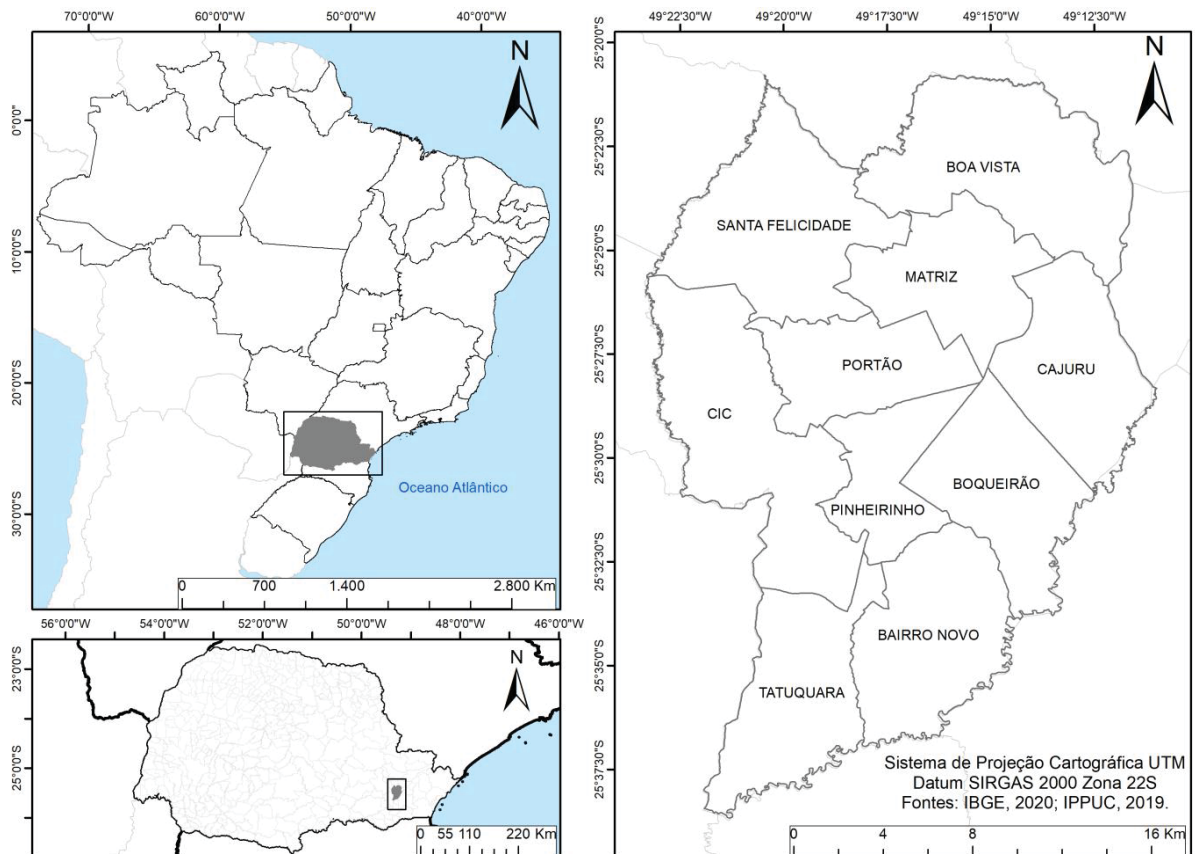


Figura 3. Localização do município de Curitiba com destaque para as regionais da cidade.

Fonte: Lopes (2021).

A Bacia Geológica de Curitiba é formada principalmente pelo Complexo Granulítico Serra Negra, da transição do Arqueano para o Proterozóico, que apesar de serem metamórficas, com alto grau de resistência e encontradas em grandes

profundidades, o longo período de exposição tornou suas feições aplainadas, refletindo no relevo típico da cidade (SANTOS et al., 2006).

O município está inserido no Primeiro Planalto do Paraná, na porção centro sul do Planalto de Curitiba, fronteira a Serra do Mar a leste e a escarpa da Serra de São Luiz do Purunã a oeste, possuindo altitude média de 934,6m (SALAMUNI et al., 2013). Segundo os autores, as unidades morfoesculturais compreendidas no município são as Planícies, Primeiro Planalto Paranaense, Rampas de Pré-Serra, Serras e Morros Isolados.

Quanto à distribuição dos solos, são registrados principalmente Cambissolos e Neossolos Litólicos, associados a falhas tectônicas que causam maior dissecação ao relevo (CURCIO, 2006). O autor acrescenta que em uma pequena porção no norte do município existem as unidades geológicas do Grupo Açungui, onde predominam os Argissolos e Latossolos.

O clima característico desta região é do tipo Cfb na classificação de Köppen-Geiger, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca definida, com verões frescos e invernos com geadas frequentes. A média anual da temperatura é de 17 °C e a umidade relativa do ar fica em torno de 85%. A soma da precipitação anual varia entre 1.300 e 1.500 mm (IPPUC, 2019). Curitiba está inserida na região fitogeográfica de limite de Campo (Estepe Gramíneo-Lenhosa) com Mata de Araucária (Floresta Ombrófila Mista) que compõem o Bioma Mata Atlântica (MAACK, 2012).

A hidrografia do município provém da bacia estadual do Iguaçu e do Ribeira, que compõem as bacias hidrográficas municipais do Ribeirão dos Padilhas, Rio Atuba, Rio Barigui, Rio Belém, Rio Iguaçu e Rio Passaúna (SEMA, 2010). Os corpos d'água de Curitiba se entrelaçam com grande parte das áreas verdes da cidade, denotando alta relevância ambiental para a cidade, apesar da maioria se encontrarem canalizados e com alto níveis de poluição, como o Rio Belém (GARCIAS et al., 2020).

A área composta pela floresta urbana de Curitiba corresponde a 43,69% do município, dos quais 34,70% representam a floresta urbana particular e 8,98% a floresta urbana pública, sendo 4,99% compreendida pela vegetação presente nas ruas, 3,23% pelas áreas verdes e 0,76% pelos corpos hídricos (GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016).

De acordo com o IPPUC (2019), Curitiba possui 27 Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal (RPPNMs); 9 Bosques de Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBUs); 1 Estação Ecológica; 16 bosques; 32 parques; 1 Reserva da Vida Silvestre e 1.033 tipologias representadas por largos, praças, jardinetes, eixos de animação, jardins ambientais e núcleos ambientais, totalizando 1.113 áreas verdes. Em conjunto, essas áreas verdes formam um grande sistema que possibilita a existência de uma série de espécies nativas da fauna e flora (STRAUBE et al., 2014). Além do mencionado, o município contém cerca de 320 mil árvores nas vias públicas (CURITIBA, 2018).

Quanto a avifauna, registros históricos de aves identificaram 387 espécies nativas no município, e outras 30 consideradas espécies introduzidas, exóticas ou acidentais (STRAUBE et al., 2014). Em Curitiba, constam mais de 100 espécies aquáticas e terrestres, bem como aves migratórias dentro do perímetro municipal (ABILHOA & AMORIN, 2017).

### 3.2 BASE DE DADOS

Para a realização desta pesquisa foi utilizada a seguinte base de dados do município de Curitiba:

- a Uma imagem do satélite Sentinel – 2 *Multi-Spectral Instrument* (MSI) adquirida em 23 de fevereiro de 2021, bandas 2, 3 e 4 com resolução de 10m x 10m;
- b Um arquivo vetorial contendo dados do zoneamento atualizado em 2019, disponível na plataforma do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC);
- c Um arquivo digital em formato vetorial contendo as áreas verdes de Curitiba, proveniente da classificação de ortofotos da cidade datadas de 2010.

A imagem digital utilizada neste estudo, para a classificação das classes de cobertura do solo, foi adquirida através da plataforma de dados abertos da Agência Espacial Europeia (ESA), a partir dos registros do satélite Sentinel-2 MSI em 23 de

fevereiro de 2020, que podem ser descarregados de forma livre e gratuita acessando o *Copernicus Open Access Hub*.

O Sentinel-2 é composto por dois satélites, Sentinel-2A e Sentinel-2B (S2A e S2B), o primeiro lançado em junho de 2015, e o segundo em março de 2017, cuja resolução temporal combinada entre eles é de 5 dias (ESA, 2018). De acordo com a ESA, os produtos oferecidos pelo Sentinel-2 MSI são divididos em dois níveis, “*Level-1C* e *Level-2A*”.

O nível 1C contempla a reflectância *Top Of Atmosphere* (TOA) com correções radiométricas e geométricas, bem como orto retificação (UTM/WGS84) e registro espacial num sistema de referência global com previsão ao sub-pixel. Já o nível 2A fornece imagens de reflectância *Bottom of Atmosphere* (BOA) provenientes de produtos 1C.

As bandas espectrais do visível e infravermelho têm características próprias quanto à resolução espacial, sendo selecionadas para processamento no presente estudo as bandas 2, 3 e 4 (R4G3B2) com resolução espacial de 10m, resultando em uma área de 100m<sup>2</sup>.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o processamento das imagens digitais e dos dados obtidos, foram utilizados os seguintes programas:

- a Sen2Cor – Correção atmosférica e transformação da imagem Sentinel-2;
- b SNAP – Conversão da imagem para formato compatível com demais SIGs: Reprojeção do formato obtido das imagens Sentinel-2 de .JP2 para .TIFF;
- c ArcMap 10.8 – Processamento digital da imagem de satélite e criação das rotas de menor custo: Os procedimentos de manipulação dos dados da imagem de satélite se deram no ambiente do ArcMap, como a classificação supervisionada, visualização dos mapas e a ferramenta *Cost Distance*, que por fim gerou o sistema de multi-caminhos;

- d RStudio - Cálculo das métricas de paisagem: O *raster* da classificação supervisionada foi importado para a plataforma R, e através da utilização da livreria do pacote *landscapemetrics* foram calculadas as métricas para os fragmentos florestais;
- e Excel – Tabulação dos dados e cálculo da acurácia da classificação: Os dados gerados foram reorganizados em planilhas eletrônicas do Excel, além de cálculos simples, como o procedimento para atingir o Índice Kappa;
- f SAS Planet – Obtenção de imagem das rotas: Foi obtido um recorte das áreas do corredor, para uma análise mais detalhada;
- g Google Satellite – Satélite acessado para obtenção das imagens dentro do buffer das rotas.

Observa-se na Figura 4 uma síntese das principais etapas metodológicas utilizadas para realização desta pesquisa.

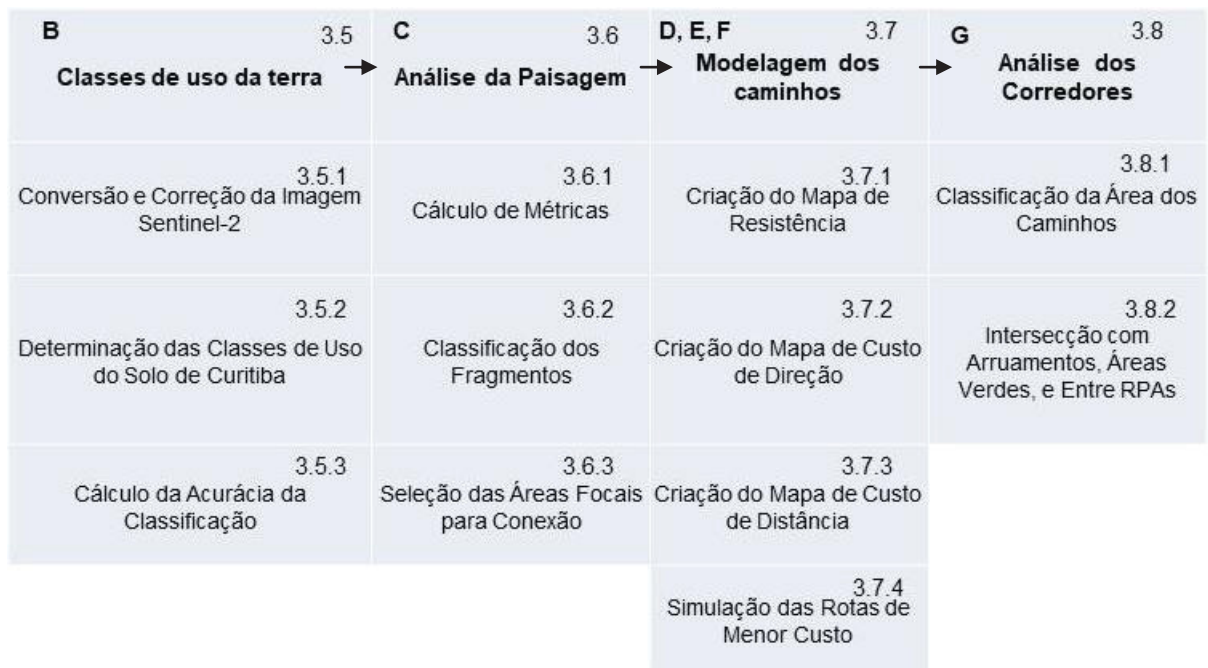
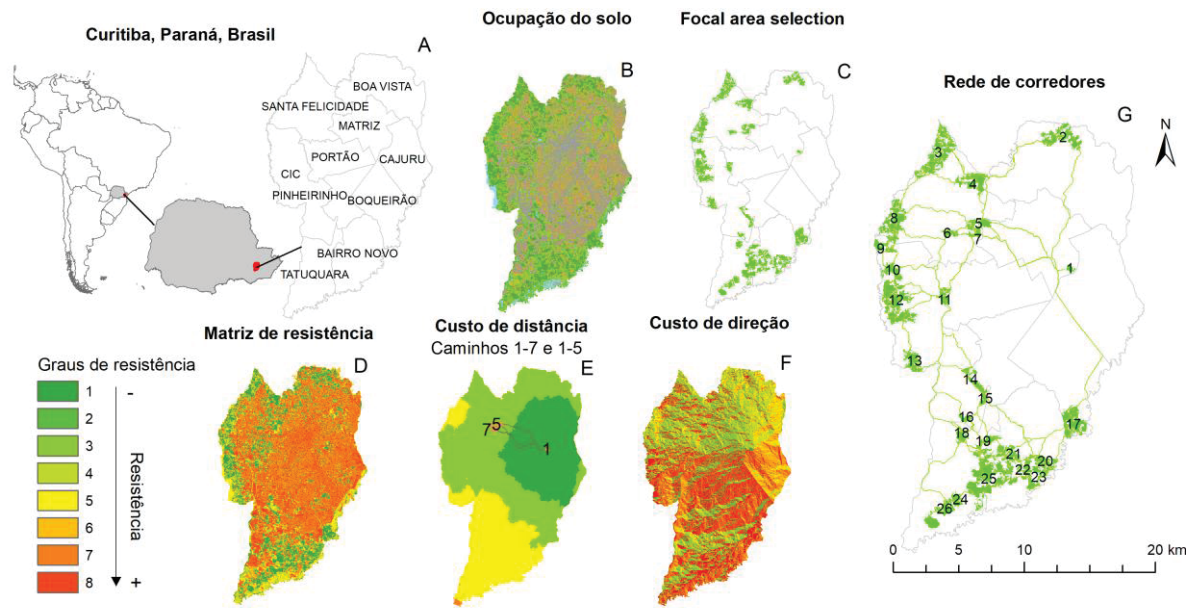


Figura 4. Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa

Fonte: Lopes (2022)

## 3.4 CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO DE CURITIBA

### 3.4.1 Correção atmosférica e conversão da imagem de satélite

O produto adquirido foi do nível 1-C (imagem do topo da atmosfera), que foi convertido para nível 2-A (base da atmosfera) através da ferramenta Sen2Cor, disponível no site da ESA. Com esse processo, os pixels que apresentam

interferência atmosférica são excluídos das etapas de processamento para o nível 2-A.

O Sen2Cor é disponibilizado na forma de um código do Python, onde através do prompt de comando é possível indicar a pasta contendo os arquivos da imagem Sentinel-2 para que ocorra a correção de todos os arquivos da pasta, convertendo as bandas da imagem para o nível 2-A.

Após a correção, foi gerada automaticamente uma pasta com os arquivos convertidos no mesmo diretório sinalizado para o processamento do código. Esse método possibilita a correção de várias imagens em apenas um comando, facilitando o pré-processamento das imagens Sentinel-2.

Inicialmente, os produtos Sentinel-2 possuem formato compatível apenas com o SNAP, disponibilizado pela ESA na *Science Toolbox Exploitation Platform* (STEP). Desta forma, para que seja possível trabalhar com o produto da imagem em outros *softwares*, foi necessária uma conversão de formato dos arquivos matriciais. Além disso, os arquivos vêm com a projeção padronizada WGS 84, sendo necessária a reprojeção para SIRGAS 2000, similar aos arquivos vetoriais disponibilizados pelo IPPUC.

No *software* SNAP, através da ferramenta *Reprojection*, foi possível selecionar o arquivo contendo os metadados da imagem, e selecionar manualmente a projeção, do formato original (.JP2) para o formato aceito pelos SIGs mais populares (.GeoTIFF ou .TIFF).

#### 3.4.2 Determinação das classes de cobertura do solo

Para a construção do mapa de uso do solo foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4 (R4G3B2) provenientes de uma imagem do satélite Sentinel-2, gerada em 23/02/2021, com 10 m de resolução espacial.

A técnica de classificação multiespectral “pixel a pixel” foi aplicada no ArcMap 10.8, com base no algoritmo de máxima verossimilhança, que considera ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para tanto, foi necessário fornecer ao programa, amostras de treinamento correspondentes às classes a se classificar, para que o algoritmo agrupasse os pixels segundo suas características espectrais. A legenda adotada para tanto foi:



- 1) Cobertura arbórea - áreas com vegetação arbórea e densidade de copa;
- 2) Água - corpos hídricos;
- 3) Gramados - campos, agricultura e cobertura de vegetação arbustiva;
- 4) Solo exposto - superfície sem cobertura vegetal ou construção;
- 5) Infraestrutura urbana - superfície impermeabilizada e áreas construídas.

### 3.4.3 Cálculo da acurácia da classificação

Para validar a classificação, a acurácia foi aferida através do cálculo do índice de Kappa, o qual pode variar de 0 (pior) a 1 (melhor) – Tabela 1, conforme resultado do procedimento (LANDIS e KOCH, 1977).

| <b>Índice Kappa</b> | <b>Qualidade da classificação</b> |
|---------------------|-----------------------------------|
| <0,00               | Péssima                           |
| 0,00 - 0,20         | Ruim                              |
| 0,20 - 0,40         | Razoável                          |
| 0,40 - 0,60         | Boa                               |
| 0,60 - 0,80         | Muito boa                         |
| 0,80 - 1,00         | Excelente                         |

Tabela 1. Classificação da acurácia em relação ao índice Kappa

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Para realização da checagem da acurácia, criou-se uma malha sistemática no interior dos polígonos classificados, visando a checagem da correspondência com as classes da paisagem. Através da tabela de atributos do arquivo resultante da classificação, os pontos observados em relação às classes previstas foram

exportados para planilha eletrônica no *software* Excel, onde foram calculadas as matrizes de confusão, e por fim, o índice Kappa para a classificação.

### 3.5 ANÁLISE DA PAISAGEM

Nesta etapa, os dados oriundos da classificação foram dissolvidos, de modo que o conjunto de pixels da mesma classe compõem um único fragmento, registrado na tabela de atributos do arquivo. Posteriormente foram convertidos para o formato *shapefile* através da ferramenta *Raster to Polygon*, do *software* ArcMap 10.8. Assim, obteve-se dois formatos de classificação: em “.tiff” e “.shp”.

O arquivo matricial da classificação supervisionada foi importado para a interface do RStudio (R CORE TEAM, 2005) através da função “*raster*” disponível na livreria do pacote “*landscapemetrics*” (HESSELBARTH et al., 2019). Posteriormente, selecionou-se a classe “cobertura arbórea” através do *gridcode* (Figura 5), para criar um novo arquivo *raster* apenas com a classe de interesse, o qual será utilizado para os cálculos das métricas de paisagem. Os fragmentos de vegetação arbórea foram selecionados por apresentar maior relação positiva com a avifauna entre as classes de cobertura da terra (LIMA, 2017). Os procedimentos são demonstrados a seguir:

```

1
2 #Importação do arquivo raster para a interface do RStudio
3
4 raster <- raster("C:/Users/Iran/Documents/rdata/tiff/class.tif")
5
6 #Informando que a classe florestal corresponde ao
7 # gridcode 5 da tabela de atributos do raster
8
9 clas_forest <- raster == 5
10
11 #Agregando os polígonos referentes a classe florestal
12
13 fragment_forest <- clump(clas_forest)
14
15 #Organizando os dados por frequência no formato de dataframe
16
17 freq_forest <- freq(fragment_forest)
18 freq_forest <- as.data.frame(freq_forest)
19
20 #Atribuindo os valores de pixel correspondentes à realidade espacial
21 # da imagem sentinel-2 (10x10m)
22
23 area_pixel <- res(raster)[1]*res(raster)[2]
24
25 #Sinalizando a preferência pelos valores da área em hectares
26
27 freq_forest$area_ha <- (freq_forest$count*area_pixel/10000)
28
29 #cálculo das métricas para todos os fragmentos da classe florestal
30
31 x<-lsm_p_enn(clas_forest)
32 y<-lsm_p_area(clas_forest)
33 z<-lsm_p_shape(clas_forest)
34
35 #Exportação em planilha eletrônica
36
37 write.xlsx(x, "enn.xlsx")
38 write.xlsx(y, "area.xlsx")
39 write.xlsx(z, "shape.xlsx")
40 |

```

Figura 5. Exemplo dos códigos utilizados no cálculo das métricas de paisagem

Fonte: Lopes (2022).

### 3.5.1 Cálculo das métricas de paisagem

Para elencar os fragmentos em função de sua área e forma, será calculado o índice ASH (Equação 3), o qual relaciona duas métricas de ecologia de paisagem, o *Patch Area* (AREA) (Equação 1) e o *Shape Index* (SHAPE) (Equação 2). A escolha dessas métricas é suportada pela relação entre a presença de aves e o tamanho do habitat florestal. Em locais de vegetação arbórea com maior densidade e menor influência de borda, há ocorrência de espécies mais sensíveis e em maior

quantidade (AMORIN, 2015; LIMA, 2017), além de trabalhos que relacionaram proporcionalmente maior abundância e diversidade de aves em habitats florestais maiores (YU; GUO, 2014; PENA et al., 2017; LYNCH, 2019; GUIMARÃES, 2020).

*Patch Area* (AREA): corresponde à área de cada fragmento (MC GARIGAL et al., 2012).

$$AREA = \frac{a_{ij}}{10.000} \quad (1)$$

Onde:

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) do fragmento ij;

Unidade: ha.

*Shape Index* (SHAPE): representa a relação entre o perímetro e a área dos fragmentos, medindo a complexidade da forma das manchas em relação a uma forma circular, que representa um mínimo de complexidade (MC GARIGAL et al., 2012).

$$SHAPE = \frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad (2)$$

Onde:

$p_{ij}$  = perímetro do fragmento ij;

$a_{ij}$  = área do fragmento i na classe j;

Unidade: adimensional;

SHAPE ≥ 1, sem limite.

SHAPE = 1 quando o fragmento é um círculo, e aumenta a medida que a forma do fragmento torna-se mais irregular.

Índice ASH (ASH): representa a relação entre as métricas de área e forma de cada fragmento.

$$ASH = \frac{AREA}{SHAPE} \quad (3)$$

Onde:

AREA = Patch Area;

SHAPE = Shape Index;

Unidade = adimensional.

Valores elevados de índice ASH indicam fragmentos de maior área e com forma de valor mais próximo a um círculo. Por outro lado, baixos valores de índice

ASH indicam fragmentos de menor área e com forma mais complexa (LOCATELLI, 2018).

Para obtenção de mais uma medida de conectividade entre os fragmentos, também foi calculada a ENN (*Euclidean Nearest Neighbor*) (Equação 4), métrica que expressa a menor distância do fragmento vizinho pertencente a mesma classe. Valores menores expressam maior proximidade entre os fragmentos.

$$ENN = hij_{(4)}$$

Onde:

$hij$  = distância do fragmento  $ij$  até o vizinho mais próximo da mesma classe, partindo a partir do centro dos fragmentos.

Unidade = ENN > 0 (metros).

### 3.5.2 Classificação dos fragmentos da paisagem

A partir dos polígonos referentes à classe de cobertura arbórea, os fragmentos da floresta urbana de Curitiba foram definidos pelos critérios de Forman e Godron (1986), adaptado de Grise (2015) no contexto da região de Curitiba. Este tipo de cobertura do solo possui a maior relação positiva com a presença e disponibilidade de recursos para as aves, onde ambientes florestados de maiores áreas podem constituir habitats para espécies mais sensíveis (LIMA, 2017). Os fragmentos também foram classificados conforme sua aptidão em servirem como conectores para o trânsito da avifauna.

Além da cobertura arbórea, foram considerados todos os corpos d'água como potenciais fontes de recursos para as aves, porém, para essa classe não foram efetuados cálculos de métricas de paisagem.

A classificação dos componentes estruturais se deu manualmente a partir da identificação na tabela de atributos do arquivo vetorial, acessível através do ArcMap, sendo descrita a seguir:

- a) Fragmentos remanescentes - correspondem as ilhas de vegetação que resistiram a um distúrbio nas áreas ao seu redor, mas preservam

características da biota nativa, como parques, bosques e áreas verdes com mais de 100.000 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015);

- b) Fragmentos de perturbação - são originários de áreas de vegetação que sofreram distúrbio e foram descaracterizadas, com área de 7.500 m<sup>2</sup> a 100.000 m<sup>2</sup>. Pela área definida, podem ser considerados corredores em faixas de vegetação - caracterizados por largas faixas de vegetação acima de 7.500 m<sup>2</sup>, possuindo área central e maior possibilidade de oferecer recursos (GRISE, 2015);
- c) Fragmentos introduzidos - são áreas com vegetação menores que 7.500 m<sup>2</sup>. Pela área definida, podem servir de corredores em quadra - correspondente à cobertura de vegetação de 2.500 a 7.500 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015);
- d) *Urban stepping stones* ou trampolins ecológicos urbanos - foram caracterizados pela cobertura de vegetação inferior a 2.500 m<sup>2</sup> até um valor mínimo de 1.000 m<sup>2</sup> (GRISE, 2015);
- e) Espelhos d'água - polígonos de rios e arroios, lagos e cavas (IPPUC, 2019). Essa classe de uso da terra tem alto potencial de servir como corredores ripários, pela alta capacidade de atrair aves e servir de refúgio durante seu movimento na paisagem.

### 3.5.3 Seleção das áreas focais para conexão

No presente estudo buscou-se considerar a avifauna como modelo para definição dos caminhos, visto que esse grupo apresenta alta mobilidade na paisagem e pode acessar áreas privadas. O princípio fundamentou-se na hipótese de que fragmentos de vegetação arbórea com grandes áreas e formas coesas têm maior potencial ecológico, e portanto são prioritários para o estabelecimento de conexões. Em Curitiba, a dimensão dos fragmentos florestais foi a variável mais significativa para a presença de espécies de aves (LIMA, 2017). A criação de corredores para a avifauna pode favorecer o fluxo de outros organismos na paisagem urbana (PENA et al., 2017).

Variando de 0 a aproximadamente 30, foram estabelecidas 3 classes de ASH (Baixo - 0 < 10; Médio - 10 < 20; Alto - 20 < 30), sendo escolhidas como áreas

focais para a conexão 25 fragmentos florestais que obtiveram valores para o índice ASH acima de 10 (Médio e Alto), considerando-as como origem e destino para a modelagem dos corredores ecológicos, adaptado de Locatelli (2018). Os fragmentos selecionados compõem as áreas de habitat florestal de maiores áreas e de forma mais coesa. Dessa forma, os caminhos propostos interligam todas essas áreas. Nesta etapa, também foi selecionado um fragmento próximo ao Rio Belém, servindo como continuação para estabelecer uma conexão entre a Área de Proteção Ambiental (APA) do Iguaçu e APA do Passaúna. Por possuírem restrições quanto ao uso do solo e situarem-se próximas aos corpos hídricos, estima-se que detenham maior diversidade e apresentem fontes de recurso para avifauna (YU e GUO, 2014; MCCLURE et al., 2015).

### 3.6 MODELAGEM DE CAMINHOS DE MENOR CUSTO

Após selecionar os fragmentos, foi realizada uma análise de rede das áreas focais para conexão, pela ferramenta “*Cost Path*” disponível no *software* ArcMap 10.8. Além da seleção das áreas focais, elaborado um mapa de resistência, o qual associado aos mapas de custos de deslocamento e direção, determinam as rotas de menor custo que conectem as áreas focais para conexão entre si.

#### 3.6.1 Elaboração do mapa de resistência

O valor de resistência é um parâmetro fundamental para criação de modelos de caminhos de menor custo, referindo-se à rota “mais fácil” que as espécies-alvo poderiam se mover de um fragmento para outro (ZHANG et al., 2019). O mapa de resistência é criado ao atribuir valores para cada classe existente no mapa de uso do solo, no qual *pixels* com menores valores de resistência contribuem para a movimentação dentro da paisagem, e os que apresentam maior grau de resistência, oferecem risco, ou dificuldade para esse movimento (RIBEIRO et al., 2017). Assim sendo, os caminhos de menor custo utilizam como rota, preferencialmente aqueles *pixels* de menor resistência.

Para a seleção dos parâmetros a serem considerados na valoração das resistências, foram consultadas literaturas pertinentes à relação da avifauna com o

ambiente urbano (TIETZE, 2018), assim como áreas ribeirinhas urbanas (DOMÍNGUEZ-LOPEZ & ORTEGA ÁLVAREZ, 2014; MCCLURE et al., 2015; BARBOSA et al., 2020; KETEN et al., 2020), arborização viária (PENA et al., 2017; MAGRE et al., 2020), e em áreas verdes como praças e parques (AMORIN, 2015; LIMA, 2017), sobretudo no contexto de Curitiba (STRAUBE et al., 2014). Os valores atribuídos às classes de uso do solo foram tomados com base nos estudos que utilizaram o mesmo método ou similar, para a simulação de corredores nos centros urbanos (TENG et al., 2011; ROSA, 2017; LOCATELLI, 2018).

A criação do mapa de resistência se deu através da ferramenta *Weight Overlay*, somando o *raster* da classificação supervisionada com o que contém os arruamentos e áreas verdes de Curitiba, (IPPUC, 2019) atribuindo pesos de 60% e 40%, respectivamente (Tabela 2). A escolha dos percentuais dos pesos se deu pela preferência da classificação supervisionada por ser mais recente do que os polígonos do zoneamento.

| <b>Classificação supervisionada</b> | <b>Polígonos das categorias de uso da terra</b> |
|-------------------------------------|---|
| Vegetação arbórea                   | Áreas verdes                                    |
| Água                                | Sistema Viário                                  |
| Campos                              | NoData  |
| Solo exposto                        |   |
| Áreas impermeáveis                  |   |
| NoData                              |   |

Tabela 2. Arquivos raster e respectivas classes considerados na criação do mapa de resistência

Fonte: Lopes (2021).

O sistema viário foi considerado pela possibilidade de se arborizar as calçadas, as quais são de domínio público e podem ter papel fundamental no trânsito das aves urbanas entre as áreas verdes (PENA et al., 2017). O propósito desta abordagem foi de obter informações mais acuradas sobre os usos atribuídos à vegetação e demais elementos urbanos, além de verificar a menor distância entre as duas unidades de conservação considerando todos os caminhos possíveis,



admitindo-se que as vias públicas podem contribuir no fluxo entre os fragmentos, assim como os jardins residenciais (ROSA, 2017).

Na presente pesquisa, foram coletados informações e valores a partir da revisão de literatura sobre a criação de corredores para a avifauna em áreas urbanas. Desta forma, é pretendida uma abordagem mais generalista da relação da avifauna utilizando corredores em áreas urbanas, em função de não se considerar um determinado número de espécies, e sim a ponderação dos valores encontrados em bibliografias. Assim, ao se propor medidas favoráveis para a avifauna, os impactos positivos se estendem para a população.

### 3.6.2 Elaboração do mapa de custo de direção

Tendo como base as áreas focais para conexão como pontos de origem e destino, foi confeccionado o mapa de custo de direção através da ferramenta *Cost Back Link*, que a partir das áreas focais para conexão associada ao mapa de resistência, atribui valores que refletem o custo quanto a direção do deslocamento, refletindo maiores valores para a direção de maior acúmulo de *pixels* de maior grau de resistência. Assim sendo, a ferramenta define que o vizinho é a próxima célula similar à de origem, seguindo o caminho de custo menos cumulativo direcionado a fonte de custo mínimo (origem) (ESRI, 1997).

### 3.6.3 Elaboração do mapa de custo de distância

A partir das áreas focais para conexão, foi definido o mapa de custo de distância. Desta forma, por fim, a definição dos corredores pelos caminhos é representada pelos menores custos, distâncias, e direção mais propícia entre os pontos de origem e alvo, correspondentes às áreas focais para conexão.

Assim sendo, a ferramenta *Cost Distance* calcula o menor custo acumulado de distância para cada célula sobre a superfície do mapa de resistência, partindo da origem para o destino mais próximo (ESRI, 1997).

Conforme mencionado, foi selecionado um ponto de origem extra próximo ao Rio Belém, afim de simular uma rota que conectasse o rio com à área focal mais próxima.

### 3.6.4 Criação das rotas de menor custo entre as áreas focais para conexão

Por fim, o modelo dos caminhos de menor custo se deu através da aplicação da ferramenta *Cost Path*, que consiste na combinação dos mapas de resistência, e de custo de distância/deslocamento, admitindo como fonte e origem as áreas focais para conexão, promovendo um sistema de multi caminhos conectando todos os pontos selecionados.

## 3.7 ANÁLISE DOS CORREDORES

Nesta etapa, foi criado um buffer de 200 metros em volta de cada linha que representam os corredores determinados pelo procedimento dos caminhos de menor custo, para um melhor detalhamento da estrutura do uso do solo ao redor das linhas do sistema formado pelos trajetos. Assim sendo, o buffer de 200 metros possibilita a visualização de até 100 metros para ambos os lados dos corredores simulados. Tal abordagem possibilita, através do recorde do buffer dos caminhos, identificar áreas verdes distanciando até 100 metros dos caminhos propostos. Visto que a capacidade de deslocamento da maioria das aves em áreas urbanas varia entre 54 e 650 metros (LOCATELLI, 2018), o conhecimento de ambientes vegetados a 100 metros do corredor pode subsidiar tomadas de decisões para a conexão que beneficie boa parte das espécies avistadas dentro desse raio de análise

### 3.7.1 Classificação da área dos percursos

Para uma verificação detalhada da estrutura dos corredores, importou-se para o ArcMap um arquivo *raster* disponibilizado pelo Google Satellite com zoom z12 (69 m<sup>2</sup> por píxel de resolução), de 6 de junho de 2021, obtida no software aberto SAS Planet, compreendendo a área dos polígonos correspondentes ao buffer dos caminhos. Munido do arquivo *raster* de alta resolução referente aos caminhos, procedeu-se com a classificação através do *Cluster Unsupervised Classification*, o qual separa os elementos da paisagem baseado no número de classes informado pelo usuário.

### 3.7.2 Intersecção com arruamentos, áreas verdes, e regiões político-administrativas

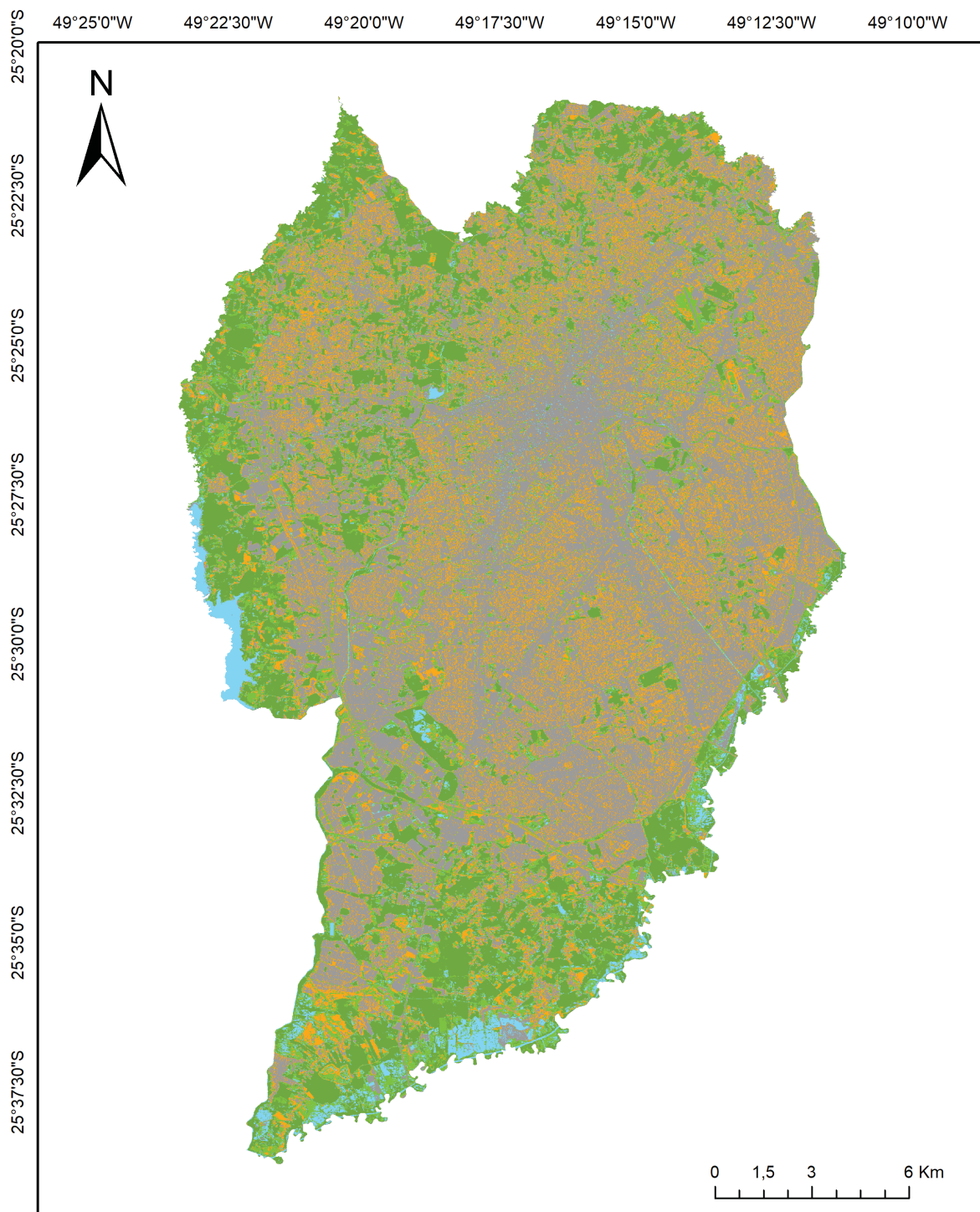
Através da ferramenta *Insersection*, foi realizado o recorte de todo arruamento presente dentro do buffer, trazendo como resultado o nome das ruas e avenidas, áreas verdes contempladas pelo corredor, bem como as regiões de Curitiba em que cada elemento está situado, sendo possível visualizar essas informações dentro da tabela de atributos do arquivo *shapefile*. Esses dados informam os exatos locais da cidade considerados prioritários para arborização afim de tornar os caminhos, uma rede de corredores.

Para fins de caracterização quanto as regiões de Curitiba, os elementos a serem apresentados na seção de resultados foram divididos por região político administrativa do município, delimitadas de acordo com os polígonos (*shapefile*) fornecidos pelo IPPUC (2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM URBANA

A classificação da ocupação do solo realizada apresentou apenas para a classe de solo exposto acurácia muito boa, enquanto as demais se mostraram com escala excelente conforme parâmetros propostos por Landis e Koch (1977). A classificação supervisionada deu-se pela Máxima Verossimilhança, e atingiu uma acurácia geral de 88,76%, com um índice Kappa de 0,86 (Figura 6). O resultado sugere que metodologia apresentada mostrou-se eficiente para classificar as cinco classes de ocupação do solo predominantes em Curitiba de forma fidedigna com a realidade, a partir da confirmação da acurácia do usuário sobre os tipos de cobertura previstos.



| Legenda               | Acurácia | Área   |      |
|-----------------------|----------|--------|------|
|                       |          | (ha)   | (%)  |
| Cobertura arbórea     | 0,97     | 8.528  | 19,6 |
| Água                  | 0,87     | 2.005  | 4,6  |
| Gramados              | 1,00     | 6.076  | 14,0 |
| Solo exposto          | 0,78     | 8.381  | 19,3 |
| Infraestrutura urbana | 0,82     | 18.501 | 42,5 |

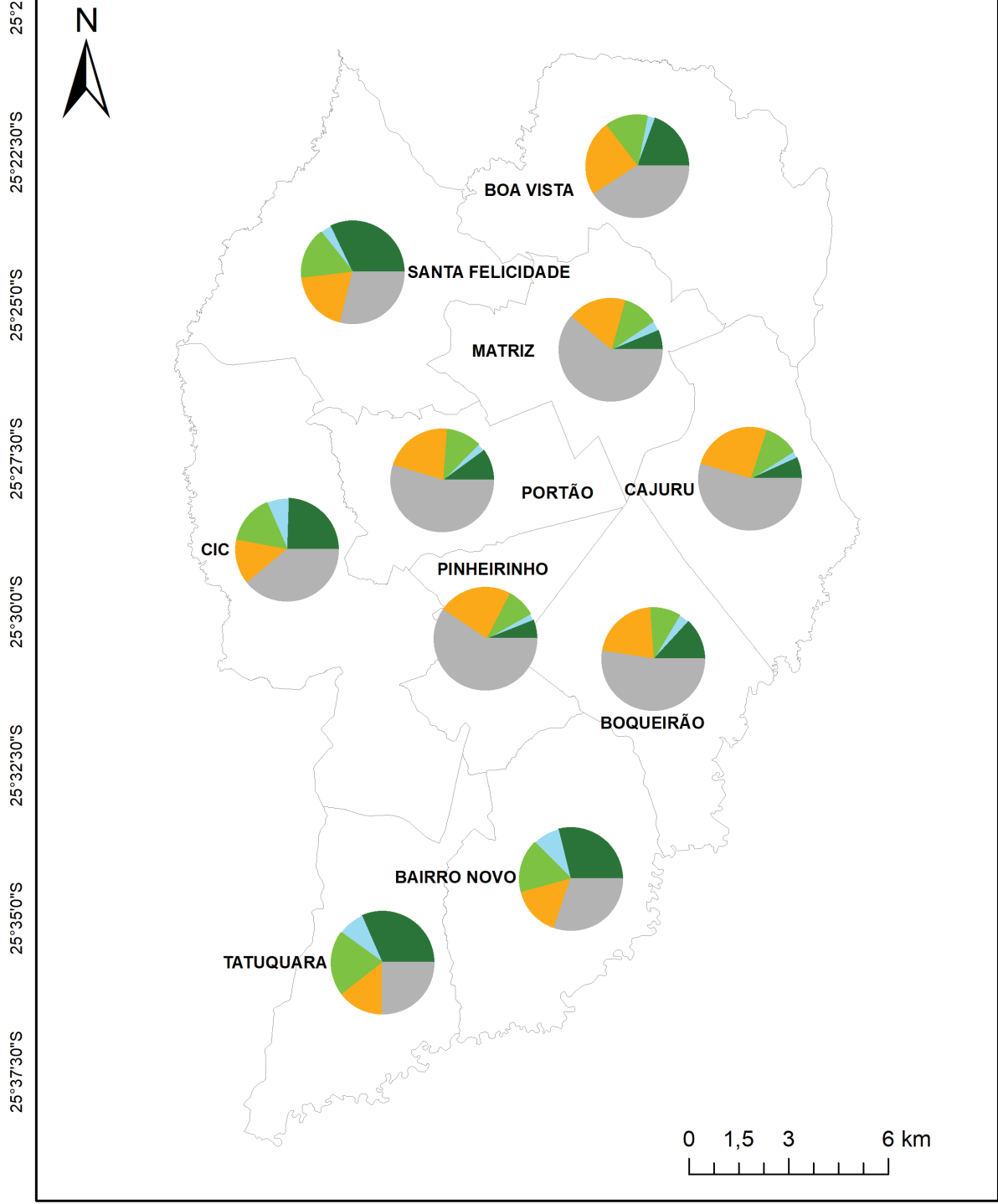
Sistema de Projeção Cartográfica UTM  
 Datum SIRGAS 2000 Zona 22S  
 Fontes: ESA, 2020; IPPUC, 2019

Figura 6. Mapa da classificação supervisionada da ocupação do solo do município de Curitiba.  
 Fonte: Lopes (2022).

O mapa temático de uso da Terra (Figura 6) revelou que a classe de infraestrutura urbana é predominante em Curitiba com 18.501 hectares (42,5%), seguida pela cobertura florestal com 8.528 hectares (19,6%) e solo exposto com 8.381 hectares (19,3%), onde as duas últimas apresentaram ocupação com valores próximos. Porém, apesar da proximidade quanto a área total, os fragmentos florestais estão dispostos de forma mais agregada que a classe de solo exposto, a qual se encontra espalhada em pequenas porções na paisagem. A quarta classe mais representativa quanto a área foi a de gramados, abrangendo 6.076 hectares (14%), seguida pela água 2.005 (4,6%). É possível verificar no município que a área destinada às construções urbanas corresponde a mais que o dobro daquela composta por vegetação arbórea.

As regionais que apresentaram maiores percentuais de cobertura florestal foram Santa Felicidade, Tatuquara, Bairro Novo e CIC, com 32,1%, 31,6%, 28,8% e 24,5% respectivamente (Figura 7). Por sua vez, também possuem maiores percentuais por área de gramados (Tabela 3), variando de 15,6% (CIC) até 20,5% (Tatuquara). Assim sendo, constituem as regiões do município de maior concentração de cobertura vegetal, quando somadas as áreas de vegetação arbórea com as de gramados, assim como foi visto em Grise (2015), que considerou como floresta urbana todo tipo de cobertura vegetal.

49°25'0"W    49°22'30"W    49°20'0"W    49°17'30"W    49°15'0"W    49°12'30"W    49°10'0"W



- Legenda**
- Cobertura arbórea
  - Água
  - Gramado
  - Solo exposto
  - Infraestrutura Urbana

Sistema de Projeção Cartográfica UTM  
Datum SIRGAS 2000 Zona 22S  
Fontes: ESA, 2020; IPPUC, 2019

Figura 7. Panorama da cobertura do solo por regionais de Curitiba.  
Fonte: Lopes (2022).

| <b>RPA</b>              | <b>Cobertura arbórea</b> | <b>Água</b> | <b>Gramados</b> | <b>Solo exposto</b> | <b>Infraestrutura urbana</b> |
|-------------------------|--------------------------|-------------|-----------------|---------------------|------------------------------|
| <b>Santa Felicidade</b> | 1.761                    | 197         | 892             | 1.049               | 1.587                        |
| <b>CIC</b>              | 1.553                    | 447         | 966             | 887                 | 2.465                        |
| <b>Bairro Novo</b>      | 1.296                    | 386         | 760             | 694                 | 1.360                        |
| <b>Tatuquara</b>        | 1.294                    | 346         | 842             | 581                 | 1.033                        |
| <b>Boa Vista</b>        | 1.126                    | 146         | 785             | 1.378               | 2.383                        |
| <b>Boqueirão</b>        | 521                      | 133         | 387             | 852                 | 2.085                        |
| <b>Portão</b>           | 317                      | 84          | 356             | 679                 | 1.728                        |
| <b>Cajuru</b>           | 270                      | 90          | 434             | 1.021               | 2.175                        |
| <b>Matriz</b>           | 225                      | 113         | 397             | 662                 | 2.193                        |

Tabela 3. Área das classes de uso da terra por região político administrativa (RPA) em hectares

Fonte: Lopes (2022).

Santa Felicidade foi a regional com maior proporção de Cobertura florestal (32,1%). De acordo com Grise (2015), no ano de 2010 constavam 53,21% de área total ocupada por floresta urbana, sendo 37,94% em área pública.

Quanto a distribuição dos corpos hídricos nos setores do município, os percentuais se mantiveram constantes, apresentando maiores valores nas regionais do Bairro Novo (8,6%), Tatuquara (8,5%) e CIC (7,1%).

A regional do Bairro Novo abriga grande parte da APA do Parque Iguaçu, classificada como Zona Residencial de Ocupação Controlada, refletindo em maiores restrições para ocupação do solo (IPPUC, 2019). Aliado a isto, contempla uma área importante do Rio Iguaçu, o que justifica maiores percentuais para a classe Água e área de floresta urbana (GRISE, 2015). Resultado similar foi obtido para a regional Tatuquara, também ocupada em grande parte pela APA do Iguaçu (IPPUC, 2019), conferindo a esta região percentual de ocupação relevante para a classe Água e Cobertura florestal.

A outra regional que apresentou ocupação relevante quanto a Água foi a Cidade Industrial de Curitiba (CIC), formada em grande parte pela APA do Passaúna, cujo zoneamento de seus setores varia de Zona de Ocupação Controlada, Zona de Contenção, Zona de Represa e Zona Industrial (IPPUC, 2019). Por contemplar parte do rio Passaúna e áreas de represa, foi uma das três regionais cujo percentual para Água ficou um pouco acima das sete restantes.

Com relação ao percentual de infraestrutura urbana, as regionais Matriz, Pinheirinho, Portão, Cajuru e Boqueirão apresentaram maiores valores, obtendo

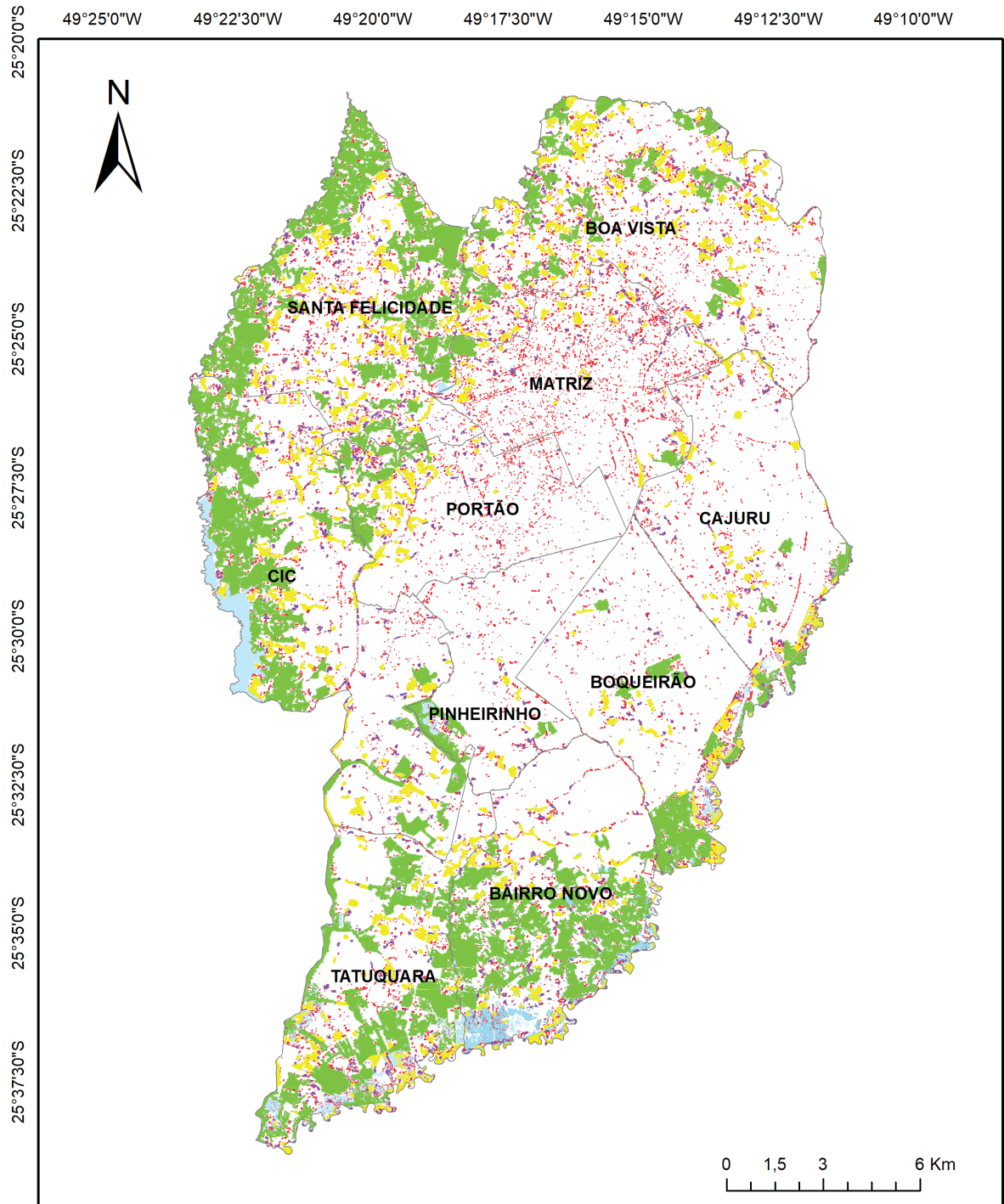


61,0%, 59,5%, 54,6%, 54,5% e 52,4% respectivamente. Também foram as que apresentaram menores percentuais de cobertura florestal, variando de 6,0% (Pinheirinho) até 13,1% (Boqueirão), assim como maior porcentagem de solo exposto, variando de 18,4% (Matriz) até 25,6% (Cajuru).

Grise (2015) também verificou carência de floresta urbana nas regiões centrais de Curitiba, justificada por constituírem áreas de ocupação mais antigas no município. De acordo com a autora, as regionais Cajuru e Matriz possuem alta densidade populacional, associada à menores taxas de renda per capita.

#### 4.2 ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL

As áreas de cobertura arbórea de Curitiba se mostraram bastante fragmentadas, onde os fragmentos de maior área estão situados nas porções sul, sudeste e noroeste do município (Figura 8). Ao todo, foram contabilizados 22.483 fragmentos de vegetação arbórea, tipificados quanto sua área e de acordo Grise (2015). Além destes, foram considerados como espelhos d'água aqueles polígonos pertencentes à classe Água com área maior que 1 hectare (Tabela 4).



**Legenda**

- Divisa de regionais
- Espelhos d'água - ED
- Urban stepping stones - USS
- Fragmentos introduzidos - FI
- Fragmentos de perturbação - FP
- Fragmentos remanescentes - FR

|            | ÁREA MÉDIA (ha) | SHAPE MÉDIO | ENN MÉDIO (m) |
|------------|-----------------|-------------|---------------|
| <b>USS</b> | 0,02            | 1,22        | 39            |
| <b>FI</b>  | 0,41            | 1,92        | 30            |
| <b>FP</b>  | 2,51            | 2,61        | 26            |
| <b>FR</b>  | 45,45           | 5,19        | 20            |

Sistema de Projeção Cartográfica UTM  
 Datum SIRGAS 2000 Zona 22S  
 Fontes: ESA, 2020; IPPUC, 2019.

Figura 8. Fragmentos nas regiões político administrativas.

Fonte: Lopes (2022).

| RPA                     | Espelhos D'água | Urban Stepping Stones | Fragmentos Introduzidos | Fragmentos de Perturbação | Fragmentos Remanescentes |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Bairro Novo</b>      | 8,59            | 1,38                  | 0,91                    | 3,70                      | 22,83                    |
| <b>Boa Vista</b>        | 2,52            | 1,46                  | 0,87                    | 5,71                      | 7,65                     |
| <b>Boqueirão</b>        | 3,34            | 1,00                  | 0,49                    | 2,61                      | 9,00                     |
| <b>Cajuru</b>           | 2,26            | 1,07                  | 0,60                    | 2,57                      | 2,54                     |
| <b>CIC</b>              | 7,05            | 1,10                  | 0,89                    | 4,39                      | 18,07                    |
| <b>Matriz</b>           | 3,16            | 2,06                  | 0,67                    | 1,91                      | 1,66                     |
| <b>Pinheirinho</b>      | 2,16            | 0,88                  | 0,46                    | 0,83                      | 3,86                     |
| <b>Portão</b>           | 2,66            | 1,27                  | 0,76                    | 3,34                      | 4,65                     |
| <b>Santa Felicidade</b> | 3,59            | 1,70                  | 1,19                    | 4,85                      | 24,31                    |
| <b>Tatuquara</b>        | 8,45            | 1,61                  | 0,96                    | 5,44                      | 23,54                    |

Tabela 4. Percentual de ocupação dos tipos de fragmentos nas regiões político administrativas

Fonte: Lopes (2022).

Ao classificar a floresta urbana de Curitiba, Grise (2015) obteve índice de  $108,35 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ , onde apenas  $22,28 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$  do total - aproximadamente 1/5 - diz respeito a áreas públicas. Segundo a autora, é possível observar carência de cobertura vegetal nas regiões centro-sul e sul da cidade, onde os fragmentos de pertencentes a classe “introduzidos particulares” são a grande maioria no município, e os remanescentes representam apenas 6%. Verificando áreas centrais de todas as capitais brasileiras, Rocha e Nucci (2019) identificaram apenas 6,73% de cobertura vegetal para o Centro de Curitiba, sendo um contexto comum para regiões de maior atividade antrópica.

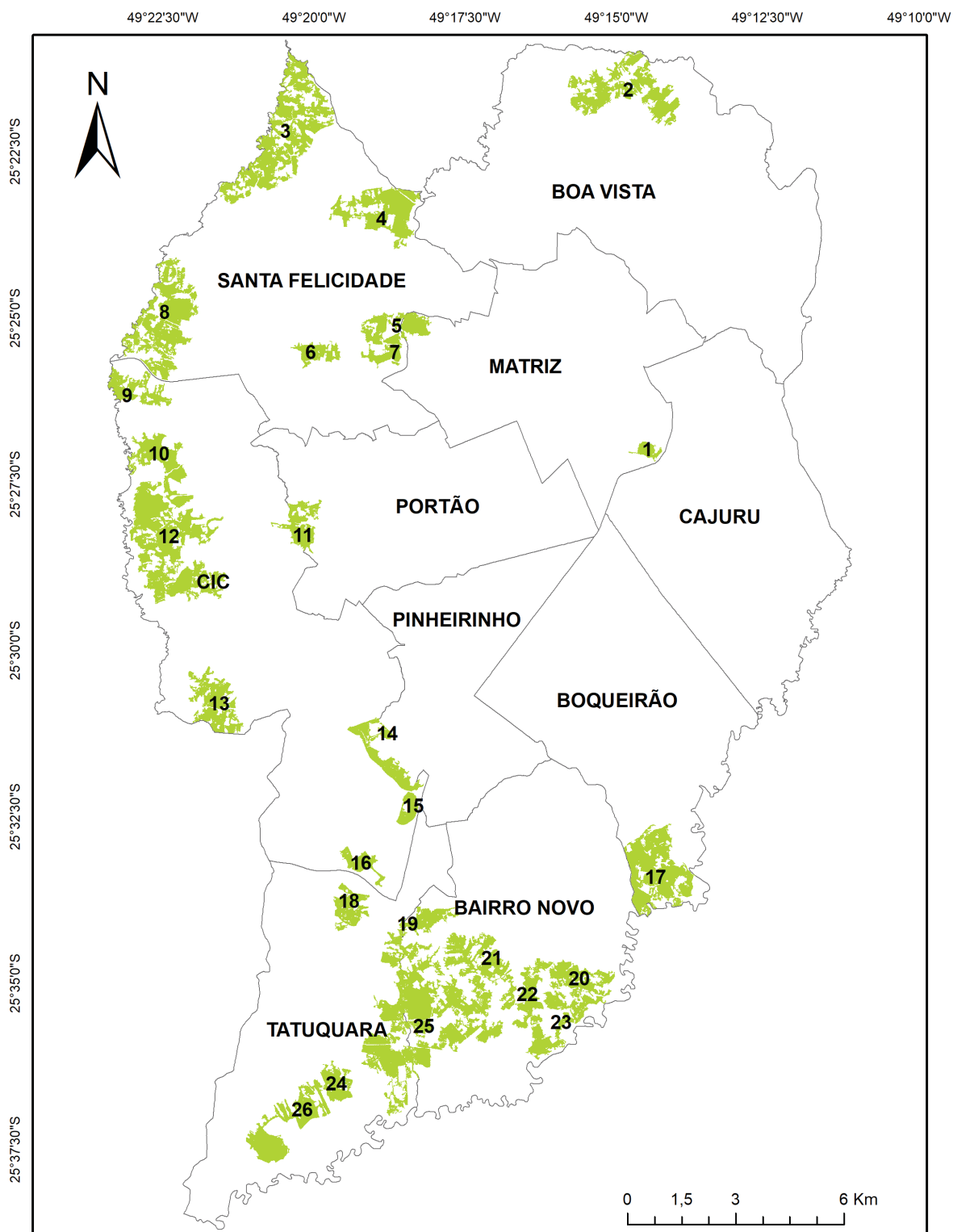
A disposição dos fragmentos florestais em Curitiba se assemelham com contextos de algumas cidades brasileiras, que evidenciam predominância dos maiores fragmentos concentrados nas zonas periurbanas (MELLO, TOPPA E CARDOSO-LEITE, 2016; RIBEIRO, MELLO e VALENTE, 2020). Esses remanescentes de maior área são de grande relevância para a manutenção da biodiversidade na paisagem, e devem ser foco de projetos com objetivo de promover a conectividade entre eles, que por apresentarem maior disponibilidade de recursos e estabilidade contra variações ambientais, são consideradas áreas prioritárias para conservação (LOCATELLI, 2018).

Os fragmentos remanescentes apresentaram os maiores valores quanto a área, com exceção das regionais Matriz e Cajuru, que obtiveram maiores

percentuais para os fragmentos de perturbação e *urban stepping stones*. Apesar de possuírem uma limitação quanto a área, os *stepping stones* são importantes ferramentas para a conectividade funcional entre habitats, principalmente para espécies com maior facilidade de movimento, como as aves (ARONSON et al., 2013). Quando localizados no centro da cidade, os *stepping stones* podem potencializar a capacidade conectiva, ainda nestas regiões mais fragmentadas.

O cálculo das métricas de paisagem revelaram que no município de Curitiba, os fragmentos florestais menores apresentam maior isolamento entre áreas da mesma classe. Esse resultado é inverso conforme maior a área verificada para as classes de fragmentos, onde o *Euclidean Nearest Neighbour* (ENN) médio diminuiu 22,13% de *Urban Stepping Stones* (USS) para Fragmento Introduzido (FI), 13,48% do FI ao Fragmento de Perturbação (FP), e 22,57% do FP ao Fragmento Remanescente (FR). Assim sendo, é possível afirmar que os maiores fragmentos têm mais chance de possuir um vizinho próximo.

A hierarquização dos fragmentos florestais se deu baseada nos valores do índice ASH, onde as áreas focais para conexão foram aquelas com valor acima de 10, totalizando 25 fragmentos, que juntos correspondem a 42,38% da cobertura florestal no município, ocupando 8,52% do território (Figura 9). Estes fragmentos obtiveram classificação Média ou Alta quanto ao índice de ASH, que reflete em maior área e forma mais coesa e circular. Além dos fragmentos supracitados, mais um foi escolhido (Fragmento 1), estabelecendo um elo do Rio Belém, à área focal para conexão mais próxima (Fragmento 7). Tal escolha é justificada pelo potencial do rio Belém ser um corredor ripário que favoreça a conexão entre extremidades opostas do município, devido a seu caminho estratégico que permeia o Centro da cidade.



**Legenda**

- Áreas Focais para Conexão
- Divisa de Regionais

| Índice ASH    | Polígonos     | Cobertura arbórea  | Ocupação no município |
|---------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| ASH < 10      | 22.458 99,88% | 4.907,83 ha 57,61% | 11,58%                |
| 10 < ASH < 20 | 18 0,08%      | 1.556,78 ha 18,27% | 3,67%                 |
| 20 < ASH      | 7 0,03%       | 2.053,99 ha 24,11% | 4,85%                 |

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Datum SIRGAS 2000 Zona 22S Fontes: ESA, 2020; IPPUC, 2019.

Figura 9. Áreas focais para conexão do município.

Fonte: Lopes (2022).

Das 26 áreas focais para conexão, 17 possuem partes de polígonos registrados como áreas verdes, onde constam macrocompartimentos da APA do Iguaçu e do Refúgio da vida silvestre do Bugio, bem como RPPNMs, praças, parques, jardinetes e eixos de animação (IPPUC, 2019). Por sua vez, os fragmentos 1, 3, 6, 8, 9, 15, 16, 19 e 21 não contém áreas verdes sinalizadas no arquivo vetorial do zoneamento de Curitiba do IPPUC (2019).

Observa-se que existem poucos fragmentos considerados prioritários quanto ao índice de ASH (0,09%), em grande parte concentrados nas periferias. Todavia, esses poucos fragmentos representam parcela significativa da cobertura florestal na paisagem, considerados como “*hubs*<sup>2</sup>” da área de estudo. Assim sendo, os caminhos dos corredores se deram a partir das 26 áreas focais para conexão.

#### 4.3 MODELAGEM DE CAMINHOS DE MENOR CUSTO

Ao observar os valores de resistência associados aos tipos de cobertura do solo, constatou-se que os menores valores de resistência coincidem com os tipos de cobertura do solo estruturalmente parecidos aos habitats naturais, os quais são mais associados a presença de espécies da avifauna, como vegetação arbórea; e os maiores valores de resistência perfizeram os tipos de cobertura do solo diferente dos habitats naturais, como edificações e solo exposto. A Figura 10 ilustra o exemplo do mapa utilizado, onde os *pixels* de cores mais quentes refletem maior resistência.

---

<sup>2</sup> *Hubs*, no âmbito do estudo da conectividade funcional, são definidos como espaços de significativo valor ecológico, como áreas extensas de cobertura arbórea (Jeong et al, 2021).

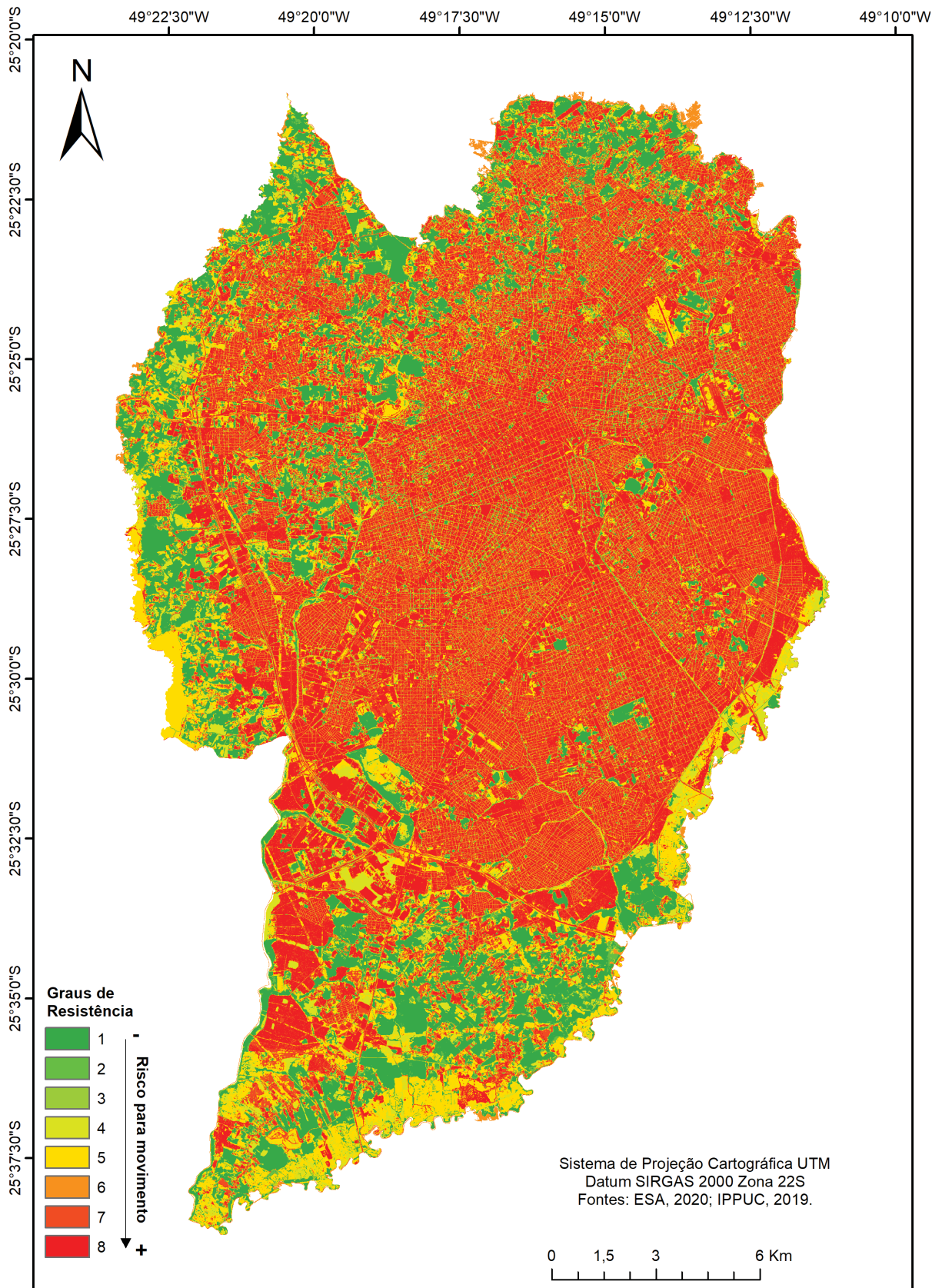


Figura 10. Graus de resistência da paisagem urbana de Curitiba-PR.  
 Fonte: Lopes (2022).

Com o mapa de graus de resistência, foi definido o mapa de custo de direção, que determina o rumo para a posição que represente menor custo para determinado destino, no caso, as áreas focais para conexão. A Figura 11 ilustra o exemplo baseado nas áreas focais circuladas em vermelho no mapa 11a), e as cores mais quentes sinalizam maior custo de direção (Figura 11b).

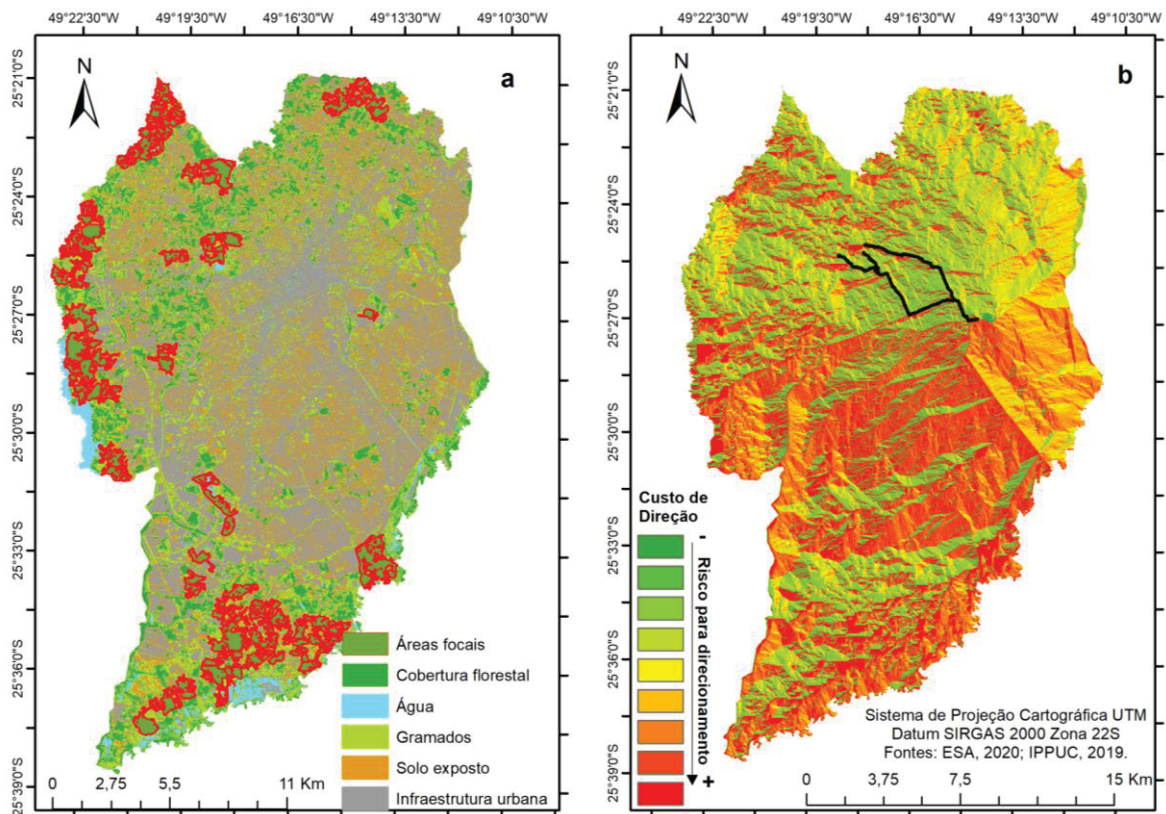


Figura 11. a) Mapa do município com destaque para as Áreas Focais para Conexão da cidade de Curitiba-PR; b) Matriz de Custo de Direção para as Áreas Focais para Conexão.

Fonte: Lopes (2021).

Também foi calculado o custo de distância, representado de forma acumulativa à medida que se afasta da origem para o destino, no caso, as áreas focais para conexão. Embora a metodologia apresentada tenha sido aplicada entre os 26 fragmentos escolhidos, o procedimento mostrado na Figura 12 ilustra uma conexão (mapa 12a) criada de uma origem (Fragmento 1), para um destino (Fragmento 7), onde as cores mais quentes representam maior custo de deslocamento (mapa 12b).



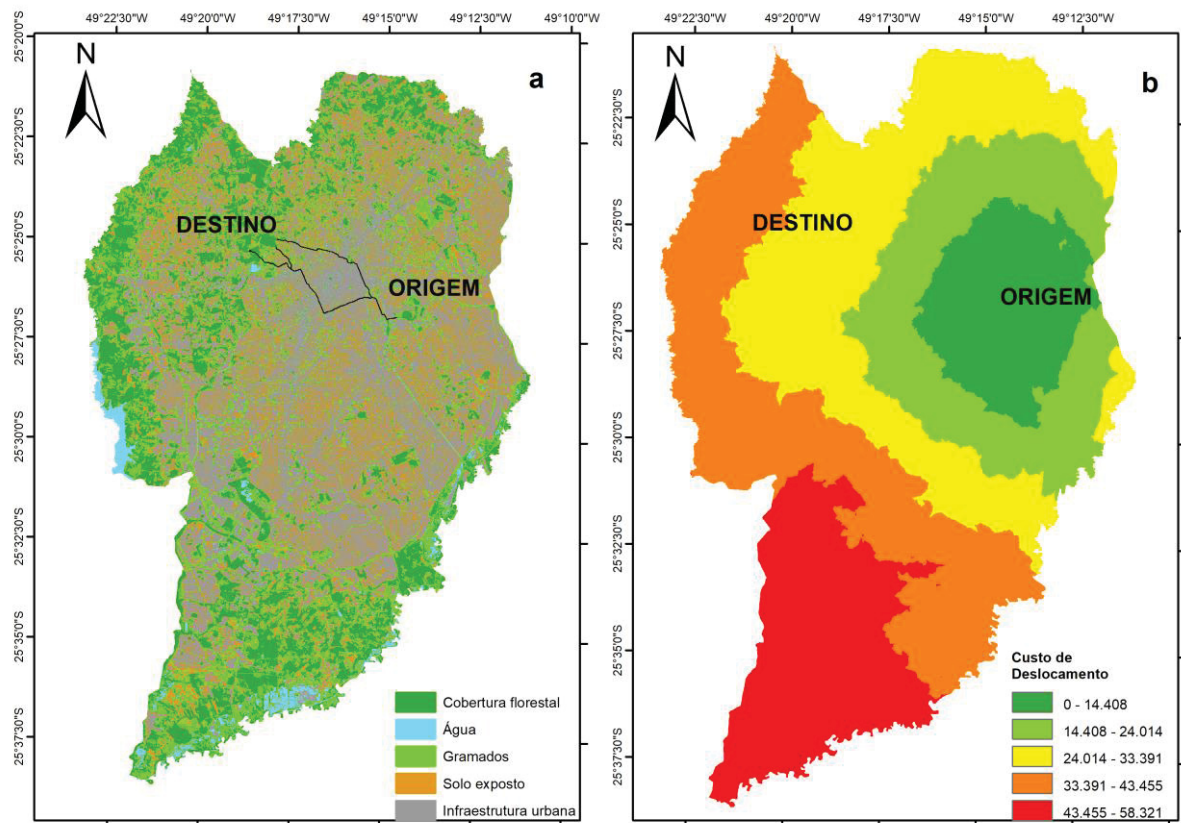


Figura 12. a) Exemplo de conexão de Áreas Focais – origem área 1 aos destinos 7 e 5; b) Matriz de custo de deslocamento da origem ao destino.

Fonte: Lopes (2022).

Munido dos dados supracitados, a modelagem de caminhos ocorreu baseada em superfície de resistência ponderada para a paisagem, avaliando a probabilidade de deslocamento com diferentes critérios avaliados, simulando uma rede de corredores conectando diversos fragmentos florestais representativos para o município (Figura 13).

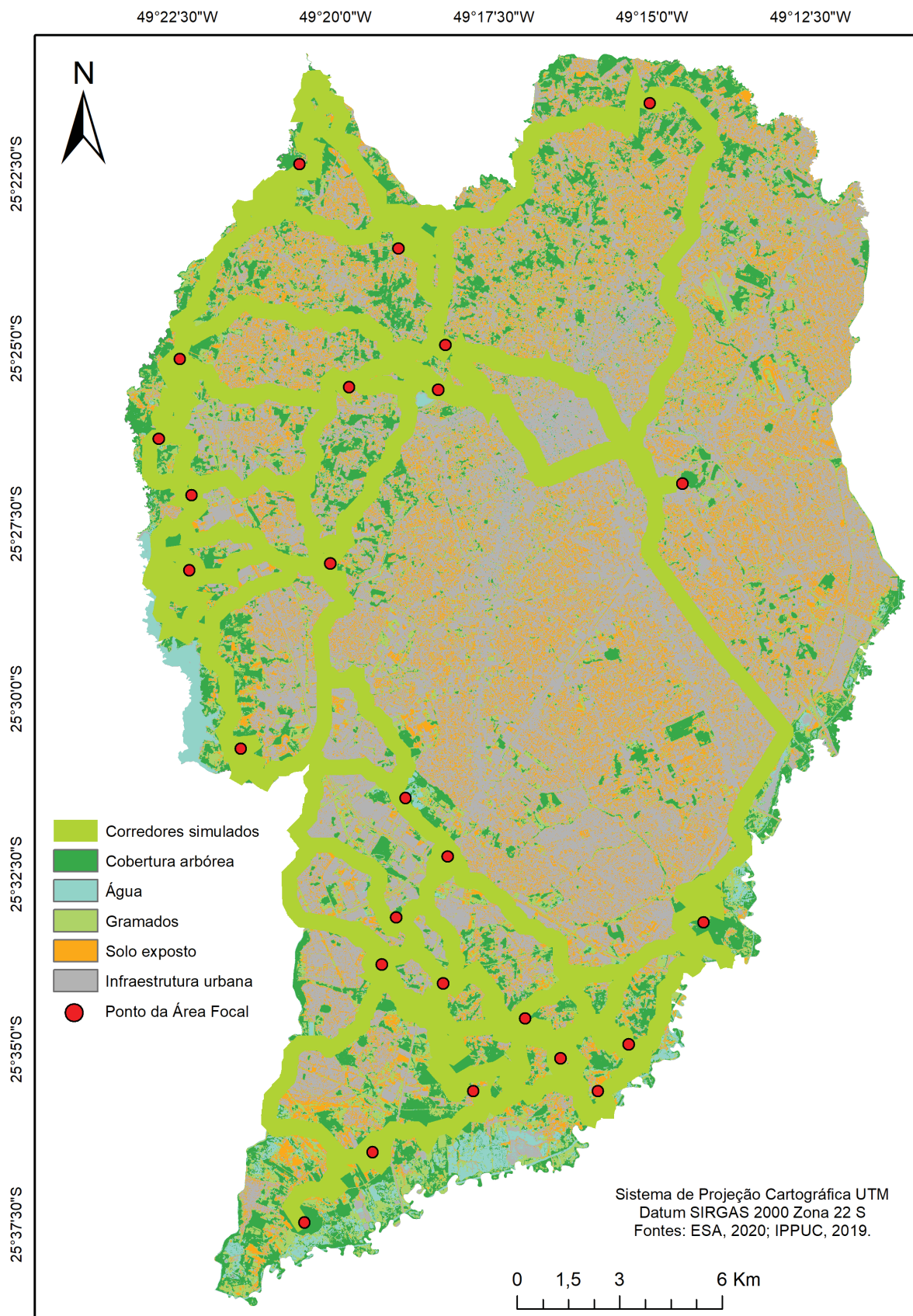


Figura 13. Buffer dos corredores verdes propostos para Curitiba.  
 Fonte: Lopes (2022).

Por apresentar formações de cobertura florestal com maiores áreas em relação ao centro da cidade, na periferia do município constou uma maior densidade de corredores simulados. Esses transados entre áreas verdes dessa região também apresentam menos distância de uma área focal para conexão à outra. É possível afirmar então que as regiões florestais da extremidade de Curitiba que propiciam mais opções de destino para o deslocamento da avifauna, em relação ao centro da cidade. Assim, verifica-se um sistema natural de corredores nas regiões mais afastadas do centro, reflexo de esforços desenvolvidos pela prefeitura de Curitiba na formação de um cinturão verde, ou linha verde, justamente criados com a finalidade de potencializar a conectividade entre habitats nas regiões de maior cobertura arbórea do município (GRISE, 2015).

#### 4.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE CORREDORES

Com base na classificação do *buffer* dos trajetos, foi evidenciado a eficácia do modelo de caminhos de menor custo, tendo em vista que as rotas contemplaram, em maior parte, as áreas de Cobertura arbórea (39%), seguido pela Infraestrutura urbana (25%), Gramados (19%), Solo exposto (16%), e Água com 1% (Figura 14). Tal resultado era esperado, uma vez definido que os elementos da infraestrutura urbana representam alta resistência ao movimento das espécies.

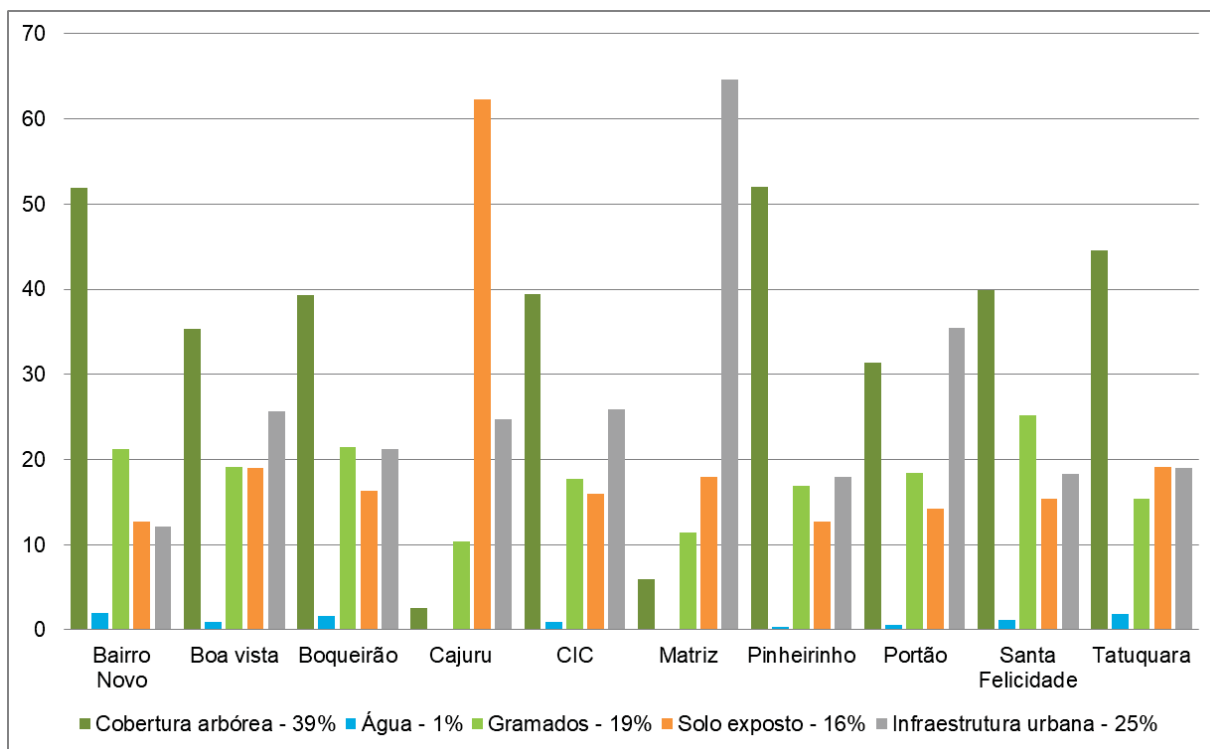


Figura 14. Gráfico da cobertura do solo dos corredores distribuídos por regionais.

Fonte: Lopes (2022).

Nas regionais Bairro Novo, CIC, Santa Felicidade e Tatuquara, é possível visualizar que já existe um certo sistema de corredores naturalmente estabelecidos, sendo necessário para esses locais intervenções com o intuito de aprimorar a conectividade já existente, associada às dimensões e proximidade dos fragmentos. Um panorama geral das regionais pode ser observado na Figura 15.

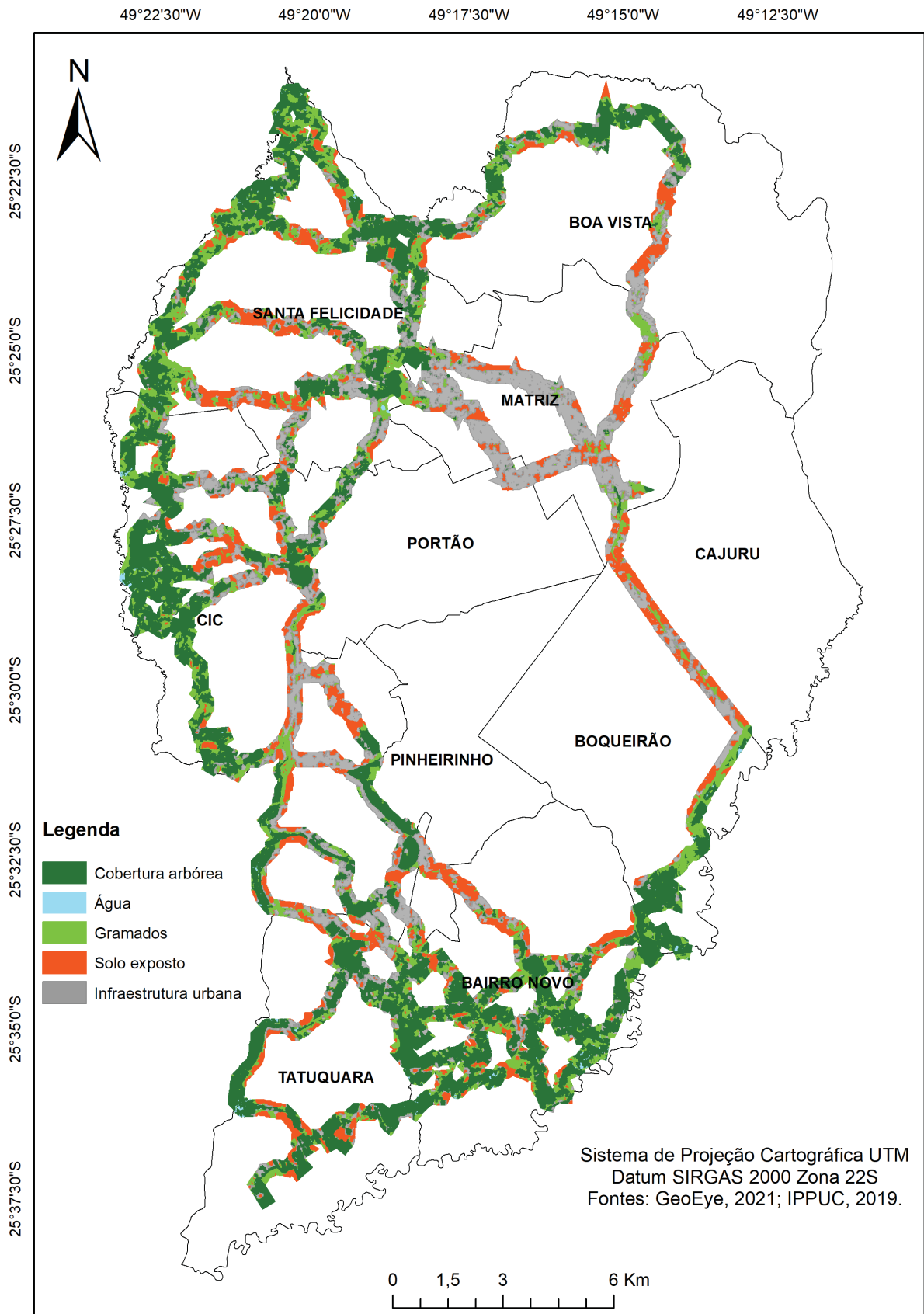


Figura 15. Ocupação do solo no buffer dos caminhos dos corredores.

Fonte: Lopes (2022).

As regionais Boqueirão e Cajuru apresentaram baixo percentual de ocupação pelos corredores, porém, representam grande importância para a conectividade da paisagem, uma vez que juntas, constituem um possível elo da APA do Iguazu à outra extremidade de Curitiba. Através do rio Belém, o caminho proposto estabelece essa conexão com a regional Matriz, que a partir de dois caminhos simulados se conecta com a próxima área focal para conexão, correspondente ao parque Barigui.

Pinheirinho e Portão apresentaram pouquíssima área com possibilidades para corredores, frente a um grande percentual da Matriz (não-habitat), denotando grande resistência dessa porção central do município para o trânsito de espécies.

Os corredores situados em Tatuquara, Santa Felicidade, Pinheirinho e Bairro Novo foram aqueles com maior presença de vegetação, possuindo acima de 40% de cobertura florestal. São essas as regionais que também possuem maior concentração de fragmentos remanescentes, o que as configura como *hotspots* para a criação de corredores ecológicos.

Analisando comparativamente as áreas totais dos corredores, é possível observar que na área mais urbanizada do município (porção central), onde concentram-se em maiores quantidades os tipos ocupação do solo que apresentam maior resistência ao movimento da avifauna, foram gerados poucos caminhos em relação as regiões periféricas da cidade.

Quanto a área total composta pelo sistema dos corredores, se destacaram CIC, Santa Felicidade e Bairro Novo, abrigando respectivamente 24,02%, 21,50% e 16,36% dos trajetos.

A quarta maior ocupação em área dos caminhos simulados foi da regional Tatuquara, contemplando 10,65% do total composto pelo sistema, seguida pela Matriz (9,89%), Boa Vista (6,74%), Boqueirão (5,64%), Portão (3,47%), Cajuru (1,07%) e Pinheirinho (0,64%)

Ficou evidente a relevância ambiental para o município das RPAs do Bairro Novo, Tatuquara, CIC e Santa Felicidade, as quais apresentaram menor taxa de infraestrutura urbana quanto as demais, e maior concentração de cobertura florestal e fragmentos remanescentes, culminando num subsistema de corredores mais complexo entre essas áreas. Juntas, estas regionais somam 72,53% da área total de caminhos simulados, passando por 156 áreas verdes. O subsistema formado pelos

corredores destas RPAs resulta num elo entre a porção sul da APA do rio Iguaçu e a APA do rio Passaúna, além de conectar importantes áreas verdes das regionais, localizadas em CIC: RPPNM Jerivá, Bosque do Trabalhador, Parques Municipal do Passaúna, Mané Garrincha, Cambuí, Guairacá, Mairi, o Parque Linear do Barigui, e o BCBU Ihabela. Os localizados em Bairro Novo são: RPPNMs Luiz Miqueleto e Umbará, e Parques Lago Azul e Natural Municipal do Iguaçu. Na área de Santa Felicidade se encontram: RPPNMs Caxinguelê, San Marino, Passaúna, Vila Clara, Tinguí, Barigui, Airumã, Jataí e Araçá, Parques Barigui e Tinguí, e o BCBU Santa Paula. Os caminhos de Tatuquara perfizeram a RPPNM Beppe Nichele, o Parque Yberê, e os BCBUs Tatuquara e Da Ordem.

Na região nordeste do município, mais um subsistema simulado conectou a APA do Iguaçu à APA do Passaúna. No sentido sul, os caminhos de Boqueirão se conectam ao Bairro Novo através das macrozonas da APA do Iguaçu (Fragmento 17 ao 20), ao norte, se associa aos caminhos do Cajuru seguindo o curso do rio Belém (Fragmento 17 ao 1) sentido centro, onde se subdivide na regional Matriz, ligando um caminho ao Parque Barigui (Fragmento 1 ao 7), e outro seguindo direcionado à Boa Vista (Fragmento 1 ao 2). Tanto os caminhos da Matriz quanto os da Boa Vista, por fim, destinam-se para a APA do Passaúna, ao cruzarem os Fragmentos 4, 5, 6 e 7. Porém, essa porção do município composta por Boqueirão, Cajuru, Matriz e Boa Vista apresentam em sua maioria fragmentos menores, além de concentração elevada de infraestrutura urbana e solo exposto, sobretudo no rio Belém e na regional Matriz. Assim sendo, a revitalização das Áreas de Preservação Permanente (APPs) do rio Belém é fundamental para o resgate da conectividade interrompida pelo centro da cidade. Por compor uma estrutura linear que perfaz uma rota estratégica, sua reabilitação tem potencial para transformá-lo num corredor ecologicamente funcional.

Nas regiões marginais ao município se concentra a maior riqueza de avifauna (Straube et al, 2014). De acordo com os autores, algumas regiões que circundam Curitiba podem servir como “áreas-fonte”, atraindo espécies para os habitats compostos pelo “cinturão verde” do Passaúna e Iguaçu, região onde constam os fragmentos remanescentes mais representativos quanto a diversidade de aves, capacidade impulsionada pela conectividade de áreas florestais verificada nesses locais, assim como mostra o sistema de corredores.

Outros estudos reforçam a associação dos corredores ripários com a presença de aves nativas cujas demandas ambientais são maiores do que espécies generalistas encontradas nos ambientes urbanos, sendo os espelhos d'água uma fonte de recursos limitante para a colonização de algumas espécies, sobretudo aquelas que dependem da transição entre habitats aquáticos e terrestres para nidificar (ARONSON et al., 2014; LYNCH et al., 2019). Mesmo em áreas com índices elevados de urbanização, como na região metropolitana de Boise, Idaho - EUA, McClure et al. (2015) obtiveram uma associação positiva das espécies analisadas em áreas de vegetação ciliar, composta por um corredor ripário do rio Boise, que cruza a cidade no meio. Assim como documentado no rio Boise, os resultados obtidos por Keten et al. (2020) no corredor formado pelo rio Asar, Düzce - TR, corroboram com os resultados previamente descritos. Dessa forma, embora exista uma relação da presença de pássaros com cobertura arbórea, os componentes da hidrografia das cidades devem ser prioridade na composição de corredores urbanos.

Entretanto, na contramão da lógica conservacionista emergente no mundo pautando a sustentabilidade dos centros urbanos, o Senado brasileiro, por meio da Lei nº 1.869 de 28 de outubro de 2021, alterou o Código Florestal, sobretudo no que tange o Parcelamento do Solo Urbano, atribuindo aos Planos Diretores Municipais a responsabilidade de determinar a dimensão da faixa não edificável sobre as matas ciliares de qualquer curso d'água natural em área urbana. Essas alterações, num país de dimensões continentais como o Brasil, podem causar uma série de consequências, ao abrir perspectiva para uma flexibilização na forma como os gestores municipais determinem a largura necessária para as APPs dos rios. A ameaça sobre esses ambientes pode ser acentuada, uma vez que algumas pequenas e médias cidades brasileiras podem não possuir estrutura administrativa adequada para o planejamento territorial no âmbito conservacionista.

Os corredores que conectam os fragmentos periféricos situados no cinturão verde Passaúna – Iguaçu foram aqueles que apresentaram melhores resultados quanto a capacidade de favorecer o movimento da avifauna. Além de possuírem elevados percentuais de cobertura florestal, nestas regiões estão concentrados a maioria dos fragmentos estipulados como áreas focais para conexão, o que reflete numa menor distância entre pontos de origem e destino. Para os locais propensos a serem utilizados como corredores, a recomendação padrão, a princípio, é conservar, recuperar e estimular o uso de vegetação nativa, especialmente nos locais mais



carentes de cobertura vegetal, com o incremento da arborização viária, e o envolvimento da gestão pública com os proprietários, para que busquem manejar seus jardins ou quintais podendo torná-los habitats constituintes de um sistema de corredores ecológicos (LYNCH et al, 2019). Segundo Straube et al. (2014), é de grande importância a conscientização popular para evitar o manejo inadequado de seus terrenos, como podas e desbastes desnecessários, assim como o uso de agrotóxicos. Ainda segundo os autores, existem casos emblemáticos em Curitiba, onde projetos foram alterados para que os edifícios contemplassem árvores de grande porte existentes antes da construção, poupando a remoção dos indivíduos.

Já os corredores que se conectam a Área 1, ao se aproximarem do centro apresentam situações opostas aos periféricos, refletindo em trajetos mais longos da origem ao destino. Nos caminhos, constam em sua maioria superfícies de infraestrutura urbana e solo exposto, denotando em risco para o movimento da avifauna e maior necessidade na concentração de esforços para incrementar a conectividade funcional no sentido central de Curitiba. Contudo, a RPA Matriz foi aquela com maior presença de áreas verdes registradas no zoneamento do IPPUC (2019), ou seja, são áreas da cidade que possuem certo grau de intervenções e manutenção, como parques e praças, que uma vez manejados adequadamente, são capazes de aumentar a permeabilidade e promover conectividade. Straube et al, (2014) documentaram notável presença de espécies frugívoras presentes nas regiões próximas ao centro de Curitiba, inclusive o jacuguaçu (*Penelope obscura*), indivíduo de grande porte que outrora eram avistados apenas nas redondezas do cinturão verde. Os autores também constataram presença da curucaca (*Theristicus caudatus*) na região centro-norte da cidade, espécie considerada incomum até nas regiões periféricas de maior aporte de cobertura florestal.

Assim sendo, é evidente que mesmo nas áreas densamente edificadas, pequenas porções de habitat com vegetação arbórea incrementam as opções de caminhos passíveis a serem utilizados pela avifauna, onde até mesmo uma árvore frondosa pode impulsionar uma rede funcional para o deslocamento das aves, até para as insetívoras, como a andorinha-pequena-de-casa (*Pygochelidon cyanoleuca*) e os andorinhões-de-chaminé (*Chautura meridionalis*), que geralmente são avistadas nos indivíduos de tipuana (*Tipuana tipu*) forrageando os invertebrados que procuram essa espécie de árvore especialmente na primavera (Straube et al. 2014). Além das espécies supracitadas, os autores relatam na região central de Curitiba a

presença de aves como o tucano-de-bico-verde (*Rhampastos dicolorus*), o sanhaçu papa-laranja (*Pipraeida bonariensis*), o guaxe (*Cacicus haemorrhous*), entre outros, que buscam recursos em espécies frutíferas exóticas presentes nos pomares dos jardins, especialmente nos períodos de escassez de recurso nos habitats naturais.

Avanços no âmbito da conectividade funcional e manejo das florestas urbanas são apontados como essenciais para assegurar a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas, reduzindo impactos da urbanização tanto sobre a manutenção da biodiversidade quanto nas pessoas, contemplando demandas sociais e ambientais (GRAVIOLA, RIBEIRO & PENA, 2022).

Em Curitiba, a n° 15.852 de 2021 estabelece como objetivos da Política de Conservação da Biodiversidade de alta aplicabilidade na implantação de corredores ecológicos urbanos:

Art. 2°...

....

XII - promoção da manutenção da qualidade ambiental da cidade com o plantio de flores, arbustos e árvores de preferência nativas, em todos os locais compatíveis;

XIV - manutenção e monitoramento da biodiversidade urbana considerando a conservação de ecossistemas, de espécies e do patrimônio genético;

XXI - desenvolvimento de ações que levem ao atendimento de resultados para o desenvolvimento sustentável. (CURITIBA, 2021).

Art. 37°...

...

IV - disciplinar a atuação do Município em relação aos serviços ecossistêmicos de forma a promover o desenvolvimento sustentável e aumentar a provisão desses serviços em todo o território;

V - contribuir para a mitigação e adaptação das mudanças climáticas por meio da conservação e recuperação dos ecossistemas naturais e antropizados, e da compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a conservação da biodiversidade”;

IX - proteger os ecossistemas e corredores ecológicos com a preservação e manutenção das áreas prioritárias para a conservação”, localizados respectivamente nos incisos IV, V e IX do Art. 37º. (CURITIBA, 2021).

Assim sendo, os resultados apresentados na presente pesquisa podem subsidiar algumas idéias a serem implementadas nos locais cruzados pelos caminhos, contribuindo com os objetivos do poder público. A sessão a seguir elabora algumas propostas de caráter executivo para a criação da rede de corredores ecológicos urbanos.

## **5 IMPLICAÇÕES PARA ESTABELECIMENTO DOS CORREDORES**

A definição dos locais apropriados para a implantação de corredores a partir da modelagem de caminhos de menor custo mostrou-se eficiente no estabelecimento da conectividade entre as áreas verdes mais representativas de Curitiba. Os espaços formados pelo sistema de corredores devem ser tratados e manejados como áreas de grande oportunidade ecológica por parte dos gestores públicos, para que no planejamento urbano hajam objetivos claros para otimizar o potencial avifaunístico da cidade, assim como desenvolver futuras políticas para a criação de corredores e *stepping stones* no contexto urbano.

O cruzamento dos corredores com o sistema viário revelou a localização das ruas contempladas pelos caminhos (Figura 16), que correspondem a espaços como calçadas e vias, possuindo grande potencial para o incremento da vegetação, através da arborização viária.

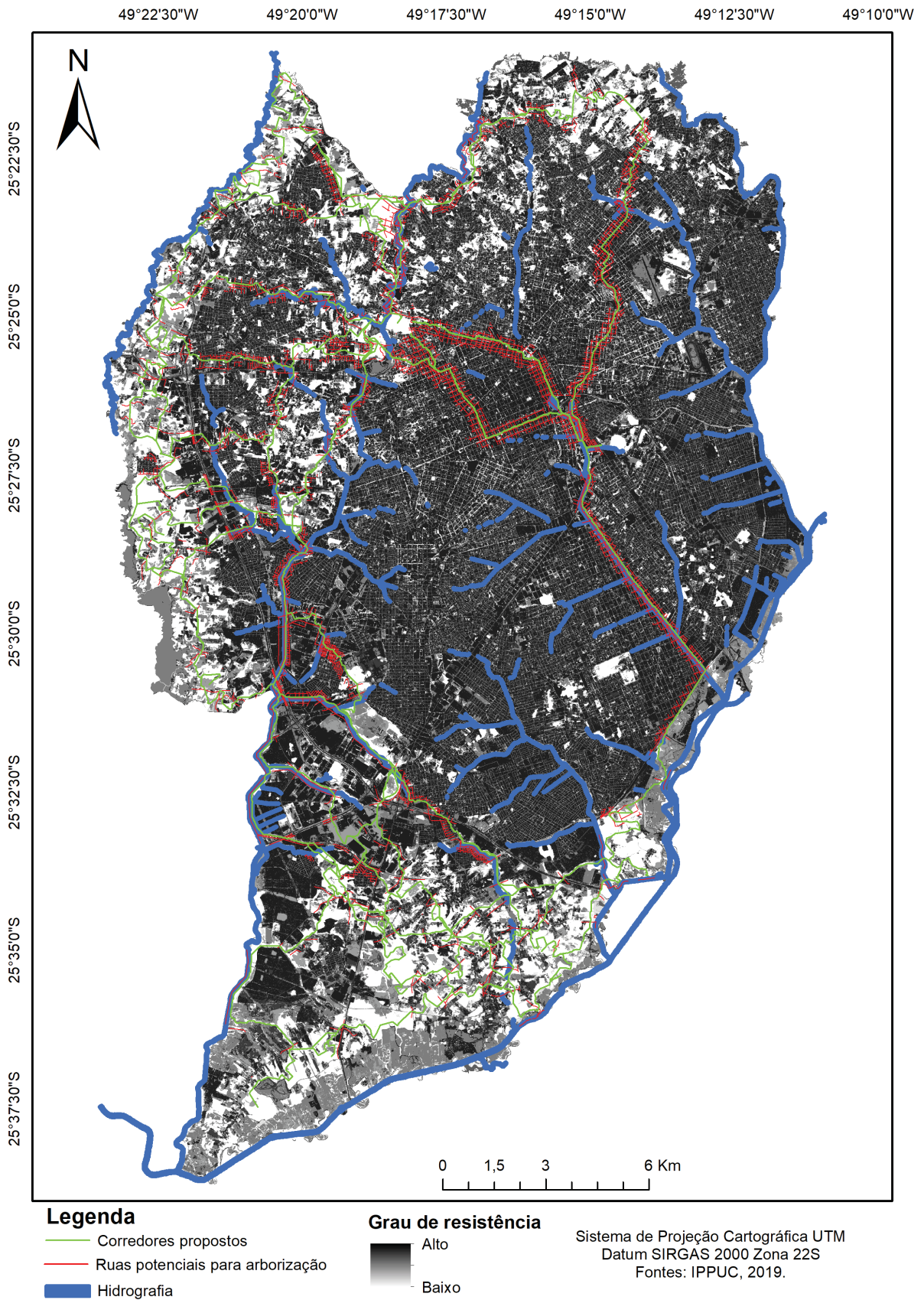


Figura 16. Mapa dos corredores propostos e áreas potenciais para compor o sistema.

Fonte: IPPUC (2019), elaborado por Lopes (2021).

Conforme esperado, a maior quantidade de arruamentos cruzados pelos corredores foi identificada do centro da cidade, em sua maioria estabelecem um elo com o Fragmento 1, cuja pressão exercida pela infraestrutura urbana é mais acentuada. Para esses caminhos são necessárias intervenções mais significativas referentes ao incremento da arborização de ruas. A estes locais podem ser destinados esforços coletivos, como campanhas de plantio (Figura 18), geralmente propostas pelas prefeituras. Desde que divulgadas apropriadamente, tais medidas podem reforçar o papel daqueles locais como corredores ecológicos, abrindo perspectiva para o engajamento popular em prol da conservação.



Figura 17. Plantio de mudas para arborização viária na Rua João Bettega, CIC

Fonte: Reis (2022).

O caminho do Fragmento 17 ao 1 contempla parte do rio Belém, que se encontra altamente poluído e com ocupações irregulares nos seus arredores. Sua

restauração é imprescindível para o enriquecimento da conectividade funcional da região central de Curitiba. Em seu estudo, Rudolpho (2020) destaca o potencial das APPs dos corpos hídricos urbanos, ainda que não conectem fragmentos de alta relevância ecológica, as regiões ripárias podem contribuir para a conectividade da paisagem como um todo. Dessa forma, a reabilitação das áreas ciliares resulta numa solução baseada na natureza, com múltiplos benefícios para a sociedade e para o movimento da avifauna. A respeito do tema, uma ação promovida em Nova Gales do Sul, na Austrália, estimula o plantio de vegetação nativa em quintais adjacentes aos cursos d'água, contribuindo para enlargar a influência dos corredores ripários (RUDOLPHO, 2020). Se aplicada no contexto de Curitiba, tal estratégia pode impulsionar a conectividade funcional de múltiplas áreas verdes, uma vez que seus fragmentos florestais mais significativos encontram-se em áreas de proteção ambiental cruzadas por rios.

Visto que algumas áreas dentro dos corredores são terrenos privados, o envolvimento e comprometimento dos proprietários nessas regiões é primordial. Através de estímulos (incentivos fiscais), os proprietários podem se dispor a colaborar, e participar ativamente no processo de construção dos corredores, onde a compilação de quintais de uma vizinhança, desde que manejados adequadamente podem servir de *stepping stones* para o movimento da avifauna (LYNCH, 2019). De certa forma, o entendimento de que suas propriedades fazem parte de uma grande estrutura paisagística de interesse público, constitui um atrativo para a o morador residente em um ambiente formado por um corredor ecológico, sobretudo quanto à valorização imobiliária.

As regiões da cidade que possuem menos edifícios e mais casas com quintais ou até condomínios com extensas áreas cobertas por vegetação são prevalentes na região periférica, cujo uso do solo é restrito para certos tipos de construções devido as APAs dos rios Passaúna e Iguaçu. Essa característica reflete num subsistema de corredores com maior cobertura florestal e distâncias mais curtas conectando os fragmentos.

Alguns instrumentos de gestão territorial podem estimular a recuperação da vegetação arbórea nos lotes privados cruzados pelos caminhos, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), IPTU verde, assim como a outorga onerosa do direito de construir, a transferência do direito de construir, bem como o incentivo à criação de RPPNs, a depender do porte do terreno (RUDOLPHO, 2020). Para estas

regiões das extremidades de Curitiba, que possuem certa restrição quanto ao uso do solo e apresentam menor fluxo de veículos, além do plantio de árvores nativas, outras medidas mitigatórias poderiam ser impulsionadas pela gestão pública, como sinalizações de alerta, redutores de velocidade, restrição de circulação quanto ao porte dos veículos, substituição de via por ciclofaixa, adaptação da rede de fiação elétrica e dos tipos de luzes dos postes, e estímulo da adoção de vagas verdes. Em espaços onde a implantação da vegetação é incompatível com a largura da calçada, a árvore pode ser plantada na própria via, podendo ser uma técnica que obriga os motoristas a desacelerar e viajar com cautela, conhecida como *Woonerf* (LOCATELLI, 2018).

Vale destacar a importância das áreas verdes públicas como componentes do sistema, sobretudo nas regiões centrais e carentes de cobertura florestal. Como mencionado, a regional Matriz é a detentora da maior quantidade (76) de áreas verdes em seus caminhos, embora possua em seu território, quase todo composto por infraestrutura urbana. Mesmo a vegetação escassa concentrada nas tipologias amostradas, ela pode ser capaz de impulsionar a conectividade mesmo nas regiões mais fragmentadas dos centros urbanos, sendo estas frequentemente utilizadas como *stepping stones* no movimento de pássaros e outros organismos (LYNCH, 2019). Assim sendo, medidas para a substituição de superfícies impermeáveis por cobertura arbórea em praças e parques nas regiões centrais podem aumentar as opções para a avifauna pela paisagem. No âmbito federal, tal lacuna pode ser preenchida com a execução citada pelo Estatuto da Cidade, que na Lei Federal nº 10.527, de julho de 2001, regulamentou a política urbana nacional e definiu diversas diretrizes e instrumentos com aplicabilidade nas áreas verdes urbanas (BRASIL, 2001).

Planejar a paisagem urbana de modo a transformá-la num sistema interconectado de áreas verdes é apontado como diretriz para alcance da sustentabilidade das cidades. Para caminhar nesse sentido, é necessário a inclusão dos termos “corredores ecológicos” e “infraestrutura verde” nos debates acerca do planejamento urbano. Com seus múltiplos usos e benefícios mencionados anteriormente, a criação desse tipo de corredores tem melhorado a qualidade de vida mundo afora (GRAVIOLA, RIBEIRO & PENA, 2022).

Ao considerar a perspectiva de movimento das aves no planejamento das áreas verdes, diversos indicadores podem ser traduzidos em boas práticas para o

enriquecimento da conectividade funcional nas cidades, beneficiando também outros organismos e os cidadãos (STRAUBE et al, 2014; LOCATELLI, 2018; LYNCH, 2019; GRAVIOLA, RIBEIRO & PENA, 2022).

Estudos com dados espaciais de larga escala, como o limite municipal, se restringem na análise do macro planejamento da rede de corredores, promovendo um guia para futuros projetos de intervenções pontuais, de acordo com a prioridade apontada para locais específicos na paisagem (ZHOU, VAN DEN BOSCH, CHEN, ZHANG & DONG, 2022). A partir do mapeamento das áreas prioritárias, é possível sistematizar as ações de campo, cronogramas de execução, elaboração de orçamentos, e toda parte logística que couber nas atribuições dos órgãos competentes. Assim sendo, o compilado de áreas verdes e corpos hídricos cruzados pelos caminhos prioritários para potenciais corredores se encontra nos Anexos (ANEXO 1 e 2), permitindo a visualização da localização exata para a concentração de esforços por parte do poder público, além de servir como base para futuras pesquisas.

Além das recomendações pertinentes à implantação de ferramentas de infraestrutura verde, é válido incluir a rede de corredores aqui descrita como áreas prioritárias no zoneamento municipal, assim como no plano de arborização urbana da cidade. Dessa forma, possibilitando objetivos claros que contemplem as diferentes condições evidenciadas ao longo dos caminhos. Na próxima seção, serão propostas intervenções a locais específicos dos corredores.



## **6 PROPOSTA DE MEDIDAS PARA INCREMENTO DA ARBORIZAÇÃO NOS CORREDORES**

### **6.1 CORREDOR 1-17**

As medidas propostas a serem adotadas no corredor 1-17 (Figura 18) são as seguintes:

- a) Concentração de esforços para que a Linha Verde não inviabilize o fluxo de organismos promovido pelo rio, recomendando-se o plantio de nativas dos arredores da Praça Abílio de Abreu à rua do Canal do rio Belém;
- b) Conversão das ruas do Canal do Rio Belém em ruas verdes, em todo o percurso da Linha Verde até a Sanepar, além do estímulo do plantio de nativas nas vias destacadas, promover a conscientização dos residentes próximos ao canal para que façam o mesmo;
- c) Plantio de nativas na arborização viária na extremidade de Boqueirão, margeando o Parque Náutico e a Estrada de Ferro, além da conscientização dos moradores na proximidade sobre o manejo dos quintais.

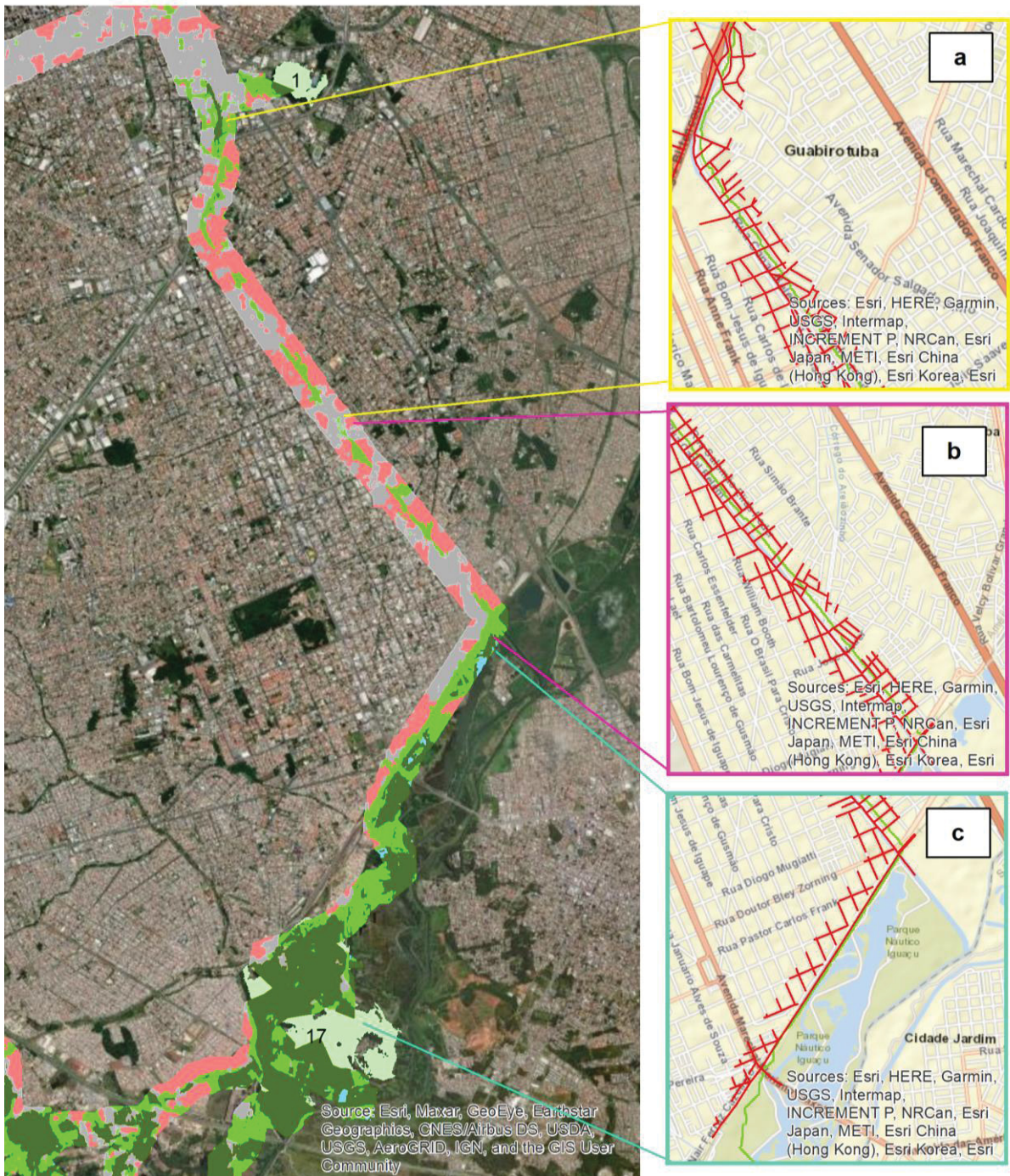


Figura 18. Corredor entre os fragmentos 1 e 17.

## 6.2 CORREDOR 2-1

As medidas propostas a serem adotadas no corredor 2-1 (Figura 19) são as seguintes:

- a) Recomenda-se o incremento da arborização viária nas regiões paralelas às Avenidas Paraná e José Merhy, até o sentido do Graciosa Country Club;
- b) Conversão dos arruamentos que margeiam o caminho ocioso da antiga Ferrovia, como a Rua Flávio Dellagrave, em ruas verdes até as proximidades do Estádio Durival Britto e Silva;
- c) Conversão dos arruamentos que margeiam o Rio Belém em ruas verdes e medidas para mitigar o impacto do cruzamento dos corredores com o Viaduto Colorado, Avenidas Prefeito Omar Sabbag e Dr. Dário Lopes dos Santos.

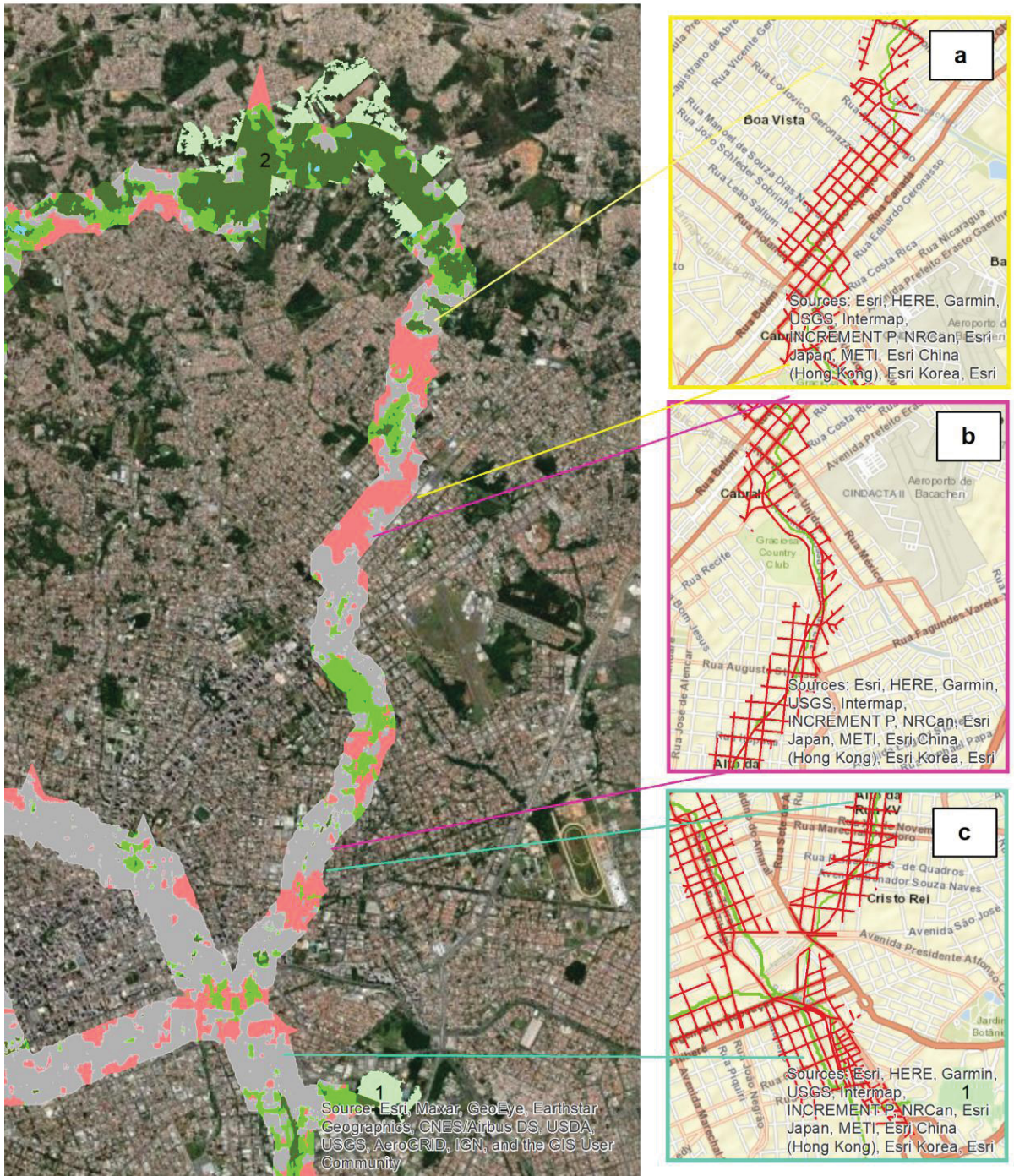


Figura 19. Corredor entre os fragmentos 1 e 2.

### 6.3 CORREDORES 1-7 E 1-5

As medidas propostas a serem adotadas no corredor 1-7 e 1-5 (Figura 20) são as seguintes:

- a) Estímulo da conscientização dos moradores dos arredores do Barigui sobre o manejo adequado de seus quintais como integrantes de parte de um corredor ecológico urbano, além disso, deve ser estimulado o plantio de espécies nativas na arborização viária nas proximidades da Avenidas Manoel Ribas e Cândido Hartmann;
- b) Conversão para ruas verdes da Avenida Pres. Getúlio Vargas até a Rua Coronel Dulcídio, continuando como rua verde até a Praça da Espanha, onde o estímulo na arborização com nativas deve seguir até a Rua Padre Anchieta. Conversão da Rua Mariano Torres em rua verde, até os arredores do Passeio Público, onde o caminho é direcionado para a Rua Paulo Martins, também recomendada para conversão em rua verde;
- c) Recomendam-se medidas para que todas as avenidas e viadutos nos arredores do Estádio Durival de Brito e Silva impactem menos o fluxo dos corredores, incluindo também a conscientização dos residentes do entorno do subsistema a manejarem seus quintais como habitat;

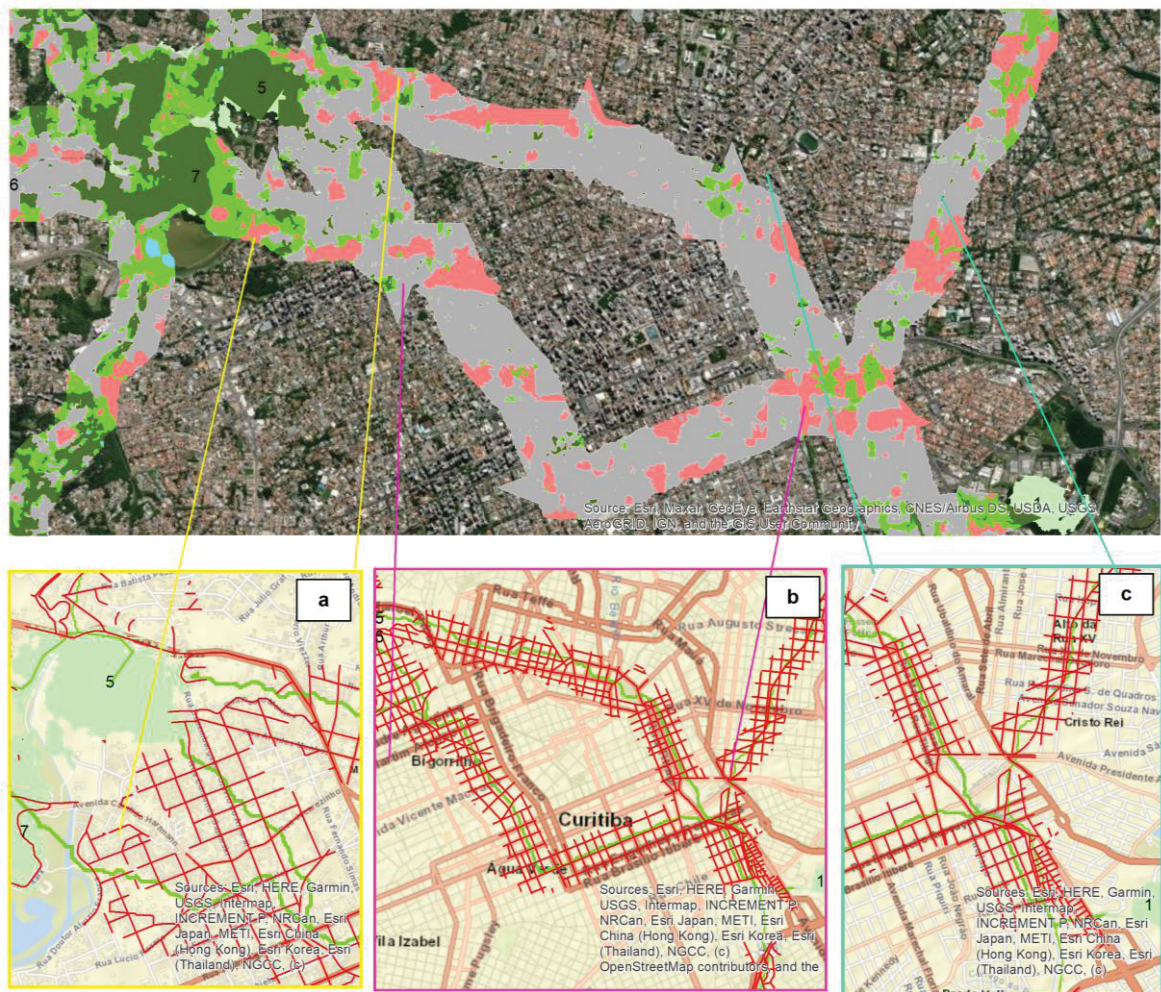


Figura 20. Corredores entre os fragmentos 1, 7 e 5.

#### 6.4 SUBSISTEMA DE CORREDORES CONECTANDO OS FRAGMENTOS 15, 16, 18, 19, E 21

As medidas propostas a serem adotadas no subsistema de corredores conectando os fragmentos 15, 16, 18, 19 e 21 (Figura 21) são as seguintes:

- a) Caminho 15-21: Recomenda-se a mitigação dos impactos das rodovias sobre o caminho proposto nos cruzamentos com a Rodovia Régis Bittencourt no sentido do trevo cruzado pela BR 115. É recomendado ainda a arborização com espécies nativas por toda a Rua Nicola Pellanda, a partir da BR no sentido do Cemitério Parque São Pedro. Além disso, ficou em evidência a necessidade da conversão da Rua Irmã Vitorina Meneghetti inteira para rua verde;

- b) Caminho 15-16: Recomenda-se a mitigação dos impactos do trevo da BR 115 com a Rodovia Régis Bittencourt, além de outro ponto de cruzamento da BR 116 na imediação da Subestação Tatuquara – COPEL;
- c) Caminho 16-19: Mitigação dos efeitos da BR 116 no ponto que se destina a Rua João Batista Bettega Júnior;
- d) Caminho 16-18: Plantio de arborização viária com nativas na Estrada Delegado Bruno de Almeida.

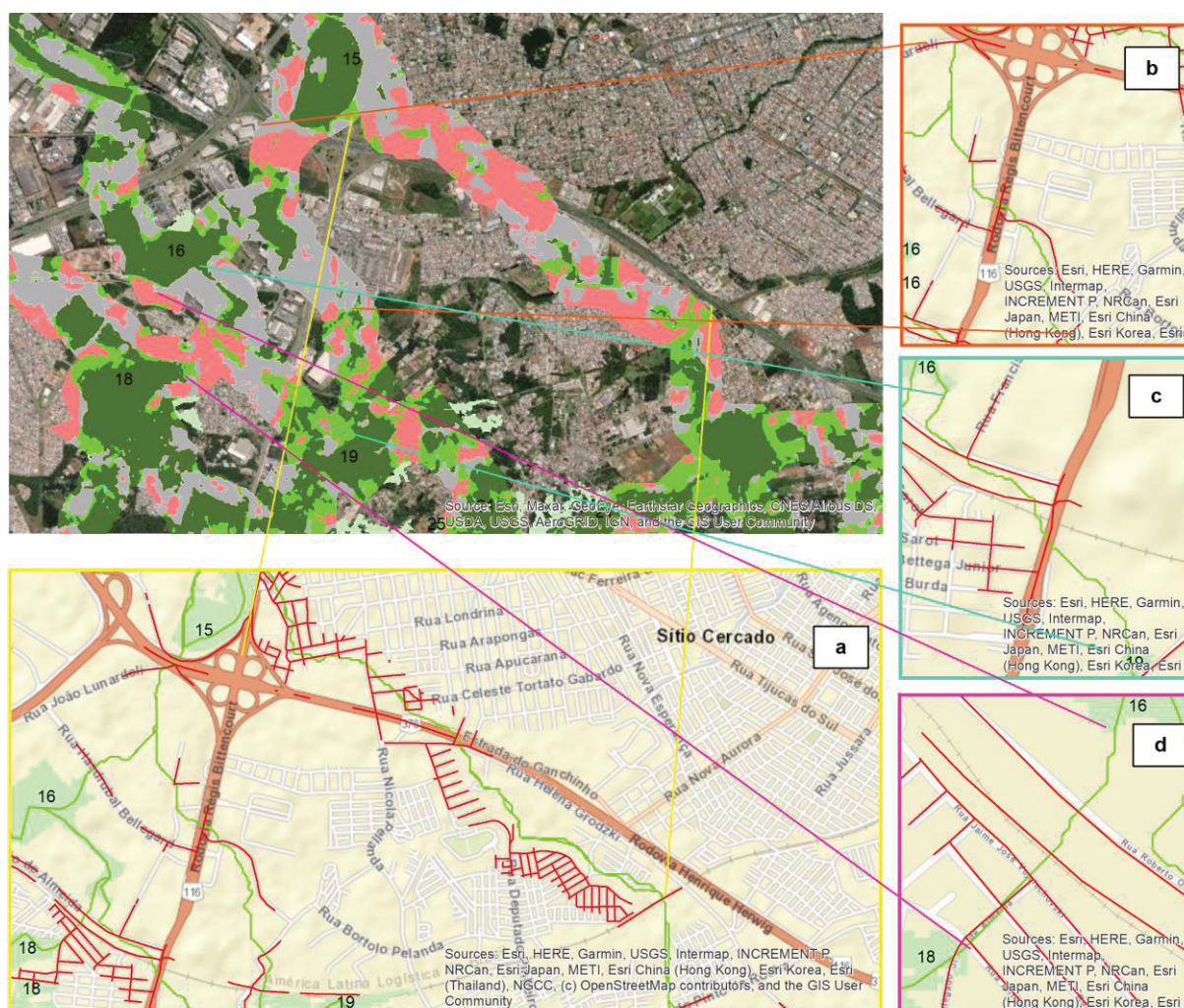


Figura 21. Corredores entre os fragmentos 15, 16, 18, 19 e 21

## 6.5 SUBSISTEMA DE CORREDORES CONECTANDO OS FRAGMENTOS 10, 11, 12, 13 E 14

As medidas propostas a serem adotadas no subsistema de corredores conectando os fragmentos 10, 11, 12, 13 e 14 (Figura 22) são as seguintes:

- a) Caminhos 11-12 e 11-10: Para os dois caminhos apontados, recomenda-se a mitigação nos vários pontos de cruzamento com a BR 376;
- b) Caminho 13-14: Conversão das Ruas Ruy Fonseca Itiberê da Cunha em ruas verdes, no sentido da BR 376, sendo mais um ponto que deve ser analisado para mitigar os impactos da rodovia no caminho;
- c) Caminhos 11-13 e 11-14: Conversão das ruas que margeiam o Rio Barigui, partindo do Parque Cambuí até o Parque Mané Garrincha em ruas verdes, assim como a conscientização dos moradores próximos ao caminho a manejarem seus quintais como habitat, estimulando o plantio de nativas. Além do Estímulo à arborização viária nos arredores da Rua Décio Barreto e transversais, bem como conscientização dos moradores próximos sobre o manejo de seus quintais como habitat.

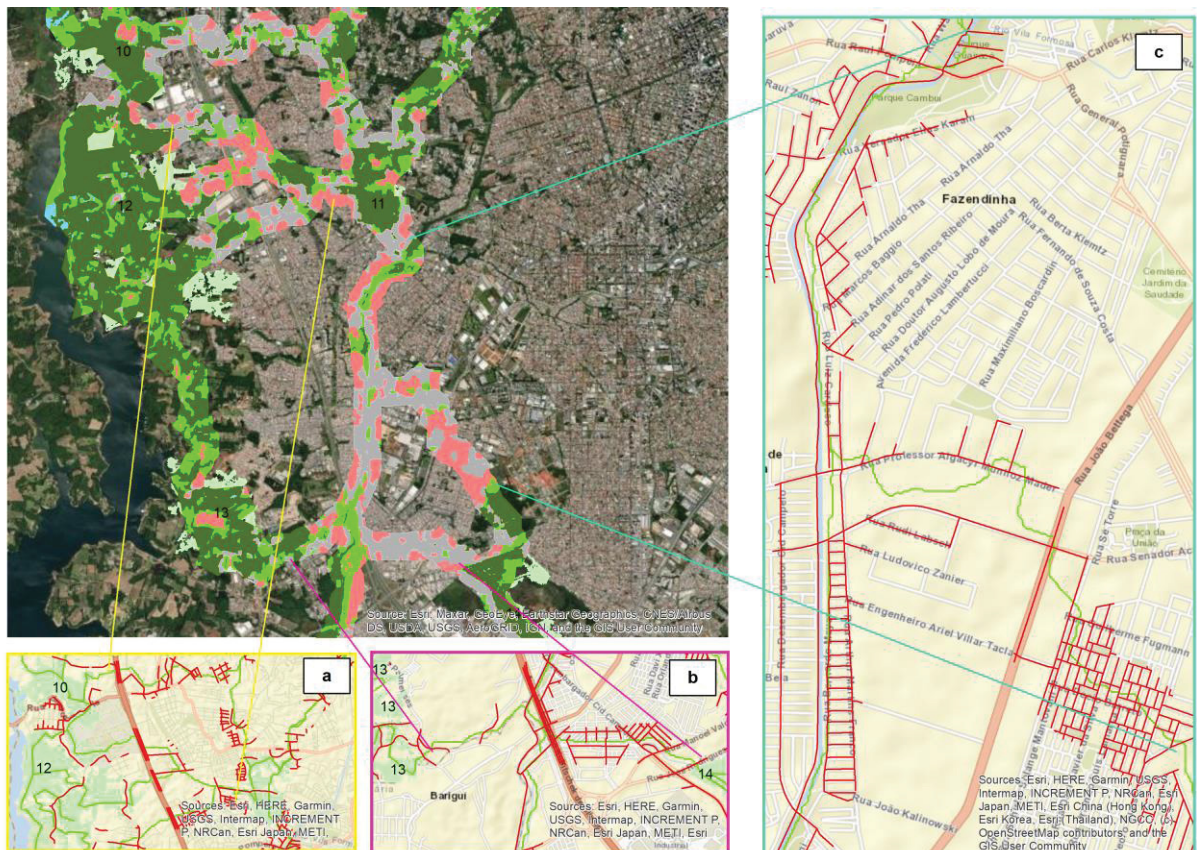


Figura 22. Corredores entre os fragmentos 10, 11, 12, 13 e 14



## 7 CONCLUSÃO

Com esta pesquisa foi possível caracterizar a conectividade estrutural da cobertura florestal do município de Curitiba, assim como quanto a simulação de um sistema de corredores que pudesse potencializar um elo de ligação entre áreas de grande importância ecológica da cidade.

Quanto ao sistema composto pela floresta urbana, foi evidenciado uma alta heterogeneidade em sua distribuição, com a diminuição da cobertura florestal das periferias ao centro da cidade. O que mostrou um sistema coeso e de alta relevância biológica na periferia da cidade, sobretudo nas regionais Santa Felicidade, Cidade Industrial de Curitiba, Bairro Novo e Tatuquara, situadas em extremidades do município.

A avaliação da fragmentação dos habitats permitiu a seleção de áreas focais para conexão espalhada por todo território da cidade, os quais representam percentual significativo de cobertura florestal na paisagem. Desde que implementado o sistema de corredores que conectem esses habitats, inúmeros serviços ecossistêmicos como o habitat para migração de espécies, e, por consequência, e benefícios sociais, como recreação, embelezamento cênico, desenvolvimento econômico e imobiliário.

A modelagem de caminhos pelo método do menor custo potencializou o estabelecimento de corredores interconectando as áreas focais para conexão, mostrando clara preferência na utilização da cobertura florestal na construção dos trajetos, perfazendo diversas ruas arborizadas e áreas verdes de Curitiba.

No decorrer do texto, foram mencionadas diretrizes para o avanço da sustentabilidade nas cidades, e medidas a serem implementadas para incremento da arborização nos caminhos propensos a serem utilizados como corredores. O estudo foi capaz de propor modelo efetivo que poderá embasar políticas públicas de incremento quanto a sustentabilidade e ecologia da paisagem de Curitiba.

Diante do exposto, a presente pesquisa busca contribuir para a conservação da natureza em Curitiba, já conhecida como capital ecológica, fomentando a divulgação científica sobre a criação de corredores ecológicos urbanos, apontando medidas ou recomendações que uma vez implementadas trazem múltiplos benefícios para as cidades e para a manutenção da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

- ABILHÔA, V.; AMORIN, R. Effects of urbanization on the avian community in a southern Brazilian city. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Paulo-SP, v. 25, p. 31-39, 2017.
- ALMEIDA, A. R.; ZEM, M. L.; BIONDI, D. Relação observada pelos moradores da cidade de Curitiba-PR entre a fauna e árvores frutíferas. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.4, n.1, p.3-20, 2009.
- AMORIN, R. R. **Urbanização como fator de distribuição da avifauna em Curitiba, Paraná, Brasil**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Curitiba, 2015.
- ARONSON, M. F. J.; LA SORTE, F. A.; NILON, C. H.; KATTI, M.; GODDARD, M. A.; LEPCZYK, A.; PAIGE, S. W.; NICHOLAS, S. G. W.; CILLIERS, S.; CLARKSON, B.; DOBBS, C.; DOLAN, R.; HEDBLUM, M.; KLOTZ, S.; KOOIJMANS, J. L.; KÜHN, I.; MACGREGOR-FORS, I.; MCDONNELL, M.; MÖRTBERG, U.; PYSEK, P.; SIEBERT, S.; SUSHINSKY, J.; WERNER, P.; WINTER, M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. **Proc. R. Soc. B**, Londres, Inglaterra. v. 281:20133330. 2014
- ARONSON, M. F. J.; LEPCZYK, C. A.; EVANS, K.L.; GODDARD, M.A.; LERMAN, S. B.; MACIVOR, J. S.; NILON, C. H.; VARGO, T. Biodiversity in the city: Key challenges for urban green space management. **Frontiers in Ecology and the Environment**. Washington, DC - US, v. 15, p. 189–196, 2017.
- BARBOSA, K. V. C. RODEWALD, A. D.; RIBEIRO, M. C.; JAHN, A. E. Noise level and water distance drive resident and migratory bird species richness within a Neotropical megacity. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 197, p. 1-14, 2020.
- BHATKI, T.; PENA, J. C.; RODRIGUES, M. Unplanned Urban Growth and Its Potential Impacts on Bird Species in a South American City. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27(2), 2019.
- BHATTACHARYYA, M.; CHAKRABORTY, S. K. Of Honeyguides and Humans - A unique interspecific association formed over honey. **SCIENCE AND CULTURE**, Kolkata – Índia, v. 83, v. 3-4, p. 103 - 107, 2017.
- BIONDI, D. **Floresta urbana**. Curitiba, 2015.
- BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. Distribuição espacial e toponímia das praças de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba - SP, v. 7, n. 3, p. 31-43, 2012.

**BRASIL.** Lei Federal n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Presidência da República - Casa Civil, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

**BRASIL. Lei nº 10.527, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.thm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.thm). Acesso em: 08 Ago. 2021.

**BRASIL. Lei nº 1.869, de 28 de outubro de 2021.** Altera o Código Florestal e demais legislações correlatas, para definir o conceito de áreas urbanas consolidadas e dispor sobre as faixas marginais de qualquer curso d'água, bem como trata da consolidação das obras já finalizadas nessas áreas. Brasília, DF: Senado Federal, 2021. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8971066&ts=1641315594162&disposition=inline>. Acesso em: 08 Jan. 2022.

BRAAKER, S.; GHAZOUL, J.; OBRIST, M. K.; MORETTI, M. Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs. **Ecology**, Washington, 95(4), p. 1010-1021, 2014.

CASAROTI, C. J.; SILVEIRA, F.; CAMARA, G. S.; SOUSA, L. A. S.; CENTENO, J. A. S. Verificação do código florestal atual em APP de rios perenes e intermitentes no contexto urbano da cidade de Curitiba. **Atena Editora: Geociências: A História da Terra**, Ponta Grossa- PR, cap. 17, p. 198-211, 2021.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. N. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 25, p. 125-142, 2008.

CURITIBA. Lei nº 15.852 de 1 de Julho de 2021. **Dispõe sobre a política municipal de proteção, conservação e recuperação do meio ambiente e dá outras providências.** Curitiba – PR.

CURITIBA. **Perfil de Curitiba.** 2018. Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CURCIO, G. R. 2002. **Solos da Bacia de Curitiba.** Curitiba, edição do autor, mimeografada.

CURCIO, G. R. **Caracterização geomorfológica, pedológica e fitossociológica das planícies fluviais do Iguaçu, Paraná, Brasil.** 2006. Tese (Doutorado). Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DAVIES, Z. G.; MARIN, D.; FISCHER, J. C.; FULLER, R. A. Biodiversity and Health: Implications for Conservation. **Springer**, Biodiversity and Health in the face of Climate Change. c. 12, p. 283 - 294, 2019.

DOMÍNGUEZ-LÓPEZ, M. E.; ORTEGA-ÁLVAREZ, R. The importance of riparian habitats for avian communities in a highly human-modified Neotropical landscape. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, Cidade do México, n. 85, p. 1217-1227, 2014.

ENDLICHER, W.; LANGNER, M.; HESSE, M.; MIEG, H. A.; KOWARIK, I.; HOSTERT, P.; KULKE, E.; NÜTZMANN, G.; SCHULZ, M.; VAN DER MEER, E.; WESSOLEK, G.; WIEGAND, C. Urban ecology—Definitions and concepts. In **Shrinking Cities: Effects on Urban Ecology and Challenges on Urban Development**, Frankfurt, p. 1–13, 2007.

**ESA. (2015).** ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services (K. Fletcher, Ed.). ESA Communications

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **Getting know Arcview GIS: the geographic information system (GIS) for everyone.** United States of America, v. 2, 1997.

FORMAN, R. T. T.; GODRON M. **Landscape ecology.** USA: J. Wiley, 1986.

FRISCHENBRUDER, M. T. M.; PELLEGRINO, P. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 76, p. 67-78, 2006.

GADELHA, J. P. N.; AGUIAR, A. O.; MARINO, C. E. C. Fragmentação e o planejamento municipal da mata atlântica para elaboração do corredor ecológico no Estado de Santa Catarina Município de Itapoá. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã - SP, v. 07, n. 52, p. 105-116, 2019.

GARCIAS, C. M.; BOLLMANN, H. A.; BERTOLINO, A.; CIDREIRA, L. E. Revitalização de rios urbanos: estudo de caso da bacia do rio Belém, Curitiba-PR. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, vol. 6, n. 2, p. 6088 – 6096, 2020.

GRISE, M. M. M. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial.** 2015. 147 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, 2015.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. Distribuição espacial e cobertura de vegetação das tipologias de áreas verdes de Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 498-510, 2016.

GRAVIOLA, G. R.; RIBEIRO, M. C.; PENA, J. C. Reconciling humans and birds when designing ecological corridors and parks within urban landscapes. **Ambio**, v. 51, p. 253-268, 2022.

GUIMARÃES, M. M. **A influência da arborização urbana e do ruído sobre a avifauna do plano piloto de Brasília.** 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Brasília. Brasília, 2020.

HAGEN, E. O.; HAGEN, O.; IBÁÑEZ-ÁLAMO, J. D.; PETCHEY, O. L.; EVANS, K. L. Impacts of Urban Areas and Their Characteristics on Avian Functional Diversity. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Lausanne – Suíça, v. 5 (84), 2017.

HESSELBARTH, M. H. K.; SCIAINI, M.; WITH, K. A.; WIEGAND, K.; NOWOSAD, J. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, New Jersey, v. 42, p. 1648-1657, 2019.

HORTE, O. L.; EISENMAN, T. S. Urban Greenways: A systematic Review and Typology. **Land**, Basel – Suíça, v. 9 (40), 2020.

**INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC).** Curitiba em dados. Disponível em: <[http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba\\_em\\_dados\\_Pesquisa.htm](http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm)> Acesso em 12 dezembro 2020.

JEONG, D.; KIM, M.; SONG, K.; LEE, J. Planning a Green Infrastructure Network to Integrate Potential Evacuation Routes And The Urban Green Space in a Coastal City: The Case Study of Haeundae District, Busan, South Korea. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 761, 10 p. 2021.

KETEN, A.; EROGLU, E.; KAYA, S.; ANDERSON, J. T. Bird diversity along a riparian corridor in a moderate urban landscape. **Ecological Indicators**, Amsterdã, v. 118, 106751 p. 2020.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **International Biometric Society**, Washington, DC, In: *Biometrics*, v. 33, p. 159 - 174, 1977.

LEPCZYK, C. A.; ARONSON, M. F. J.; EVANS, K. L.; GODDARD, M.; LERMAN, S. B.; MACIVOR, J. S. Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation. **BioScience**, Washington, v. 67, p. 779-807, 2017.

LEVEAU, L. M.; Primary productivity and habitat diversity predict bird species richness and composition along urban-rural gradients of central Argentina. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, n. 43, 2019.

LIMA, I. S. C. **A INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM, CONECTIVIDADE DA PAISAGEM E DA QUALIDADE DO FRAGMENTO FLORESTAL SOBRE AS PROPRIEDADES DAS REDES DE AVES FRUGÍVORAS EM AMBIENTE URBANO.** 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia da Conservação) – Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

LOCATELLI, M. M. **Ecologia da paisagem para o planejamento da infraestrutura verde da cidade de São Paulo**, SP. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Piracicaba, 2018.

LOVATE, T. B. **EXPANSÃO URBANA E MEIO AMBIENTE: Uma análise do Corredor Ecológico Duas Bocas-Mestre Álvaro – ES.** 2019. 194 f. Dissertação

(Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2019.

LUÇOLLI, S. C.; KOCH, Z. **Observando aves em Curitiba, um roteiro prático**. Curitiba, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1993, s.p.

LYNCH, A. J. Creating effective urban greenways and stepping stones: four critical gaps in habitat connectivity planning research. **Journal of Planning Literature**, Athens, Ohio - USA, 2019, vol. 34(2), p. 131 - 155.

MAGRE, J. M.; JUNÇA, M. B.; CAMPANERA, J. M.; PAGÈS, A. B.; MALLÉN, I. R.; ZARAGOZA, R. M.; MATEO, S. S.; BARBERA, M. P.; LOZANO, C. B. How urban green management is influencing passerine bird's nesting in the Mediterranean: A case study in a Catalan city. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, n. 41, p. 221-229, 2020.

MAMEDE, S.; BENITES, M. Identificação e Mapeamento de Hotspots para observação de aves: Indicadores socioambientais e roteirização turística em Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 409 - 434, 2020.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; FILHO, D. F. S. ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA DE CURITIBA. **FLORESTA**, Curitiba - PR, v. 47, n. 2, p. 137-144, 2017.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. A influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v.28, n.3, p. 997-1007, 2018.

MCCLURE, C. J. W.; KORTE, A. C.; HEATH, J. A.; BARBER, J. R. Pavement and riparian forest shape the bird community along an urban river corridor. **Global Ecology and Conservation**, Amsterdã n. 4, p. 291-310, 2015.

MELLO, K. de; TOPPA, R. H.; CARDOSO-LEITE, E. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between Atlantic forest and cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 3, p. 277-288, 2016.

MENDONÇA, M. V. **Corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, Pará**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Campus Universitário de Palmas – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2019.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas - SP, v.1, n. 1, p. 1-9, 2001. Disponível em: <<https://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

MILLS, J. G.; BROOKES, J. D.; GELLIE, N. J. C.; LIDDICOAT, C.; LOWE, A. J.; SYDNOR, H. R.; THOMAS, T.; WEINSTEIN, P.; WEYRICH, L. S.; BREED, M. F.

Relating Urban Biodiversity to Human Health with the 'Holobiont' Concept. **Frontiers in Microbiology**, Oregon - US, v. 10 (550), 2019.

MIYAMOTO, J.; COLLET BRUNA, G. Ecologia urbana: conceitos, pré-conceitos e pós-conceitos. **arq.urb**, São Paulo - SP, v. 27, p. 91 - 111. 2020.

PENA, J. C.; MARTELLO, F.; RIBEIRO, M. C.; ARMITAGE, R. A.; YOUNG, R.; RODRIGUES, M. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. **PLoSone** 12 (3), 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174484>  
PENG, J.; ZHAO, H.; LIU, Y. Urban ecological corridors construction: a review. **Acta Ecologica Sinica**, Amsterdã, v. 37, n°. 1, p. 23-30, 2017.

POLUCHA, R. S. Variações na prática dos instrumentos de solo criado: Cota de potencial construtivo de Curitiba. *In*: ENANPUR, XVII., 2017, São Paulo, SP. **Anais [...]**. Belo Horizonte, MG, 2017, p. 1-19.

POTSCHIN, M.; KRETSCH, C.; HAINES-YOUNG, R.; FURMAN, E.; BERRY, P.; BARÓ, F. Nature-based solutions. **OpenNESS ecosystem services reference book**. ed M. Potschin, K. JAX. **EC FP7 Grant Agreement**, n. 308428, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2005.

REIS, A. R. N. **Áreas prioritárias à conservação de *Ocotea odorifera* (VELL.) ROHWER na floresta urbana de Curitiba, Paraná.** 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2019.

RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S.; DODONOV, P.; MARTELLO, F.; NIEBUHR, B. B.; RIBEIRO, M. C. Landscape Corridors (LSCorridors): a new software package for modelling ecological corridors based on landscape patterns and species requirements. **British Ecological Society** in: *Methods in Ecology and Evolution*, v. 8, n. 11, p. 1425-1432, 2017.

RIBEIRO, M. P.; MELLO, K.; VALENTE, R. A. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 819-834, 2020.

ROCHA, M.; NUCCI, J. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E COMPETITIVIDADE ENTRE CIDADES. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 22, n. 3, p. 641-655, 2020.  
ROSA, G. **CORREDORES ECOLÓGICOS COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO DE FLORESTAS URBANAS.** 2017. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ecologia) – Universidade Estadual de São Paulo — Instituto de Biociências de Rio Claro. 2017.

RUDOLPHO, L. S. **Conectividade funcional da paisagem e conservação da biodiversidade: subsídios para o planejamento territorial e paisagístico brasileiro.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis – SC, 2020.

SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R.; SILVA, P. A. H.; FIORI, C. O. Geomorfologia do município de Curitiba. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 14, n. 4, 2013. P. 227-241.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. d.; SILVA, J. M. F. d.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 7, 2006, p. 3-11.

SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). **Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica**, 2010. Disponível em: [http://pdslitoral.com/wp-content/uploads/2018/01/Revista\\_Bacias\\_Hidrograficas\\_do\\_Parana.pdf](http://pdslitoral.com/wp-content/uploads/2018/01/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf) Acesso em: 12/09/2021.

SOUZA, F. L.; VALENTE-NETO, F.; SEVERO-NETO, F.; BUENO, B.; OCHOA-QUINTERO, J. M.; LAPS, R. R.; BOLZAN, F.; ROQUE, F. O. Impervious surface and heterogeneity are opposite drivers to maintain bird richness in a Cerrado City. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, n. 192, 2019.

SOUZA, J. R. B.; NUNES, F. G.; SANTOS, A. M. Análise da configuração espacial das áreas verdes urbanas e dos corredores ecológicos no município de Goiânia – GO. **GeoNordeste**, São Cristóvão, n. 1, p. 168-187, 2020.

STRAUBE, F. C.; CARRANO, E.; SANTOS, R. E. F.; SCHERER-NETO, P.; RIBAS, C. F.; MEIJER, A. A. R.; VALLEJOS, M. A. V.; LANZER, M.; KLEMMANN-JÚNIOR, L.; AURÉLIO-SILVA, M.; URBEN-FILHO, A.; ARZUA, M.; LIMA, A. M. X.; SOBÂNIA, R. L. M.; DECONTO, R. L.; BISPO, A. Â.; DE JESUS, S.; ABILHÔA, V. Aves de Curitiba: **Coletânea de registros**, v. 2. Curitiba: Hori Consultoria Ambiental e Prefeitura de Curitiba. 551 p. 2014

STRAUBE, F. C. **Ruínas e urubus: história da ornitologia no Paraná**. Período Pré-Nattereriano (1541 a 1819). Curitiba, Hori Consultoria Ambiental. Hori Cadernos Técnicos n° 3, 195 p. 2011.

TENG, M.; WU, C.; ZHOU, Z.; LORD, E.; ZHENG, Z. Multipurpose greenway planning for changing cities: A framework integrating priorities and a least-cost path model. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 104, p. 1-14, 2011.

THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANTOS, A. L. Identificação de Fragmentos Florestais Potenciais para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife - PE, v. 13, n.02, p. 595-612, 2020.

TIETZER, D. T. **Bird Species How They Arise, Modify, and Vanish**. Fascinating Life Sciences, 2018.

UMEDA, C. Y. L.; SANTOS, T. H. L.; LASTORIA, G.; OLIVEIRA, A. P. G.; COUTINHO, H. L. C.; FILHO, A. C. P. **Remote sensing applied to the**



**identification of ecological corridors: case study of Formoso River Basin, Bonito, MS.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, Rio de Janeiro - RJ, v. 20, n. 4, p. 551- 557, 2015.

VEDOVATO, L. B. **Áreas prioritárias para conservação e restauração da paisagem utilizando multi-caminhos e informações de avifauna.** 2013, 63 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) – Universidade Estadual de São Paulo - Instituto de Biociências de Rio Claro.

VIDOLIN, G. P. **Aspectos bioecológicos de *Puma concolor* (Linnaeus, 1771), *Leopardus pardalis* (Linnaeus, 1758) e *Leopardus tigrinus* (Schreber, 1775) na Reserva Natural do Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil.** 2008, 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WENCESLAU, F. F.; BARDEN, J. E.; TURATTI, L. O Brasil e as Metas de Aichi: uma análise sobre o cumprimento da meta. **Revista Internacional de Direito Ambiental** - Caxias do Sul - RS, v. 9, n. 25, p. 114-132, 2020.

WU, J. J. Landscape Ecology. In: Ecological Systems, p. 179-200, **Springer**, New York, NY, 2013.

YU, T. L.; GUO, Y. S. Effects of urbanization on avian community in southwestern China. **Russian Journal of Ecology**, Yekaterinburg, v. 45, p. 399–406, 2014. <https://doi.org/10.1134/S1067413614050154>

ZHOU, Q.; VAN DEN BOSCH, C. K.; CHEN, J.; ZHANG, W.; DONG, J. Identification of ecological networks and nodes in Fujian province based on green and blue corridors. **Scientific Reports**, Londres, v. 3, 2022.

ZÚÑIGA-VEGA, J. J.; SOLANO-ZAVALA, I.; SÁENZ-ESCOBAR, M. F.; RAMÍREZ-CRUZ, G. A. Habitat traits that increase the probability of occupancy of migratory birds in an urban ecological reserve. **Acta Oecologica**, Paris, n. 101, 2019.

## ANEXOS

**ANEXO 1:** Áreas verdes dentro do sistema de corredores, onde: RPPNM – Reserva Natural do Patrimônio Natural Municipal; BCBU – Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana; RVS – Refúgio de Vida Silvestre; CIC – Cidade Industrial de Curitiba.

| TOPONÍMIA | NOME                      | REGIONAL         |
|-----------|---------------------------|------------------|
| RPPNM     | BEPPE NICHELE             | TATUQUARA        |
| RPPNM     | CAXINGUELÊ                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | ALFRED WILLER             | BOA VISTA        |
| RPPNM     | SAN MARINO                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | MIRANTE DO PARQUE BARIGUI | MATRIZ           |
| RPPNM     | LUIZ MIQUELETO            | BAIRRO NOVO      |
| RPPNM     | PASSAÚNA                  | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | VILA CLARA                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XXII               | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XVI                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI VII                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XX                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XXI                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI IX                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XV                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI X                  | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XVII               | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XI                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI V                  | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI III                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XII                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI II                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI I                  | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XIV                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XIII               | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI XIX                | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | TINGUI VI                 | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | ECOVILLE                  | PORTÃO           |
| RPPNM     | BARIGUI                   | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | AIRUMÃ                    | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | CEDRO-ROSA                | PORTÃO           |
| RPPNM     | ERVA-MATE                 | PORTÃO           |
| RPPNM     | GUABIROBA                 | PORTÃO           |
| RPPNM     | TABOA                     | PORTÃO           |

|           |                                    |                  |
|-----------|------------------------------------|------------------|
| RPPNM     | JERIVÁ                             | PORTÃO           |
| RPPNM     | CANELA                             | PORTÃO           |
| RPPNM     | JATAI                              | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | ARAÇÁ                              | SANTA FELICIDADE |
| RPPNM     | UMBARÁ                             | BAIRRO NOVO      |
| RPPNM     | NAME                               | SANTA FELICIDADE |
| RVS       | REFUGIO DA VIDA SILVESTRE DO BUGIO | TATUQUARA        |
| PRAÇA     | PROFESSOR JORGE VISCA              | CIC              |
| JARDINETE | HUMBERTO BERTOLDI                  | CIC              |
| PRAÇA     | HIMER MACORIN LOMBARDI             | CIC              |
| JARDINETE | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| JARDINETE | ROBERTO KOSOP                      | PORTÃO           |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | BOQUEIRÃO        |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| PRAÇA     | ALCEU MILEKE                       | CIC              |
| PRAÇA     | LINO DA ROCHA                      | CIC              |
| JARDINETE | ANNA MEYER FRUET                   | CIC              |
| PRAÇA     | ENOCH ARAÁJO RAMOS                 | CIC              |
| PRAÇA     | DONIZETE CUSTÓDIO DA SILVA         | CIC              |
| PRAÇA     | DONIZETE CUSTÓDIO DA SILVA         | CIC              |
| PRAÇA     | EUCLIDES DA SILVA                  | CIC              |
| PRAÇA     | EUCLIDES DA SILVA                  | CIC              |
| PRAÇA     | ELI RIBEIRO DA SILVA               | CIC              |
| PRAÇA     | ELI RIBEIRO DA SILVA               | CIC              |
| PRAÇA     | ALCEU MILEKE                       | CIC              |
| PRAÇA     | LINO DA ROCHA                      | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | BOQUEIRÃO        |
| PRAÇA     | C                                  | BOQUEIRÃO        |
| JARDINETE | AMURITY RODRIGUES                  | CAJURU           |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| JARDINETE | ERCÍLIA ALVES DOS SANTOS           | PORTÃO           |
| PRAÇA     | LENYR MARÉS DE SOUZA CAVALLIN      | BAIRRO NOVO      |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                   | BAIRRO NOVO      |
| LARGO     | PEDRO DECONTO                      | MATRIZ           |
| PRAÇA     | DA ESPANHA                         | MATRIZ           |
| PRAÇA     | MARCO AURÉLIO MALUCELLI            | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | SINIBALDO TROMBINI                 | SANTA FELICIDADE |

|           |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| JARDINETE | KSENIA WESCHUK TWERDOCHLIB             | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | CLIOMAR SILVA DE SOUZA                 | CIC              |
| JARDINETE | PROFESSORA IZAURA OLIVEIRA DE OLIVEIRA | PORTÃO           |
| PRAÇA     | FRANCISCO FALCÃO DE JESUS              | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| PRAÇA     | LEO ROBERTO DIETRICH                   | CIC              |
| JARDINETE | ELISANDRA SANTOS DE SOUZA MATOS        | CIC              |
| JARDINETE | LUÍS CARLOS MARRERO                    | CIC              |
| JARDINETE | JOÃO RODRIGUES DA ROCHA                | CIC              |
| JARDINETE | ENFERMEIRA VIRGINIA LEITE              | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS               | MATRIZ           |
| PRAÇA     | ITÁLIA MARIA MALUCELLI TROMBINI        | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | OCTÁVIO SYLVIO NICCO                   | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE | OZÓRIO CLAUDINO DE BARROS              | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| JARDINETE | ANTÔNIO LINO DECONTO                   | BAIRRO NOVO      |
| PRAÇA     | MÁRIO FARAH RAFKA                      | BOQUEIRÃO        |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | BAIRRO NOVO      |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| JARDINETE | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| JARDINETE | NÃO IDENTIFICADO                       | BOQUEIRÃO        |
| PRAÇA     | MARIA ROSA - GUERREIRA DO CONTESTADO   | MATRIZ           |
| PRAÇA     | NÃO IDENTIFICADO                       | CIC              |
| LARGO     | DOUTOR ERNANI ARZUA PEREIRA            | MATRIZ           |
| JARDINETE | NÃO IDENTIFICADO                       | MATRIZ           |
| LARGO     | GENERAL AFFONSO FINK                   | MATRIZ           |
| JARDINETE | DOUTOR JOÃO URBAN                      | PORTÃO           |
| PRAÇA     | WALTER MOACIR FERRI                    | SANTA FELICIDADE |
| JARDIM    | FREI TIMÓTEO                           | MATRIZ           |
| JARDINETE | MASSAE YASSUMOTO                       | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | PADRE MAXIMILIANO SANAVIO              | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | JORNALISTA ALEXANDRE ZRAIK             | BOA VISTA        |
| JARDIM    | FREI TIMÓTEO                           | MATRIZ           |
| JARDINETE | ISABEL LOPES SANTOS SOUZA              | MATRIZ           |
| PRAÇA     | ABÍLIO DE ABREU                        | CAJURU           |
| JARDINETE | MÁRCIO WILSON RIBAS                    | CAJURU           |
| JARDINETE | LANDIVIO TSCHOEKE                      | BOA VISTA        |
| PRAÇA     | KELLY ELIZABETTE DA SILVA              | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA     | RECANTO DA ITÁLIA                      | SANTA FELICIDADE |

|                  |                                    |                  |
|------------------|------------------------------------|------------------|
| PRAÇA            | GUILHERME SCHULTZ                  | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | ZEZÉ RIBAS                         | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| JARDINETE        | LÁ AUN ENGEL                       | MATRIZ           |
| PRAÇA            | JOCELINA DIAS DE MELO              | CIC              |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| PRAÇA            | JÁLIO CÉZAR AMARAL DE SOUZA        | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | PORTÃO           |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | BOA VISTA        |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | BOA VISTA        |
| JARDINETE        | DAVID KRIEGER                      | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | OSMAR CARTA                        | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | MATRIZ           |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | CIC              |
| JARDINETE        | ABIB CALIXTO                       | MATRIZ           |
| PRAÇA            | DIVINA PASTORA                     | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PADRE JOÃO SOTTO-MAIOR             | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PROFESSOR CARLOS STELLFELD         | BOA VISTA        |
| PRAÇA            | HATUME NAKAHATA                    | MATRIZ           |
| PRAÇA            | JODAT NICOLAS KURY                 | SANTA FELICIDADE |
| NÚCLEO AMBIENTAL | NÃO IDENTIFICADO                   | BOA VISTA        |
| PRAÇA            | MÁRIO VENDRAMEL                    | MATRIZ           |
| PRAÇA            | NAIR PEREIRA QUEIROLO              | BOQUEIRÃO        |
| JARDINETE        | VICTO PAVIM JOHNSON                | MATRIZ           |
| JARDINETE        | AIRTON SOZZI                       | MATRIZ           |
| PRAÇA            | DESEMBARGADOR ACYR SALDANHA LOYOLA | MATRIZ           |
| JARDINETE        | POETA LEONARDO HENKE               | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | MATRIZ           |
| PRAÇA            | JOÃO JOAQUIM CORRÊA DA SILVA       | MATRIZ           |
| JARDIM AMBIENTAL | SETE DE SETEMBRO                   | MATRIZ           |
| JARDINETE        | ALINE CORDEIRO PARIGOT DE SOUZA    | MATRIZ           |
| JARDINETE        | CONSTANTINO FANINI                 | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PARQUE AFONSO BOTELHO              | PORTÃO           |
| PRAÇA            | SOROPTIMISMO INTERNACIONAL         | MATRIZ           |
| PRAÇA            | SANTOS ANDRADE                     | MATRIZ           |
| JARDINETE        | CLEUSA SALOMÃO                     | MATRIZ           |
| JARDIM AMBIENTAL | SETE DE SETEMBRO                   | MATRIZ           |

|                  |                                    |                  |
|------------------|------------------------------------|------------------|
| PRAÇA            | ILDEFONSO CORREIA DE SERRO AZUL    | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PLÍNIO TOURINHO                    | MATRIZ           |
| PRAÇA            | OUVIDOR PARDINHO                   | MATRIZ           |
| PRAÇA            | OCTÁVIO DE SÁ BARRETO              | MATRIZ           |
| JARDINETE        | PAULO HENRIQUE ANDRADE SANTOS      | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NELSON BATISTA RIBAS               | MATRIZ           |
| LARGO            | DA GALÍCIA                         | MATRIZ           |
| LARGO            | DAVID SILVEIRA DA MOTTA            | MATRIZ           |
| LARGO            | ANTÔNIO MANZOCKI                   | MATRIZ           |
| LARGO            | ANTÔNIO SBALQUEIRO                 | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PROFESSORA MARINA PINTO            | MATRIZ           |
| JARDINETE        | DEPUTADO HOMERO SILVA              | MATRIZ           |
| PRAÇA            | DONA HONORINA VALENTE              | MATRIZ           |
| PRAÇA            | DO REDENTOR                        | MATRIZ           |
| PRAÇA            | SANTA FILOMENA                     | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | ADELINA DUTRA SANSON               | MATRIZ           |
| LARGO            | ISAAC LAZZAROTTO                   | MATRIZ           |
| PRAÇA            | CECÍLIA DO REGO ALMEIDA            | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                   | MATRIZ           |
| JARDINETE        | DOS MAÇONS                         | MATRIZ           |
| JARDINETE        | DOUTOR NÉLIO RIBAS CENTA           | MATRIZ           |
| PRAÇA            | DIDI CAILLET                       | MATRIZ           |
| PRAÇA            | ANTÔNIO FURLAN                     | MATRIZ           |
| PRAÇA            | PRESIDENTE EISENHOWER              | MATRIZ           |
| JARDIM AMBIENTAL | SCHILLER                           | MATRIZ           |
| JARDIM AMBIENTAL | SCHILLER                           | MATRIZ           |
| PRAÇA            | GIBRAN KHALIL GIBRAN               | MATRIZ           |
| LARGO            | BITTENCOURT                        | MATRIZ           |
| JARDINETE        | LEONOR TWARDOWSKI                  | MATRIZ           |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | BOA VISTA        |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                   | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | AFONSO ALVES REZENDE               | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | MARIA DE LURDES GASPARIN PIANOWSKI | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | DA UCRÂNIA                         | MATRIZ           |
| JARDINETE        | OCTÁVIO JOPPERT                    | SANTA FELICIDADE |
| LARGO            | BADEN POWEL                        | MATRIZ           |
| JARDINETE        | GENERAL GASTÃO PEREIRA CORDEIRO    | MATRIZ           |
| JARDINETE        | AMSTERDAM                          | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | ADOLFO JOÃO HILÁRIO DA VEIGA       | CIC              |

|                  |                                      |                  |
|------------------|--------------------------------------|------------------|
| PRAÇA            | ADOLFO JOÃO HILÁRIO DA VEIGA         | CIC              |
| PRAÇA            | DEZENOVE DE DEZEMBRO                 | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | NASSIB ABDO ABAGE                    | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | JORNALISTA LOURIVAL SOUZA CURVELO    | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | A                                    | BOQUEIRÃO        |
| PRAÇA            | B                                    | BOQUEIRÃO        |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | CIC              |
| PRAÇA            | ALTAIR RODRIGUES DE JESUS            | TATUQUARA        |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | CIC              |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |
| EIXO DE ANIMAÇÃO | NÃO IDENTIFICADO                     | CIC              |
| EIXO DE ANIMAÇÃO | NÃO IDENTIFICADO                     | PORTÃO           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | PORTÃO           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | BAIRRO NOVO      |
| PRAÇA            | DE BOLSO DO CICLISTA                 | MATRIZ           |
| JARDINETE        | MARGARIDA RIBAS DE MELLO             | BOA VISTA        |
| PRAÇA            | ANTÔNIO BERTOLY                      | SANTA FELICIDADE |
| PRAÇA            | ELOINA MACEDO BACELAR                | BOA VISTA        |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | BOA VISTA        |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | CIC              |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | MATRIZ           |
| JARDINETE        | ANDRÉIA CRISTINA FERREIRA            | SANTA FELICIDADE |
| EIXO DE ANIMAÇÃO | NÃO IDENTIFICADO                     | TATUQUARA        |
| EIXO DE ANIMAÇÃO | NÃO IDENTIFICADO                     | TATUQUARA        |
| PRAÇA            | NÃO IDENTIFICADO                     | CIC              |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | CAJURU           |
| JARDINETE        | TEREZINHA SCHLIVINSKI                | MATRIZ           |
| NÚCLEO AMBIENTAL | NÃO IDENTIFICADO                     | MATRIZ           |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | TATUQUARA        |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | BOQUEIRÃO        |
| JARDINETE        | PROFESSOR HILDO AFONSO MIECZNIKOWSKI | PINHEIRINHO      |
| JARDINETE        | JOÃO SALVADOR                        | SANTA FELICIDADE |
| JARDINETE        | KHALIL MAHFOUD                       | MATRIZ           |
| JARDINETE        | MARIA IMACULADA                      | BAIRRO NOVO      |
| JARDINETE        | NÃO IDENTIFICADO                     | SANTA FELICIDADE |

|                   |  |                  |
|-------------------|--|------------------|
| PARQUE            | MUNICIPAL DO PASSAÚNA                      | CIC              |
| PARQUE            | MANÉ GARRINCHA                             | CIC              |
| BOSQUE            | DO TRABALHADOR                             | CIC              |
| BOSQUE            | DO TRABALHADOR                             | CIC              |
| PARQUE            | BARIGUI                                    | SANTA FELICIDADE |
| PARQUE            | TINGUI                                     | SANTA FELICIDADE |
| PARQUE            | TINGUI                                     | BOA VISTA        |
| PARQUE            | TINGUI                                     | SANTA FELICIDADE |
| PARQUE            | BARREIRINHA                                | BOA VISTA        |
| PARQUE            | LAGO AZUL                                  | BAIRRO NOVO      |
| PARQUE            | BARIGUI                                    | MATRIZ           |
| PARQUE            | BARIGUI                                    | SANTA FELICIDADE |
| PARQUE            | TANGUÁ                                     | BOA VISTA        |
| PARQUE            | CAMBUÍ                                     | CIC              |
| PARQUE            | CAMBUÍ                                     | PORTÃO           |
| PARQUE            | BARIGUI                                    | MATRIZ           |
| PARQUE            | BARIGUI                                    | SANTA FELICIDADE |
| PARQUE            | GUAIRACÁ                                   | CIC              |
| PARQUE            | GUAIRACÁ                                   | PORTÃO           |
| PARQUE            | PASSEIO PÚBLICO                            | MATRIZ           |
| PARQUE            | TANGUÁ                                     | BOA VISTA        |
| PARQUE            | MANÉ GARRINCHA                             | CIC              |
| PARQUE            | NATURAL MUNICIPAL MAIRI                    | CIC              |
| PARQUE            | NATURAL MUNICIPAL MAIRI                    | PORTÃO           |
| PARQUE LINEAR     | DO BARIGUI                                 | CIC              |
| PARQUE LINEAR     | DO BARIGUI                                 | PORTÃO           |
| PARQUE            | YBERÊ                                      | TATUQUARA        |
| PARQUE            | NÁUTICO                                    | BOQUEIRÃO        |
| PARQUE            | NATURAL MUNICIPAL DO IGUAÇU                | BAIRRO NOVO      |
| PARQUE            | NATURAL MUNICIPAL DO IGUAÇU                | BOQUEIRÃO        |
| PARQUE            | ZOOLOGICO MUNICIPAL DE CURITIBA            | BOQUEIRÃO        |
| ESTAÇÃO ECOLÓGICA | CAMPOS NATURAIS DE CURITIBA - TERESA URBAN | BOQUEIRÃO        |
| BCBU              | SANTA PAULA                                | SANTA FELICIDADE |
| BCBU              | TATUQUARA                                  | PINHEIRINHO      |
| BCBU              | DA ORDEM                                   | PINHEIRINHO      |
| BCBU              | ILHABELA                                   | CIC              |



**ANEXO 2:** Regiões da hidrografia do município cruzada pelos caminhos do sistema de corredores

| <b>CORPO HÍDRICO</b>                     | <b>REGIONAL</b> |
|--|-----------------|
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| CÓRREGO DO AREIÃOZINHO                   | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| RIO BARIGUI                              | TATUQUARA       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| CÓRREGO DO AREIÃOZINHO                   | BOQUEIRÃO       |
| CÓRREGO DO AREIÃOZINHO                   | CAJURU          |
| CÓRREGO DO AREIÃOZINHO                   | CAJURU          |
| CORREGO DA RUA WALDEMAR LOUREIRO CAMPOS  | BOQUEIRÃO       |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| CÓRREGO DA RUA CEL. LUIZ JOSÉ DOS SANTOS | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO       |
| RIO BARIGUI                              | CIC             |
| RIO BARIGUI                              | PORTÃO          |
| RIBEIRÃO DOS PADILHAS                    | BAIRRO NOVO     |
| RIBEIRÃO GANCHINHO                       | BAIRRO NOVO     |

|  |                  |
|--|------------------|
| CÓRREGO DA RUA CEL. LUIZ JOSÉ DOS SANTOS | BOQUEIRÃO        |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO        |
| CÓRREGO DA RUA EVARISTO DA VEIGA         | BOQUEIRÃO        |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | PORTÃO           |
| RIO ÁGUA VERDE                           | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO IVO                                  | MATRIZ           |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | PORTÃO           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO ÁGUA VERDE                           | MATRIZ           |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | PORTÃO           |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | SANTA FELICIDADE |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | PORTÃO           |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | SANTA FELICIDADE |
| RIO BARIGUI                              | MATRIZ           |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | SANTA FELICIDADE |
| RIO BARIGUI                              | SANTA FELICIDADE |
| CÓRREGO CAMPINA DO SIQUEIRA              | MATRIZ           |
| CÓRREGO CAMPINA DO SIQUEIRA              | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                            | SANTA FELICIDADE |
| RIO BELÉM                                | CAJURU           |
| RIO BELÉM                                | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO        |
| RIO BELÉM                                | CAJURU           |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO        |
| CÓRREGO DA RUA EVARISTO DA VEIGA         | BOQUEIRÃO        |
| RIO BELÉM                                | BOQUEIRÃO        |
| RIO ÁGUA VERDE                           | MATRIZ           |
| RIO BARIGUI                              | MATRIZ           |

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| RIO BARIGUI                      | SANTA FELICIDADE |
| RIO ÁGUA VERDE                   | MATRIZ           |
| RIO BELÉM                        | CAJURU           |
| CÓRREGO CAMPINA DO SIQUEIRA      | SANTA FELICIDADE |
| RIO BARIGUI                      | SANTA FELICIDADE |
| RIO MOSSUNGUÊ                    | PORTÃO           |
| RIO BELÉM                        | MATRIZ           |
| CÓRREGO DA RUA EVARISTO DA VEIGA | BOQUEIRÃO        |
| RIO BELÉM                        | BOQUEIRÃO        |
| RIO BARIGUI                      | CIC              |
| RIO BARIGUI                      | PORTÃO           |
| RIO ÁGUA VERDE                   | MATRIZ           |
| RIO BARIGUI                      | CIC              |
| RIO BARIGUI                      | CIC              |