



Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Ciências Biológicas

Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo  
da Vida Silvestre

Eric Reno Souza Xavier

## **Áreas Protegidas urbanas e conservação de um ecótone Cerrado-Mata Atlântica**

**Belo Horizonte,**

**Janeiro de 2018**

Eric Reno Souza Xavier

## **Áreas Protegidas urbanas e conservação de um ecótone Cerrado-Mata Atlântica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre.

Orientadora: Maria Auxiliadora Drumond

Belo Horizonte,

Janeiro de 2018

Dedicatória – dedico essa dissertação à  
minha família e verdadeiros amigos que  
sempre me apoiaram

## **Agradecimentos**

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, seus membros, e professores associados pelo aprendizado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pela concessão da bolsa de mestrado.

À Fundação de Parques Municipais pelos documentos e conversas.

Aos gestores dos Parques e Reservas Particulares Ecológicas pelo bom ânimo e disponibilidade de conversar sobre conservação de nossa cidade.

Ao pessoal da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte, em especial a Mívia que sempre apoiou o trabalho e acrescentou com boas ideias.

A Dodora por ter me ajudado nessa caminhada e me orientado mesmo que isso significasse ter que corrigir textos bem complicados.

Aos amigos de laboratório em especial a Julião, Sarosca, Pedro, Irlão e nosso sempre querido Gui, pelas conversas e apoio sempre.

A Tia Rosa e Madrinha pelo carinho compartilhado e pelo carinho que mostraram por mim.

Aos amigos Hofin, Ênio e Cesinha por terem me ajudado com risadas, conselhos, duvidosos ou não. Vocês são “ideais”!

À minha família, Mãe, Pai, Yuri, Raquel e Ana Laura minha sobrinha linda que sempre estiveram ao meu lado independente da situação, e em especial minha irmã, Eveline, que dividiu momentos, bons e ruins comigo, sendo sempre um apoio.

A Laura, meu amorzinho, que acompanhou grande parte do processo dessa dissertação e me dava forças todos os dias para que eu pudesse continuar. Você é uma luz que me ajuda a percorrer os caminhos difíceis que aparecem na vida.

## Sumário

<b>Capítulo 1</b>	7
<b>Conservação da biodiversidade em áreas urbanas: panorama das áreas protegidas em ecótone Cerrado-Mata Atlântica</b>	7
<b>Resumo</b>	7
<b>Abstract</b>	8
<b>1. Introdução</b>	9
<b>2. Métodos</b>	11
2.1 <i>Área de estudo</i>	11
2.2 <i>Análise documental</i>	12
2.3 <i>Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo nas Áreas Protegidas</i>	12
<b>3. Resultados</b>	15
3.1 <i>Número e extensão de Áreas Protegidas em Belo Horizonte, por nível de gestão</i>	15
3.2 <i>Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo nas Áreas Protegidas</i>	16
<b>4. Discussão</b>	17
<b>Bibliografia</b>	22
<b>Material Suplementar</b>	26
<b>Capítulo 2</b>	34
<b>Planejando corredores ecológicos em área urbana no ecótone Cerrado-Mata Atlântica</b>	34
<b>Resumo</b>	34
<b>Abstract</b>	35
<b>1. Introdução</b>	36
<b>2. Métodos</b>	39
2.1 <i>Área de estudo</i>	39
2.2 <i>Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo em Belo Horizonte</i>	41
2.3 <i>Fragmentos totais de vegetação</i>	43
2.4 <i>Construindo cenários de perda de vegetação e possíveis corredores ecológicos</i>	43
2.5 <i>Área de construção</i>	45
2.6 <i>Barreiras</i>	46
<b>3. Resultados</b>	46
3.1 <i>Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo da área do município</i>	46
3.2 <i>Fragmentos de vegetação</i>	48
	5

<i>3.3 Classificação da cobertura vegetal e do tipo de uso de solo em Belo Horizonte, por zonas de ocupação</i>	49
<i>3.4 Corredores de baixa resistência à mobilidade de espécies</i>	51
<i>3.5 Centralidade</i>	53
<i>3.6 Análise das áreas de constrição dos corredores de menor resistência de Belo Horizonte</i>	58
<i>3.7 Barreiras</i>	62
<b>4. Discussão</b>	65
<b>5. Bibliografia</b>	70
<b>Apêndice A</b>	74

## Capítulo 1

### Conservação da biodiversidade em áreas urbanas: panorama das áreas protegidas em ecótone Cerrado-Mata Atlântica

#### Resumo

A destruição dos biomas Mata Atlântica e Cerrado já tomou dimensões alarmantes, sendo a expansão urbana um fator relevante para esse cenário. Neste trabalho avaliamos o papel de áreas protegidas (APs) do município de Belo Horizonte para a conservação de um ecótone Cerrado-Mata Atlântica, tendo em vista o papel dessas áreas para reter as pressões existentes em ambiente urbano que comprometem fragmentos importantes desses dois hotspots. Por meio de análise documental avaliamos quantas áreas verdes protegidas existem no município, quem as gere e qual é seu objetivo de criação. Por meio de classificação da cobertura vegetal por imagens de satélite nós averiguamos o potencial de conservação do município de Belo Horizonte. Registramos 98 áreas protegidas urbanas no município, com quatro níveis diferentes de gestão, e que têm o objetivo de conservação da biodiversidade. Essas áreas compreendem cerca de 10% do território municipal, conservam uma área de 1.587 ha de Mata Atlântica e fitofisionomias arbórea/arbustiva de Cerrado, além de 1.603 ha de vegetação rasteira, que inclui campos rupestres ou campos limpos e áreas plantadas. O percentual de vegetação arbórea/arbustiva ou rasteira presente nas APs (95%) indica que elas têm potencial de conservação do ecótone, mesmo que compreendam áreas pequenas e áreas com vegetação exótica ou muito alteradas. Apesar das maiores áreas de campos nativos concentrarem-se na região sul do município, outras áreas com vegetação rasteira, como pastagens, podem vir a ser recuperadas visando à conservação de espécies de Cerrado ou de Mata Atlântica.

## **Abstract**

The destruction of biomes Mata Atlântica and Cerrado has taken alarming dimensions, and urban sprawl has been a relevant factor for this scenario. In this study we analyzed the role of protected areas (APs) in the municipality of Belo Horizonte for the conservation of an ecotone Cerrado-Mata Atlântica, focusing in their roles to hold back existing urban threats that compromises important fragments of these two hotspots. With documental analyzes we evaluated how many green protected areas exist in the municipality, who are responsible for them, and their creation goal. With vegetation cover classification from satellite imagery we verified the potential to conserve the vegetation in Belo Horizonte municipality. We found out 98 protected areas in the municipality, with four different levels of management, and that have the goal to conserve biodiversity. They comprehend more than 10% of the municipality territory, conserve an area of 1.587 ha of Mata Atlântica and arboreal and arbustive phytophysionomies of Cerrado, besides 1.603 ha of grassland vegetation, that includes campos rupestres or campos limpos and planted areas. The percentage of vegetation arboreal and arbustive or grasslands present in the APs (95%) indicates that they have potential to conserve the ecotone, even if they comprehend small areas with exotic vegetation or if they are altered areas. Although the larger areas of native grasslands concentrate in south of the municipality, other areas with grasslands, like pasture, could be recovered aiming the conservation of species from Cerrado or Mata Atlântica.

Palavras chave: Conservação da biodiversidade, áreas protegidas urbanas, bioma Mata Atlântica, bioma Cerrado, ecologia de paisagem.



## 1. Introdução

A expansão urbana tomou proporções globais nas últimas décadas e, atualmente, mais da metade da população humana vive em áreas urbanizadas e mais de dois terços irão para essas áreas durante as próximas décadas (TRZYNA et al., 2014). Essa expansão fragmenta ainda mais áreas originalmente cobertas por vegetação nativa, diminui a biodiversidade (BLAIR, 2004, MARZLUFF, 2001, SETO; GUNERALP; HUTYRA, 2012), além de reduzir o contato entre o homem e a natureza, afastando-o do apelo em conservá-la (TRZYNA et al., 2014). Portanto, é essencial que se incluam áreas protegidas (APs) no planejamento urbano para garantir a conservação da biodiversidade frente ao avanço da urbanização.

No Brasil, por exemplo, a Mata Atlântica encontra-se muito fragmentada devido à colonização europeia, aos diferentes ciclos econômicos e ao estabelecimento de importantes centros urbanos. Esse bioma é considerado um hotspot para a conservação da biodiversidade (MORELLATO; HADDAD, 2000), e, no ano de 2016, restavam apenas 12,4% de sua cobertura original (SOSMA; INPE, 2017). Por outro lado, por ser o primeiro bioma a sofrer ocupação no Brasil, também teve ali instituídas as primeiras áreas verdes urbanas legalmente protegidas como por exemplo, o Passeio Público, criado em 1783 e o Jardim Botânico, em 1808, ambos no estado do Rio de Janeiro (MEDEIROS, 2014). Hoje a Mata Atlântica conta com 934 unidades de conservação (UCs) municipais, além de outras áreas protegidas (PINTO et al., 2017).

Outro hotspot de biodiversidade, o Cerrado, tem perdido anualmente, numa estimativa conservadora, cerca de 1,1% de sua área, restando menos de 34% de sua cobertura original (MACHADO et al., 2004) sendo que apenas 6% desse bioma está conservado em áreas protegidas (FRANÇOSO et al., 2015).

Grande parte dos trabalhos que consideram os impactos sobre esses hotspots e as iniciativas de conservação existentes têm se concentrado em áreas rurais (NIEMELA, 1999). Neste trabalho analisamos o cenário atual das áreas protegidas urbanas do município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, por estar localizado em área de ecótono entre esses dois hotspots. Esse

município possui a terceira maior área urbana do Brasil (IBGE, 2015) e, apesar de ter sido planejada para ser uma cidade jardim (DUARTE, 2007) com várias áreas verdes públicas distribuídas em seu território (COSTA et al., 2009), cresceu mais do que o planejado, tornando-se uma metrópole com falhas graves em sua ocupação (COSTA et al., 2009, MAGALHÃES, 2013).

Os poucos estudos publicados sobre a biodiversidade de Belo Horizonte já revelam sua importância para a conservação de espécies do Cerrado e da Mata Atlântica. Belo Horizonte possui 364 espécies de aves catalogadas (JUNIOR et al., 2009). Somente em um fragmento de Mata Atlântica de 57 hectares (ha) pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o Museu de História Natural e Jardim Botânico, foram registradas cerca de 160 espécies de plantas nativas (FELIX, 2009) e em uma única mata de galeria localizada em um parque estadual com vegetação predominante de Cerrado, o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, foram encontradas 97 espécies arbóreas (MEYER et al., 2004). A fauna também é rica em parques municipais ou outras áreas protegidas, como no Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado, situado em área urbana densamente povoada, onde foram registradas 110 espécies de aves pertencentes a 37 famílias (MAFIA; OLIVEIRA; BARÇANTE, 2012) e em um fragmento de mata gerida pela Pontifícia Universidade Católica (PUC), onde foram registradas 91 espécies de lepidóptera de seis famílias (SILVA; LANDA; VITALINO, 2007) ou mesmo fora de áreas protegidas, conforme demonstrado por Pena et al. (2017) que registraram 73 espécies de aves associadas à arborização urbana de Belo Horizonte.

O município também é importante para a conservação de espécies citadas na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), como a lontra (*Lontra longicaudis*) e o lobo guará (*Chrysocyon brachyurus*), mamíferos classificados como quase ameaçados e registrados no Parque Estadual Serra do Rola Moça (REDLIST, 2018) e o Capacetinho-cinza (*Poospiza cinerea*), ave categorizada como vulnerável, que nidifica em áreas de cerrado do paredão do Parque da Serra do Curral (WISCHHOFF; MARQUES-SANTOS; RODRIGUES, 2012).

A fim de contribuir para o planejamento de ações para a conservação de um ecótono Cerrado-Mata Atlântica e, conseqüentemente para a conservação de dois hotspots de biodiversidade, nós averiguamos neste trabalho: 1) Quantas áreas verdes legalmente instituídas existem no município de Belo Horizonte, como parques municipais, reservas e outras categorias de manejo; 2) Quem são os responsáveis pela gestão dessas áreas; 3) Se essas áreas podem ser consideradas áreas urbanas protegidas e se têm o objetivo de conservação da biodiversidade; 4) Qual o potencial dessas áreas para a conservação do ecótono Mata Atlântica-Cerrado no município.

## 2. Métodos

### 2.1 Área de estudo

O município de Belo Horizonte (19°52'S, 43°58'W, Fig. 1) tem 2.523.794 habitantes e área de 331,40 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017).

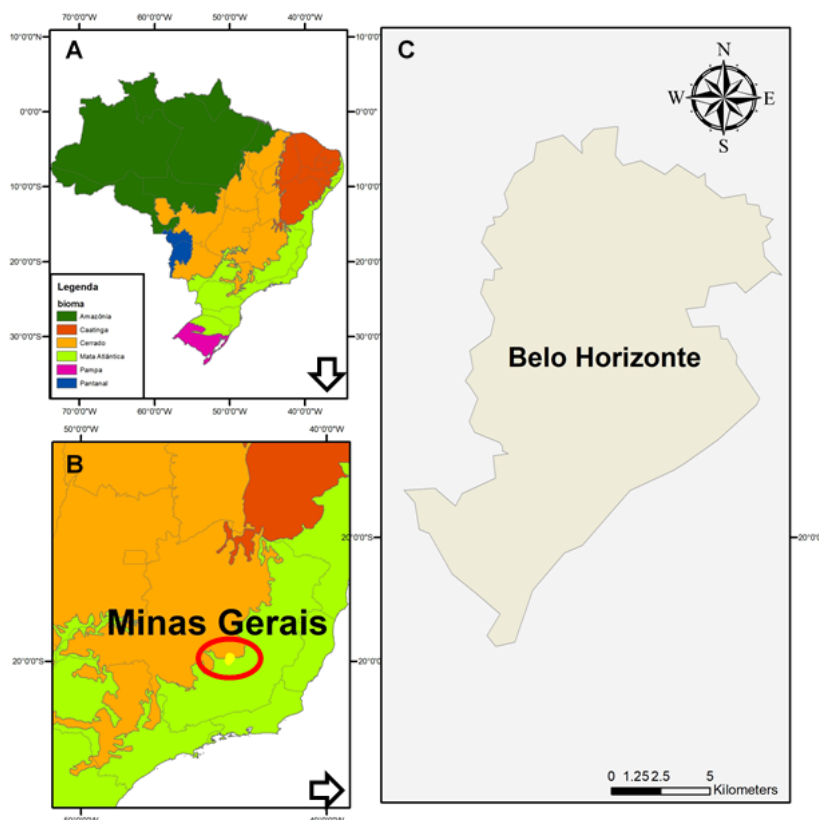


Figura 1: Localização da área de estudo. A: Brasil com seus biomas. B: Estado de Minas Gerais com indicação, em amarelo, do município de Belo Horizonte. C: Município de Belo Horizonte com indicação dos biomas existentes e limites das áreas protegidas.

## 2.2 Análise documental

Para saber quantas áreas protegidas Belo Horizonte possui, quem as gere, onde estão localizadas, e se foram instituídas com o objetivo de conservar a biodiversidade, revisamos decretos, leis e normas utilizadas para implantar e regulamentar parques, reservas, estações ecológicas e outras categorias de manejo, administradas por diferentes níveis de gestão. Visando usar terminologia única todas as áreas foram denominadas áreas protegidas (AP) pelo conceito da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. O conceito diz que as APs são:

“espaços territoriais do Município e seus recursos ambientais, legalmente instituídos, de propriedade pública ou privada, com características de relevante valor ambiental, destinados à conservação da natureza, à melhoria da qualidade de vida urbana ou ao uso público, com objetivos e limites definidos e sob condições especiais de administração e uso” (LEI Nº 10.879, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2015).

Esse conceito assemelha-se ao conceito de áreas protegidas da União Mundial para a Conservação da Natureza (IUCN), que as define como:

“um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, dedicado e manejado, por meios legais ou outros meios efetivos, para alcançar conservação da natureza e de seus serviços ecossistêmicos e valores culturais associados” (DAY et al., 2012).

## 2.3 Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo nas Áreas Protegidas

Fizemos a classificação de uso de solo das APs utilizando quatro imagens Rapid Eye de 2014, com resolução de 5 x 5 m, correspondentes ao perímetro de Belo Horizonte, obtidas através do geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017). Alteramos as bandas de cores para 5, 3, 2, para melhor distinção entre vegetação arbórea/arbustiva e vegetação rasteira. Um pré-processamento com aplicação de realce e contraste nas imagens foi feito e depois, por meio da ferramenta *Maximum Likelihood Classification* do ArcGis 10.3 (ESRI, 2014) as imagens foram classificadas em cinco classes: Edificações e Solo exposto; Vias de trânsito; Vegetação arbórea/arbustiva; Vegetação rasteira; e Água.

Para a identificação das Edificações e Solo exposto e Vias de trânsito utilizamos as cores branca, cinza e bege. Como as Vias de trânsito apresentam mais permeabilidade à movimentação de espécies do que as áreas densamente edificadas (GRAFIUS et al., 2017), utilizamos *shapefile* de vias de Belo Horizonte para classificar essas áreas de modo diferente das Edificações e Solo exposto. Para identificar a Vegetação arbórea/arbustiva utilizamos a cor vermelha com textura enrugada, e para a vegetação rasteira tons de vermelho claro e rosa e aspecto liso (Fig. 2). Para a Água utilizamos cor azul escuro e preta.

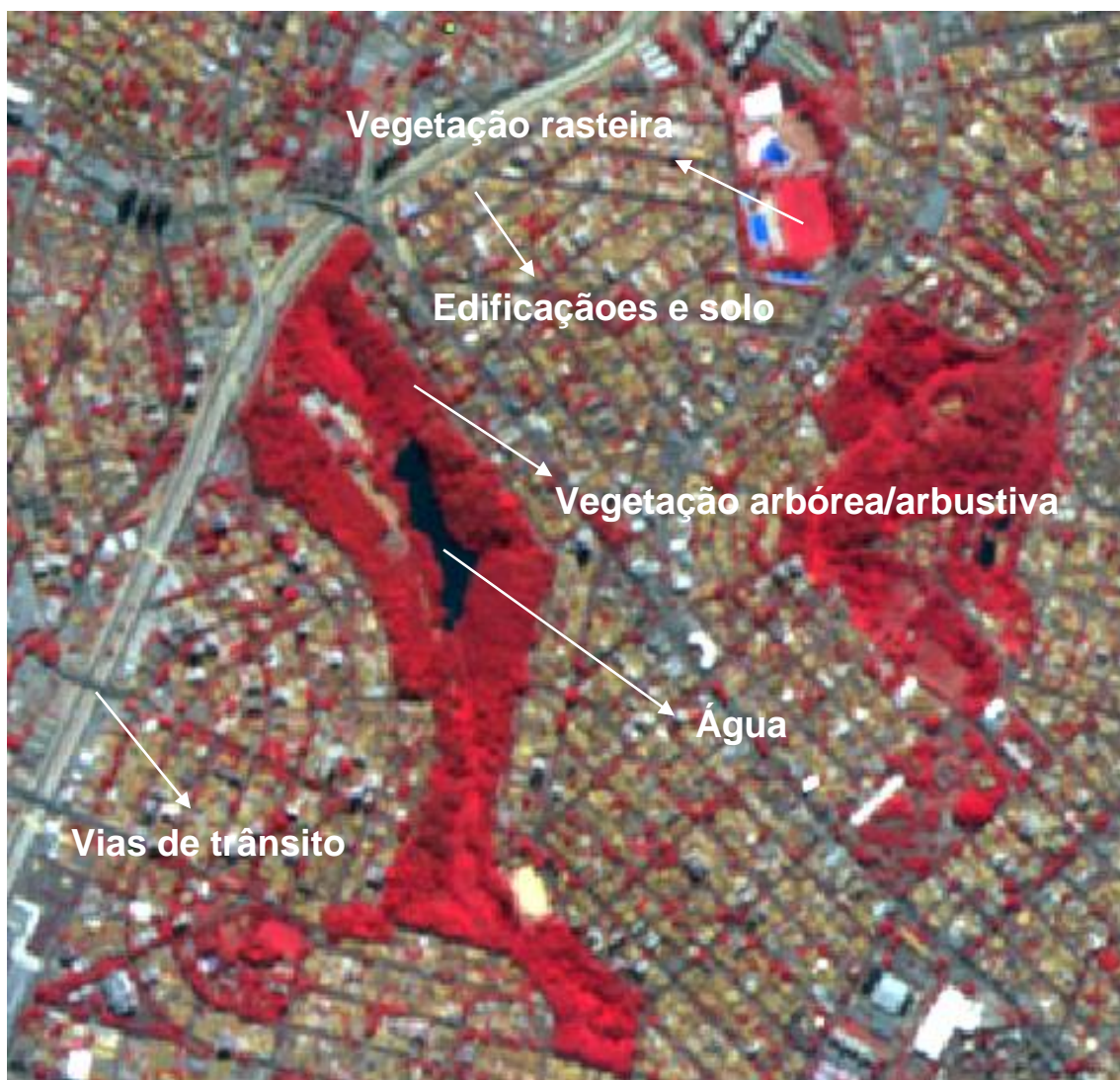


Figura 2: Exemplo de imagem utilizada para classificação de uso de solo em Belo Horizonte. Cinza, branco e bege= Vias de trânsito, Edificações e Solo exposto; Vermelho escuro e textura enrugada= Vegetação arbórea/arbustiva; Vermelho claro a rosa e textura lisa= Vegetação rasteira; Azul-escuro a preto= Água.

Não foi possível discriminar quais das APs de Belo Horizonte incluíam vegetação de Cerrado ou Mata Atlântica, uma vez que em uma mesma área podem ser encontradas manchas desses dois biomas. Dessa forma, áreas de Floresta Estacional Semidecidual e de fitofisionomias arbóreo-arbustivas de Cerrado foram agrupadas na categoria Vegetação arbórea/arbustiva, juntamente com a vegetação não nativa, pois não é possível diferenciá-las pelo método de classificação por imagem de satélite aqui empregado. Áreas de campo rupestre, campos limpos e outras áreas com predominância de gramíneas, nativas ou não, foram agrupadas na categoria Vegetação rasteira.

A fim de obter maior confiabilidade das informações sobre a extensão das áreas protegidas analisadas, utilizamos correlação de Spearman para verificar se houve deformações no perímetro das APs em decorrência do modo de classificação utilizado neste estudo em comparação aos dados oficiais encontrados na análise documental. Vimos que não houve diferença entre o encontrado e os dados oficiais (Pearson= 0,99,  $p < 0,0001$ ). Visitamos algumas APs para verificar se a vegetação encontrada correspondia ao classificado pelas imagens de satélite, se existiam muitas espécies exóticas e se as APs na região mais ao sul do município, localizadas na Serra do Curral, possuíam campo rupestre.

Calculamos a área de cada tipo de vegetação e de uso de solo para todas as APs, contabilizando, em APs que abrangem mais de um município, apenas a área situada dentro dos limites do município de Belo Horizonte. Avaliamos o número e a extensão das APs, por nível de gestão Estadual (unidades de conservação geridas pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais), Municipal (APs geridas pela Fundação de Parques Municipais e Fundação Zoobotânica), Particular (Reserva Particular Ecológica, segundo a Lei municipal Nº 6314, de 12 de janeiro de 1993), e Universidade (Áreas da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG e da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC).

### 3. Resultados

#### 3.1 Número e extensão de Áreas Protegidas em Belo Horizonte, por nível de gestão

Belo Horizonte possui 98 APs sob quatro diferentes níveis de gestão: Municipal (n= 81), Particular (n= 10), Estadual (n= 4), ou de Universidades (n= 3) (Tab. 1). A área total das APs é de 3.323,91 ha, o que corresponde a 10,04% da área total do município. As APs sob gestão Municipal são parques e Centros de Vivência Agroecológica (CEVAE), sendo os primeiros instituídos com o objetivo de proteger a biodiversidade urbana e oferecer lazer à população. Já as CEVAES têm o objetivo de conservação e manejo para atividades de educação ambiental e experimentação, além de priorizar atividades produtivas que não degradem o ambiente e que ajudem a preservá-lo. As APs municipais são geridas por região no município, tendo um departamento executivo (gestor), para cada região totalizando 12 gestores (PBH, 2017).

As Reservas Particulares Ecológicas (RPEs) têm o objetivo de conservar fragmentos de vegetação nativa com a mínima intervenção, sendo essa permitida apenas se não alterar suas características naturais (Lei Municipal Nº 6314, DE 12 DE JANEIRO DE 1993). Elas são geridas pelo proprietário da terra com ajuda técnica da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Há ainda uma Reserva Particular do Patrimônio Natural, que é gerida pelo proprietário da terra e é reconhecida pelo Instituto Estadual de Florestas.

As APs Estaduais são cinco unidades de conservação (UCs) geridas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), sendo três Parques Estaduais, uma Estação Ecológica, uma Área de Preservação Ambiental (APA). A APA possui diversos usos que não estão ligados à conservação da biodiversidade, como mineração, áreas residenciais e comerciais, e por isso somente as áreas de outras categorias de UCs existentes dentro de seus limites foram consideradas neste estudo. Cada UC estadual tem um gestor responsável por sua gestão e manejo. As áreas sob gestão das Universidades têm o objetivo primordial de conservar a biodiversidade, sendo muito utilizadas para pesquisa científica e educação ambiental, e também possuem gestores específicos (MATA DA PUC

MINAS, 2011, ESTAÇÃO ECOLÓGICA UFMG, 2017, MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL E JARDIM BOTÂNICO DA UFMG, 2017).

A maior parte das APs tem menos que 1ha ou área maior, igual a 1ha e menor que 5ha (62%), sendo a maioria das áreas menores, municipais e particulares (Tab. 1, e Tab. Suplementar). O município ainda possui APs de porte médio (18%,  $\geq 5\text{ha}$  e  $< 20\text{ha}$ ) e de maior extensão (8% são  $\geq 20\text{ha}$  e  $< 50\text{ha}$ ) e 11% são  $\geq 50\text{ha}$ ), geridas pelas universidades, pelo estado e pelo município (Tab. 1).

Tabela 1: Número, extensão total e número de APs por intervalo de tamanho das áreas protegidas no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, por nível de gestão.

Nível de gestão	Número de Áreas Protegidas	Área total (ha)	Número de Áreas Protegidas $< 1\text{ha}$	Número de Áreas Protegidas $\geq 1\text{ha}$ e $< 5\text{ha}$	Número de Áreas Protegidas $\geq 5\text{ha}$ e $< 20\text{ha}$	Número de Áreas Protegidas $\geq 20\text{ha}$ e $< 50\text{ha}$	Número de Áreas Protegidas $\geq 50\text{ha}$
Estadual	4	1.864,04	0	0	0	0	4
Municipal	81	1.256,06	15	37	16	8	5
Particular	10	39,85	2	6	2	0	0
Universidade	3	180,43	0	1	0	0	2
Total	98	3.326,57	17	44	18	8	11

### 3.2 Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo nas Áreas Protegidas

As 98 APs conservam uma área de 1.587,92 ha de Mata Atlântica e fitofisionomias arbórea/arbustiva de Cerrado, classificada como Vegetação arbórea/arbustiva, além de 1.603,34 ha de campos rupestres ou campos limpos e vegetação rasteira exótica, aqui classificada como Vegetação rasteira (Tab. 2). Somando-se a Vegetação arbórea/arbustiva e a Vegetação rasteira, 95% da área total das APs comportam algum tipo de vegetação e que somente 5% dessas áreas possuem outros usos, como edificações e corpos d'água. A pequena área representada por Água ocorreu devido à classificação feita por imagens de satélite. Assim, se há vegetação acima da área com água (matas ciliares e, ou, grandes copas de árvores) o corpo d'água não é detectado e aquele pixel é classificado como vegetação. Porém, há de se ressaltar que os corpos d'água ocorrem em pelo menos 36 APs (MEDEIROS, 2014).



Tabela 2: Tipos de cobertura vegetal e usos de solo nas Áreas Protegidas (APs) do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, por nível de gestão. Valores entre parêntesis representam a porcentagem de cada tipo de uso na área total das APs para cada nível de gestão.

Nível de Gestão	Área total (ha)	Área, em hectares, dos diferentes usos de solo nas APs (% de cada uso do solo)				
		Edificações e Solo exposto	Vias de trânsito	Vegetação arbórea/arbustiva	Vegetação rasteira	Água
Estadual	1.850,23	42,71 (2,31)	2,47 (0,13)	619,20 (33,47)	1.185,60 (64,08)	0,24 (0,01)
Municipal	1.256,06	75,83 (6,04)	1,42 (0,11)	779,98 (62,1)	392,06 (31,21)	6,77 (0,54)
Universidade	180,43	3,78 (2,09)	0,08 (0,04)	161,07 (89,27)	15,49 (8,59)	0,01 (0,01)
Particular	39,85	1,60 (4,01)	0,05 (0,13)	27,66 (69,42)	10,19 (25,57)	0,36 (0,90)
Total	3.326,57	123,92 (3,73)	4,02 (0,12)	1.587,92 (47,73)	1.603,34 (48,2)	7,38 (0,22)

Nem toda vegetação presente nas APs é nativa. Várias espécies exóticas presentes em grande escala podem ser vistas, como leucena (*Leucaena leucocephala*) no Parque Fazenda Lagoa do Nado e Estação Ecológica da UFMG (BODEVAN et al., 2016), mamona (*Ricinus comunis*) no Parque Ecológico Brejinho, pinheiros (*Pinus* spp.) no Parque da Serra do Curral, e capim gordura (*Melinis minutiflora*) no Parque Estadual Serra do Rola Moça e Parque da Serra do Curral, além de braquiária (*Brachiaria* spp.) em várias APs. A maioria dessas espécies são invasoras e ocupam o espaço de espécies nativas, muitas vezes endêmicas, como as existentes nos campos rupestres da região sul do município.

#### 4. Discussão

Belo Horizonte possui mais de 10% de seu território sob Áreas Protegidas, mas a maioria das áreas municipais e particulares é pequena, podendo não abrigar populações de espécies naturais em longo prazo devido a efeitos ambientais estocásticos, doenças e endogamia (FAHRIG, 2003). Por outro lado elas podem ser importantes trampolins ecológicos (DEARBORN; KARK, 2010, FITZGIBBON; WILSON; GOLDIZEN, 2011), função já identificada, por exemplo, em um estudo sobre conectividade funcional de aves em fragmentos da Mata Atlântica, onde se observou que áreas de mata de 4 a 10 ha eram usadas para

esse fim (KNOGGE; JENKINS; UEZU, 2017). Porém, existe uma grande fragilidade no sistema de APs geridas no nível municipal: nenhuma das áreas possui plano de manejo e nem se enquadra no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000), pois não são Parques Naturais Municipais. Isso faz com que o sistema municipal fique fragilizado e sujeito a diferentes pressões, como principalmente de sua utilização para finalidades não compatíveis com a conservação da biodiversidade como, por exemplo, a supressão vegetal para implantação de equipamento de lazer. A maioria das áreas municipais não objetiva a pesquisa científica e, por isso, são poucas as informações sobre sua biodiversidade. Muitas dessas áreas, a maioria parques municipais pequenos fora da região sul do município, possuem maior porcentagem de vegetação rasteira exótica, como gramados que ajudam a cumprir o objetivo da área de oferecer lazer à população. Porém a vegetação exótica põe em risco as nativas devido à competição por recursos (CUDA et al., 2015) e devido a seu potencial adaptativo a meios alterados comuns no meio urbano (SHOCHAT et al., 2010). Além disso, esse tipo de vegetação exótica pode fornecer menos recursos à fauna nativa do que as plantas próprias da região podendo até mesmo impactar os serviços ecossistêmicos (EISWERTH; DONALDSON; JOHNSON, 2009).

Mesmo que áreas particulares sejam pequenas, a iniciativa de ter reservas particulares municipais em Belo Horizonte é um incentivo para se valorizar e a proteger a biodiversidade. No Brasil há várias iniciativas ao nível municipal, denominadas Imposto Predial e Territorial Urbano Verde (IPTU Verde), em que a prefeitura dá a isenção total ou parcial do imposto ao proprietário que tiver o terreno sob certas condições de conservação ambiental. Essas condições variam de acordo com a área do terreno e porcentagem de vegetação nativa (LEI Nº 526 DE 2014, Seropédica, LEIS MUNICIPAIS, 2014, LEI Nº 2646 de 21/12/2009, Ipatinga, LEIS MUNICIPAIS, 2009, LEI Nº 3157, DE 12 DE JUNHO DE 2008, Campo do Jordão, LEIS MUNICIPAIS, 2008). A grande diferença de Belo Horizonte é que são instituídas RPEs apenas nas grandes propriedades, ou aquelas com habitats diferenciados como no caso do campo rupestre na RPE Mangabeiras. Isso garante que grandes áreas que

provavelmente servem de habitat para um maior número de espécies possam ser conservadas. Porém, caso houvesse um estímulo para outros proprietários que não têm lotes tão grandes, como no caso do município mineiro de Ipatinga, que garante o benefício a quem tem pelo menos 20% do lote como área permeável com espécies arbóreas nativas (LEI Nº 2646 de 21/12/2009), mais trampolins ecológicos, bem como uma maior abundância de espécies nativas poderiam ocorrer em Belo Horizonte. Nos Estados Unidos o programa Backyard Wildlife Habitat, que visa educar e motivar cidadãos a melhorar habitats urbanos em seus próprios quintais, certifica os participantes que passam por um processo de avaliação de suas propriedades com base em critérios de conservação da biodiversidade (ADAMS, 2005). Comparativamente, os critérios para ter um quintal certificado são mais simples no projeto estadunidense do que para conseguir ter uma propriedade regulamentada como uma Reserva Particular Ecológica, garantindo assim um maior número de participantes (ADAMS, 2005).

Uma dificuldade encontrada para que a conservação dessas áreas particulares seja feita de modo eficaz é a falta de incentivo aos proprietários para manejar as RPEs. A prefeitura garante apenas a isenção de IPTU e a fiscalização do local, mas não provê capacitação e nem recursos para ações de manejo, como controle de espécies invasoras e prevenção ou combate a incêndios. A implementação das RPEs se faz por meio de contrato com a prefeitura, sendo que o tempo mínimo é de 20 anos. Ao final do contrato a falta de incentivo pode desmotivar os proprietários a manejar a área ou incentivá-lo a vendê-la, já que geralmente as áreas são terrenos grandes e bem valorizados pelo setor imobiliário em Belo Horizonte. Ao contrário, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), uma das categorias do SNUC, são gravadas em cartório com caráter perpétuo (Decreto Nº 1.922/1996) mas apenas uma RPPN foi criada em Belo Horizonte até o momento.

As APs geridas pelas universidades, são fragmentos maiores, com grande área de vegetação arbórea e arbustiva, e, portanto, apresentam potencial de conservação da biodiversidade (SILVA; LANDA; VITALINO, 2007; FELIX, 2009; MATA DA PUC MINAS, 2011; ESTAÇÃO ECOLÓGICA UFMG, 2017; MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL E JARDIM BOTÂNICO DA UFMG, 2017), mas

também não se inserem no SNUC e estão sujeitas à retração em área por mudanças nas políticas de planejamento e gestão dessas instituições de ensino a exemplo da construção do instituto tecnológico BH-TEC (SANTOS; CARDOSO, 2013) e bacia de contenção de enchentes na área da Estação Ecológica da UFMG.

Por outro lado, as unidades de conservação estaduais se incluem no SNUC. Elas têm grande valor para a conservação, devido à sua maior extensão e biodiversidade (MEYER et al., 2004). No entanto, essas UCs devem ter uma gestão efetiva para que cumpram seu objetivo de conservação, o que não ocorre com os Parques Estaduais da Baleia, da Serra do Rola Moça e Serra Verde, que apresentam efetividade baixa ou média (WWF-BRASIL, 2016). Além disso, o Parque Estadual da Baleia ainda não foi implantado, apesar de ter sido criado em 1988 (Decreto nº 28.162/1988), e não apresenta plano de manejo, assim como a Estação Ecológica de Cercadinho. Toda unidade de conservação deve ter plano de manejo de acordo com o SNUC visando estabelecer, dentre outros aspectos, normas de uso da área baseado em seus objetivos (Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000). O estabelecimento de estratégias para essas áreas poderia aumentar, em muito, seu potencial para a conservação da biodiversidade e sua efetividade de gestão. A falta de ações claras para o manejo, juntamente à pressão imobiliária e de construção de infraestruturas como vias de acesso, que ocorre nas áreas onde essas UC se localizam podem resultar em sua redução ou recategorização fato já observado em outras UCs brasileiras (BERNARD; PENNA; ARAÚJO, 2014).

O percentual de vegetação arbóreo/arbustiva ou rasteira presente nas APs indica que elas têm potencial de conservação do ecótone Cerrado-Mata Atlântica, mesmo que compreendam áreas pequenas e áreas com vegetação exótica ou muito alteradas. Apesar das maiores áreas de campos nativos concentrarem-se na região sul do município, outras áreas com vegetação rasteira, como pastagens, podem vir a ser recuperadas visando à conservação de espécies de Cerrado ou de Mata Atlântica. Para tanto, medidas de controle de exóticas são necessárias, uma vez que algumas espécies invasoras têm alto potencial de dispersão e sobrevivência (LOCKWOOD; HOOPES; MARCHETTI,

2007, WALTHER et al., 2009), formando uma população dominante e causando alterações na estrutura e funções dos ecossistemas (LOCKWOOD; HOOPES; MARCHETTI, 2007, VALÉRY et al., 2009). Por exemplo, o quadro de invasão por *Melinis minutiflora* (capim gordura) no sul do município de Belo Horizonte pode se agravar mais devido a seus bilhões de sementes viáveis que são dispersas por chuvas e vento, além de aumentar o risco de incêndios no Parque Estadual da Serra do Rola Moça e no Parque da Serra do Curral (ROSSI, 2012).

Um sistema unificado para a gestão das APs, como o de mosaicos de áreas protegidas, já existentes em nível estadual e nacional (Portaria nº 76 do Ministério do Meio Ambiente, de 11 de março de 2005; Portaria nº 350 do Ministério do Meio Ambiente, de 11 de dezembro de 2006, COSTA; LAMAS, 2010) poderia facilitar o compartilhamento de conhecimentos entre os diferentes gestores, além da tomada de decisões que visem à conservação da paisagem como um todo, com medidas de minimização de impactos, análise conjunta de estratégias, implantação de corredores ecológicos e ou criação de novas áreas protegidas. Isso poderia ser feito com um aprimoramento do Sistema Municipal de Áreas Protegidas, criado em 2015, para gerir as áreas municipais (LEI Nº 10.879, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2015). Outro modelo que pode ser usado para Belo Horizonte e outras cidades é o aplicado na cidade sul-africana de Durban, onde existe o Durban Metropolitan Open Space System (D'MOSS). Ele conta com 74.000ha de área protegida (cerca de um terço da área do município), e é baseado na teoria de biogeografia de ilhas. O sistema possui reservas nucleares ligadas por corredores e áreas de amortecimento, como parques, jardins privados, cemitérios e áreas abertas (ADAMS, 2005, ETHEKIWINI MUNICIPALITY, 2011).

Por fim, apesar da importância do conjunto de áreas verdes urbanas para a conservação do ecótono Cerrado-Mata Atlântica no município analisado, o sistema deve ser fortalecido como política pública, considerando tratar-se de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade mundial, os hotspots.

## Bibliografia

- ADAMS, L. W. Urban wildlife ecology and conservation: A brief history of the discipline. p. 139–156, 2005.
- BERNARD, E.; PENNA, L. A. O.; ARAÚJO, E. Downgrading, Downsizing, Degazettement, and Reclassification of Protected Areas in Brazil. *Conservation Biology*, v. 28, n. 4, p. 939–950, 2014.
- BLAIR, R. The effects of urban sprawl on birds at multiple levels of biological organization. *Ecology and Society*, v. 9, n. 5, 2004.
- BODEVAN, I. L.; GON, C. W.; COELHO, A. OCORRÊNCIA DA INVASORA LEUCAENA LEUCOCEPHALA NA REGIONAL. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais...2016
- COSTA, C.; LAMAS, I. Planejamento estratégico do mosaico central fluminense, Rio de Janeiro, p. 1-51, 2010.
- COSTA, S. A. P.; ÁLVARES, L. C.; MACIEL, M. C.; TEIXEIRA, M. C. V.; COIMBRA, V. B. C.; SIMÃO, K. M. C.; PERNA, S. A.; GODINHO, L. R. OS ESPAÇOS LIVRES NA PAISAGEM DE. *Paisagem Ambiente: ensaios*, v. 26, p. 51–72, 2009.
- CUDA, J.; SKALOVA, H.; JANOVSKY, Z.; PYSEK, P. Competition among native and invasive *Impatiens* species: the roles of environmental factors, population density and life stage. *AoB Plants*, v. 7, p. 1-12, 2015.
- DAY, J.; DUDLEY, N.; HOCKINGS, M.; HOLMES, G.; LAFFOLEY, D.; STOLTON S.; WELLS, S. Guidelines for Applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas. *IUCN*, v. 19, p. 1-36, 2012.
- DEARBORN, D. C.; KARK, S. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology*, v. 24, n. 2, p. 432–440, 2010.
- DUARTE, R. H. À sombra dos ficus: cidade e natureza em Belo Horizonte. *Ambiente & sociedade*, v. 10, n. 2, p. 25–44, 2007.
- EISWERTH, M. E.; DONALDSON, S. G.; JOHNSON, W. S. Potential environmental impacts and economic damages of Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in western Nevada and Northeastern California. *Weed Technology*, v. 14, p. 511 – 528, 2009.
- ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.3. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2014.
- ESTAÇÃO ECOLÓGICA UFMG, 2017. Sobre a área, disponível em: [https://www.ufmg.br/estacaocologica/index.php?option=com\\_content&task=view&id=24&Itemid=40](https://www.ufmg.br/estacaocologica/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=40), acesso em 9 de julho de 2017.
- ETHEKIWINI MUNICIPALITY, What is the Durban Metropolitan Open Space System, disponível em: [http://www.durban.gov.za/City\\_Services/development\\_planning\\_management/environmental\\_planning\\_climate\\_protection/Durban\\_Open\\_Space/Pages/-What-is-the-Durban-Metropolitan-Open-Space-System.aspx](http://www.durban.gov.za/City_Services/development_planning_management/environmental_planning_climate_protection/Durban_Open_Space/Pages/-What-is-the-Durban-Metropolitan-Open-Space-System.aspx), acesso em 9 de outubro de 2017.
- FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, n. 1, p. 487–515, 2003.
- FELIX, D. F. Composição florística do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais Composição florística do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais, Bel. 2009.
- FITZGIBBON, S. I.; WILSON, R. S.; GOLDIZEN, A. W. The behavioural ecology and population dynamics of a cryptic ground-dwelling mammal in an urban Australian landscape. *Austral Ecology*, v. 36, n. 6, p. 722–732, 2011.

FRANÇOOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R.; Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza e Conservação*, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

GRAFIUS, D. R.; CORSTANJE, R.; SIRIWARDENA, G. M.; PLUMMER, K. E.; HARRIS, J. A. A bird's eye view: using circuit theory to study urban landscape connectivity for birds. *Landscape Ecology*, v. 32, n. 9, p. 1771–1787, 2017.

IBGE, Áreas Urbanizadas, 2015, disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia\\_urbana/areas\\_urbanizadas/default\\_2015.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/areas_urbanizadas/default_2015.shtm), acesso em 9 de outubro de 2017.

IBGE, Estimativas de População, 2017. disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985>, acesso em 9 de outubro de 2017.

JUNIOR, T. M.; PEDERSOLI, G.; DINIZ, M. G.; MENDES, L. G.; OURIQUES, E.; 2009. Avifauna do município de Belo Horizonte, disponível em: <http://www.taxeus.com.br/lista/9>, acesso em 19 de janeiro de 2018.

KNOGGE, C.; JENKINS, C. N.; UEZU, A. Use of small Atlantic Forest fragments by birds in Southeast Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, n. 1, p. 42–46, 2017.

LEIS MUNICIPAIS, 2014, LEI Nº 526 DE 2014, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rj/s/seropedica/lei-ordinaria/2014/52/526/lei-ordinaria-n-526-2014-dispoe-sobre-a-criacao-do-programa-de-incentivos-ambientais-entitulado-iptu-verde.html>, acesso em: 23 de outubro de 2017.

LEIS MUNICIPAIS, 2009, LEI Nº 2646 de 21/12/2009, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/i/ipatinga/lei-ordinaria/2009/264/2646/lei-ordinaria-n-2646-2009-cria-o-programa-iptu-verde-e-autoriza-a-concessao-de-desconto-no-imposto-predial-e-territorial-urbano-iptu-como-incentivo-ao-uso-de-tecnologias-ambientais-sustentaveis.html>, acesso em 23 de outubro de 2017.

LEIS MUNICIPAIS, 2008, LEI Nº 3157, DE 12 DE JUNHO DE 2008, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/c/campos-do-jordao/lei-ordinaria/2008/315/3157/lei-ordinaria-n-3157-2008-que-dispoe-sobre-desconto-no-iptu-referente-a-imoveis-com-area-verde-preservada.html>, acesso em 23 de outubro de 2017.

LOCKWOOD, J. L.; HOOPES, M. F.; MARCHETTI, M. P. *Invasion Ecology*. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

MACHADO, R. B.; NETO, M. B. R.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de Perda da Área do Cerrado Brasileiro. *Conservação Internacional*. Brasília - DF: [s.n.], 2004.

MAFIA, P. D. O.; OLIVEIRA, E. G. DE; BARÇANTE, L. Avifauna do Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Minas Gerais. *Atualidades Ornitológicas On-line*, v. 165, p. 33–39, 2012.

MAGALHÃES, D. M. Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte-MG apoiada por métricas de paisagem. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MARZLUFF, J. M. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: MARZLUFF, J. M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (Eds.). *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston, MA: Springer US, 2001. p. 19–47.

MATA DA PUC MINAS, 2011. Interação Homem/Natureza, disponível em: <https://matadapucminas.wordpress.com/2011/06/15/interacao-homemnatureza/#comments>, acesso em 10 de julho de 2017.

MEDEIROS, M. B. Parques Urbanos em Belo Horizonte: A Evolução De Uma Paisagem Cultural. Terceiro Colóquio Ibero Americano, n. 1, p. 1–21, 2014.

MEYER, S. T.; SILVIA, A. F.; JÚNIOR, P. M.; NETO, J. A. A. M. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta de galeria do Parque Estadual do Rola-Moça na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, n. 4, p. 701–709, 2004.

MMA, Geocatálogo, 2017. disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>, acesso em 16 outubro de 2017.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 786–792, 2000.

MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL E JARDIM BOTÂNICO DA UFMG, 2017. História do MHNJB, disponível em: <https://www.ufmg.br/mhnjb/museu/historico/historia-do-mhnjb/>, acesso em 13 de julho de 2017.

NIEMELA, J. Ecology and urban planning - ProQuest. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, n. Shepherd 1994, p. 119–131, 1999.

PBH, Missão e diretrizes, disponível em: [http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fundacaoparque&tax=22861&lang=pt\\_BR&pg=5521&taxp=0&](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fundacaoparque&tax=22861&lang=pt_BR&pg=5521&taxp=0&), acesso em 30 de junho de 2017, 2017.

PENA, J. C. DE C.; MARTELLO, F.; RIBEIRO, M. C.; ARMITAGE, R. A.; YOUNG, R. J.; RODRIGUES, M. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. *PLoS ONE*, v. 12, n. 3, p. 1–19, 2017.

PINTO, L. P.; HIROTA, M.; GUIMARÃES, E.; FONSECA, M.; MARTINEZ, D. I.; TAKAHASHI, C. K. Unidades de Conservação Municipais da Mata Atlântica. São Paulo, 2017.

REDLIST, The IUCN Red List of Threatened Species, 2018. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>, acesso em: 15 de janeiro de 2018.

ROSSI, R. D. Capim Gordura (*Melinis minutiflora*) no Parque Estadual da Serra do Rola Moça. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

SANTOS, M. O.; CARDOSO, J. F. Arranjo institucional como estratégia de sucesso na implantação do Parque Tecnológico de Belo Horizonte. XXIII Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas, 2013.

SETO, K. C.; GUNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 40, p. 16083–16088, 2012.

SHOCHAT, E.; LERMAN, S. B.; ANDERIES, J. M.; WARREN, P. S.; FAETH, S. H.; NILON, C. H. Invasion, Competition, and Biodiversity Loss in Urban Ecosystems, *BioScience*, v. 60, n. 3, p. 199 – 208, 2010.

SILVA, A. R. M.; LANDA, G. G.; VITALINO, R. F. Borboletas (Lepidoptera) de um fragmento de mata urbano em Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*, v. 8, n. 2, p. 137–142, 2007.

SOSMA; INPE. Fundação SOS Mata Atlântica Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ATLAS DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA PERÍODO 2015 – 2016. Instituto de Pesquisas 1-2012 São Paulo Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2015 - 2016. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/link/Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2015-2016\\_relatorio\\_tecnico\\_2017.pdf](https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2015-2016_relatorio_tecnico_2017.pdf)>, 2017.



TRZYNA, T.; HYMAN, G.; MCNEELY, J. A.; MYRDAL, B.; PHILIPS, A.; GROVES, C. Áreas Protegidas Urbanas - Perfis e diretrizes para melhores práticas. Gland, Suíça, 2014.

VALÉRY, L.; FRITZ, H.; LEFEUVRE, J. C.; SIMBERLOFF, D. Ecosystem-level consequences of invasions by native species as a way to investigate relationships between evenness and ecosystem function. *Biological Invasions*, v. 11, n. 3, p. 609–617, 2009.

WALTHER, G. R.; ROQUES, A.; HULME, P. E.; SYKES, M. T.; PYSEK, P.; KUHN, I.; ZOBEL, M. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 24, n. 12, p. 686–693, 2009.

WISCHHOFF, U.; MARQUES-SANTOS, F.; RODRIGUES, M. Nesting of the Cinereous Warbling Finch (*Pooipiza cinerea*) in Southeastern Brazil. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 124, n. 1, p. 166–169, 2012.

WWF-BRASIL. Implementação da avaliação rápida e priorização da gestão de unidades de conservação (RAPPAM) em unidades de conservação estaduais de Minas Gerais. p. 1-102, 2016.

## Material Suplementar

Tabela S1: Área dos tipos de uso de solo e ano de criação das APs de Belo Horizonte sob diferentes gestões. A classificação de uso de solo foi feita através da ferramenta *Maximum Likelihood Classification* no ArcGis 10.3 (ESRI, 2014). Os valores entre parêntesis se referem à porcentagem daquele uso de solo da área total da AP.

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Área das nascentes da Barragem Santa Lúcia	1997	0,42	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (3,80)	0,10 (24,75)	0,30 (71,46)
	2000	0,81	0,01 (0,75)	0,00 (0,00)	0,08 (10,09)	0,24 (29,33)	0,48 (59,84)
CEVAE - Capitão Eduardo	1995	0,67	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,23 (34,35)	0,44 (65,65)
	1995	1,55	0,00 (0,03)	0,00 (0,00)	0,14 (8,93)	1,02 (66,07)	0,39 (24,97)
CEVAE - Morro das Pedras	1995	0,97	0,01 (0,58)	0,00 (0,00)	0,04 (4,50)	0,52 (53,09)	0,41 (41,83)
	1995	2,39	0,01 (0,29)	0,00 (0,00)	0,06 (2,52)	0,42 (17,74)	1,90 (79,45)
CEVAE - Taquaril	1995	0,82	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,22)	0,07 (8,20)	0,75 (91,58)
	2002	2,6	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,25)	1,58 (60,90)	1,01 (38,85)
Fundação Zoobotânica	1959	119,65	0,09 (0,07)	0,00 (0,00)	5,01 (4,19)	31,28 (26,14)	83,27 (69,59)
	2010	43,58	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	5,46 (12,52)	20,05 (43,01)	18,07 (41,47)
G1	2010	29,18	0,21 (0,73)	0,00 (0,00)	0,33 (1,12)	7,77 (26,62)	20,87 (71,54)
G2	2010	36,77	0,04 (0,10)	0,00 (0,00)	0,21 (0,56)	4,32 (11,75)	32,20 (87,58)
G3	1996	60,86	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,38 (0,62)	22,08 (36,29)	38,39 (63,08)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Parque Alexander Brandt	1996	1.25	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,02)	0,04 (2,88)	1,21 (97,10)
Parque Amílcar Vianna Martins	2000	1.83	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,33 (17,90)	0,60 (32,77)	0,90 (49,33)
Parque Bandeirante Silva Ortiz	2002	0.98	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,17 (17,44)	0,13 (13,53)	0,68 (69,02)
Parque Carlos de Faria Tavares	1992	7.95	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,63 (7,91)	5,67 (71,37)	1,65 (20,72)
Parque Cássia Eller	2000	2.82	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,09 (3,19)	1,88 (66,59)	0,85 (30,23)
Parque da Matinha	1991	1.59	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (1,05)	0,07 (4,11)	1,51 (94,84)
Parque da Serra do Curral	2002	37.4	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	1,10 (2,93)	28,04 (74,96)	8,27 (22,10)
Parque da Vila Pantanal	2000	1.09	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,33 (30,47)	0,22 (19,84)	0,54 (49,68)
Parque da Vila Santa Sofia	2008	0.55	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,17 (30,82)	0,22 (37,42)	0,16 (29,76)
Parque das Nações	2002	11.08	0,02 (0,15)	0,00 (0,00)	1,83 (16,51)	4,72 (42,61)	4,51 (40,72)
Parque do Bairro Jardim Leblon	2001	0.99	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,15 (14,75)	0,37 (37,07)	0,48 (48,18)
Parque do Bairro Planalto	1996	2.62	0,00 (0,02)	0,00 (0,00)	0,10 (3,63)	1,11 (42,20)	1,42 (54,16)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Parque do Confisco	1999	2.78	0,14 (4,86)	0,00 (0,00)	0,63 (22,79)	1,48 (53,09)	0,54 (19,26)
Parque do Conjunto Estrela Dalva	2002	1.24	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,15 (11,83)	1,02 (82,47)	0,07 (5,69)
Parque do Conjunto Habitacional Lagoa	Não disponível	1.63	0,00 (0,02)	0,00 (0,00)	0,11 (6,52)	1,39 (85,62)	0,13 (7,84)
Parque Dona Clara	1998	2.91	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,97 (33,47)	1,29 (44,19)	0,65 (22,33)
Parque Ecológico do Brejinho	2007	4.21	0,09 (2,12)	0,00 (0,00)	2,53 (60,05)	1,53 (36,47)	0,06 (1,36)
Parque Ecológico e Cultural Enseada das Garças	2003	3.34	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (0,66)	2,47 (73,89)	0,85 (25,45)
Parque Ecológico e Cultural Jardim das Nascentes	2007	2.87	0,01 (0,21)	0,00 (0,00)	0,05 (1,61)	0,26 (9,03)	2,56 (89,15)
Parque Ecológico e Cultural Professor Marcos Mazzoni	1990	1.4	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,07 (4,73)	0,49 (35,01)	0,85 (60,22)
Parque Ecológico e Cultural Vitória	2005	10.08	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,08 (0,80)	7,16 (70,99)	2,84 (28,21)
Parque Ecológico e de Lazer do Bairro Caiçara	1996	1.16	0,01 (0,56)	0,00 (0,00)	0,25 (21,96)	0,08 (6,88)	0,82 (70,60)
Parque Ecológico Francisco Lins do Rêgo	2004	60.46	0,04 (0,06)	2,29 (3,79)	7,58 (12,54)	26,77 (44,27)	23,78 (39,34)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Parque Ecológico Maria do Socorro Moreira	2000	9.72	0,01 (0,14)	0,00 (0,00)	1,79 (18,38)	7,06 (72,56)	0,87 (8,92)
Parque Ecológico Nova Granada	1998	4.25	0,05 (1,14)	0,00 (0,00)	1,52 (35,69)	2,27 (53,40)	0,42 (9,77)
Parque Ecológico Padre Alfredo Sabetta	1999	5.37	0,00 (0,06)	0,00 (0,00)	0,24 (4,47)	4,48 (83,36)	0,65 (12,11)
Parque Ecológico Pedro Machado	2002	0.58	0,00 (0,59)	0,00 (0,00)	0,15 (25,21)	0,38 (65,80)	0,05 (8,39)
Parque Ecológico Renato Azeredo	1996	9.24	0,02 (0,20)	0,00 (0,00)	0,47 (5,08)	4,39 (47,54)	4,36 (47,18)
Parque Ecológico Roberto Burlle Marx	1994	17.4	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	1,56 (8,98)	7,82 (44,91)	8,02 (46,11)
Parque Ecológico Santo Antônio	2008	1.93	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,15 (7,85)	0,45 (23,36)	1,33 (68,78)
Parque Ecológico Telé Santana	2007	3.05	0,01 (0,18)	0,00 (0,00)	1,39 (45,64)	1,43 (46,84)	0,22 (7,34)
Parque Ecológico Vencesli Firmino da Silva	1995	2.01	0,00 (0,04)	0,00 (0,00)	0,69 (34,33)	1,12 (55,86)	0,20 (9,77)
Parque Ecológico Vida e Esperança do Tirol	2007	2.67	0,00 (0,06)	0,00 (0,00)	0,09 (3,41)	0,50 (18,61)	2,08 (77,92)
Parque Elias Michel Farah	1998	0.63	0,00 (0,15)	0,00 (0,00)	0,07 (10,92)	0,18 (28,64)	0,38 (60,29)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Parque Fernando Sabino	2005	18.58	0,01 (0,07)	0,00 (0,00)	2,20 (11,86)	11,79 (63,48)	4,57 (24,59)
Parque Fernão Dias	2009	2.7	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,95 (35,28)	1,58 (58,45)	0,17 (6,27)
Parque Fort Lauderdale	1993	16.97	0,00 (0,02)	0,00 (0,00)	0,38 (2,23)	11,75 (69,24)	4,84 (28,51)
Parque Goiânia	2007	1.37	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,14 (10,11)	0,86 (63,12)	0,37 (26,77)
Parque Halley Alves Bessa	1998	0.31	0,00 (0,02)	0,00 (0,00)	0,01 (3,84)	0,27 (88,42)	0,02 (7,72)
Parque Hugo Wurquim Werneck	2010	1.32	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,03 (2,46)	0,99 (75,08)	0,30 (22,46)
Parque Jacques Cousteau	1971	33.34	0,02 (0,07)	0,00 (0,00)	1,95 (5,86)	9,33 (27,97)	22,04 (66,10)
Parque Jardim Montanhês	2008	1	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,06 (5,88)	0,59 (58,68)	0,36 (35,45)
Parque Jornalista Eduardo Couri	1996	8.57	0,00 (0,00)	2,25 (26,28)	3,11 (36,27)	2,75 (32,09)	0,46 (5,36)
Parque José Dazinho Pimenta	2004	1.1	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,34)	0,07 (6,16)	1,03 (93,49)
Parque José Lopes dos Reis	2008	2.23	0,01 (0,61)	0,00 (0,00)	0,31 (13,79)	0,86 (38,66)	1,05 (46,94)
Parque Julien Rien	1978	1.48	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,07 (4,71)	0,13 (8,79)	1,28 (86,49)
Parque Juscelino Kubitschek	1990	2.83	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,59 (20,91)	1,77 (62,57)	0,47 (16,52)
Parque Leste	2010	219.18	0,21 (0,10)	0,00 (0,00)	5,19 (2,37)	63,05 (28,77)	150,73 (68,77)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Parque Linear Avenida José Cândido da Silveira	2006	5.14	0,18 (3,57)	0,00 (0,00)	0,77 (14,94)	2,45 (47,53)	1,74 (33,87)
Parque Linear do Vale do Arrudas	1999	5.25	0,04 (0,67)	0,00 (0,00)	3,71 (70,60)	1,50 (28,59)	0,01 (0,14)
Parque Marcus Pereira de Mello	1996	0.41	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,19)	0,04 (10,18)	0,37 (89,63)
Parque Mata das Borboletas	1995	3.57	0,00 (0,13)	0,00 (0,00)	0,17 (4,89)	0,20 (5,60)	3,19 (89,38)
Parque Mosteiro Tom Jobim	2001	0.64	0,00 (0,07)	0,00 (0,00)	0,00 (0,45)	0,03 (4,05)	0,62 (95,44)
Parque Municipal Américo Renné Giannetti	1897	19.05	0,00 (0,00)	1,10 (5,77)	1,37 (7,19)	2,64 (13,84)	13,94 (73,20)
Parque Municipal das Mangabeiras	1966	241.01	0,02 (0,01)	0,00 (0,00)	10,24 (4,25)	45,57 (18,91)	185,18 (76,83)
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	1994	31.68	0,00 (0,01)	1,07 (3,36)	2,03 (6,41)	2,72 (8,59)	25,86 (81,63)
Parque Municipal Ismael de Oliveira Fábregas	1999	1.02	0,00 (0,40)	0,00 (0,00)	0,32 (31,57)	0,45 (44,10)	0,24 (23,93)
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	1996	31.06	0,01 (0,02)	0,00 (0,00)	0,50 (1,60)	1,77 (5,69)	28,79 (92,69)
Parque Nossa Senhora da Piedade	2008	5.92	0,06 (1,05)	0,03 (0,55)	1,01 (17,00)	2,75 (46,47)	2,07 (34,93)

Gestão Municipal	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)		Área de Vegetação (ha)	
					Edificações e Solo Exposto (ha)	Vegetação rasteira (ha)	Vegetação arbórea/arbustiva	
Parque Oeste	2010	48.01	0,03 (0,07)	0,00 (0,00)	0,64 (1,33)	6,98 (14,53)	40,37 (84,08)	
Parque Olinto Marinho Couto	2010	4.4	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,07 (1,66)	2,68 (60,89)	1,65 (37,45)	
Parque Orlando de Carvalho Silveira	1996	2.68	0,01 (0,34)	0,00 (0,00)	0,52 (19,26)	1,96 (72,98)	0,20 (7,42)	
Parque Paulo Berutti	1998	2.92	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,55 (18,64)	1,98 (67,80)	0,40 (13,55)	
Parque Primeiro de Maio	2008	3.37	0,01 (0,35)	0,02 (0,59)	0,59 (17,39)	0,83 (24,64)	1,92 (57,02)	
Parque Professor Guilherme Lage	1982	12.27	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,74 (6,07)	3,00 (24,42)	8,53 (69,51)	
Parque Rosinha Cadar	1994	0.7	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,13 (18,66)	0,14 (20,09)	0,43 (61,25)	
Parque Vila Clóris	2004	0.92	0,00 (0,03)	0,00 (0,00)	0,05 (5,38)	0,26 (28,39)	0,61 (66,20)	
Parque-Escola Jardim Belmonte	1996	5.74	0,04 (0,61)	0,00 (0,00)	0,25 (4,41)	1,59 (27,78)	3,86 (67,19)	
Gestão Estadual	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva	
Estação Ecológica do Cercadinho	2006	224.75	1,56 (0,69)	0,15 (0,06)	12,34 (5,49)	121,37 (54,00)	89,33 (39,75)	
Parque Estadual da Baleia	1988	107.04	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	2,49 (2,33)	80,43 (75,14)	24,12 (22,53)	
Parque Estadual Serra do Rola Moça	1994	1380.8	0,76 (0,06)	0,10 (0,01)	24,08 (1,74)	921,17 (66,71)	434,66 (31,48)	
Parque Estadual Serra Verde	2007	137.69	0,15 (0,11)	0,00 (0,00)	3,80 (2,76)	62,64 (45,50)	71,09 (51,63)	



Gestão Universidades	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
Estação Ecológica UFMG	1979	118.43	0,07 (0,06)	0,00 (0,00)	3,30 (2,79)	14,18 (11,98)	100,87 (85,17)
Mata da Puc	1958	4.96	0,00 (0,01)	0,00 (0,00)	0,05 (1,06)	0,15 (3,05)	4,76 (95,89)
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	1968	57.04	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,43 (0,75)	1,16 (2,03)	55,45 (97,21)
Gestão Particular	Ano de criação	Área total (ha)	Área de Vias de trânsito (ha)	Área de Água (ha)	Área de Edificações e Solo Exposto (ha)	Área de Vegetação rasteira (ha)	Área de Vegetação arbórea/arbustiva (ha)
RPE Ambev	1997	1.41	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,23)	0,11 (7,57)	1,30 (92,19)
RPE Chácara J	2006	0.42	0,00 (0,09)	0,00 (0,00)	0,03 (5,96)	0,12 (28,36)	0,28 (65,58)
RPE Chácara Rancho Alegre	1999	2.18	0,01 (0,36)	0,00 (0,00)	0,06 (2,92)	0,51 (23,16)	1,61 (73,56)
RPE Chácara Santa Euália	2003	4.88	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,05 (1,09)	0,41 (8,47)	4,42 (90,44)
RPE Clube do Progresso	2013	3.95	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,09)	0,11 (2,88)	3,84 (97,03)
RPE Clube Topázio	2015	4.96	0,03 (0,65)	0,32 (6,50)	0,66 (13,37)	1,53 (30,72)	2,42 (48,76)
RPE do Mangabeiras	2014	0.05	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,03 (53,92)	0,01 (10,06)	0,02 (36,02)
RPE Parque Ecológico Veredas	1994	2.06	0,00 (0,00)	0,04 (1,90)	0,23 (11,36)	0,53 (25,82)	1,25 (60,92)
RPE Sítio Ipê Amarelo	2006	6.12	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,14 (2,32)	0,72 (11,71)	5,26 (85,98)
RPPN Minas Tênis Clube	2000	13.81	0,01 (0,07)	0,00 (0,00)	0,38 (2,73)	6,15 (44,52)	7,27 (52,68)

## Capítulo 2

### Planejando corredores ecológicos em área urbana no ecótone Cerrado-Mata Atlântica

#### Resumo

A supressão da vegetação nos hotspots Mata Atlântica e Cerrado devido à urbanização tem sido alarmante, sendo extremamente necessário proteger os fragmentos remanescentes e garantir a conexão entre eles. Neste estudo avaliamos qual o potencial de conservação de vegetação em um ecótone urbano entre Mata Atlântica e Cerrado, no município de Belo Horizonte, e analisamos onde seriam os corredores ecológicos mais viáveis à movimentação de espécies em diferentes cenários de ocupação urbana. Para tanto classificamos os usos do solo do município, verificamos onde seriam os corredores com menor custo para o fluxo de espécies além das áreas de construção e das barreiras a essa movimentação. Utilizamos cenários baseados na possível expansão urbana frente ao zoneamento da cidade e calculamos o custo da movimentação de espécies entre as maiores áreas protegidas urbanas por meio da ferramenta *Linkage Mapper* do *Circuitscape*. Os resultados mostram que Belo Horizonte conserva mais de 10% de seu território em áreas protegidas assim como cerca de 35% de sua vegetação arbórea/arbustiva. Além de visualizar os melhores corredores, encontramos que os cenários em que é esperada uma maior expansão de edificações oferecem resistência significativamente maior à movimentação de espécies do que o cenário atual ( $p < 0,001$ ), mas o comprimento dos corredores permanece o mesmo ( $p = 0,9043$ ). Vimos que a maioria das áreas de construção está nas regiões densamente ocupadas e que as barreiras são em sua maior parte as vias de trânsito. A identificação dos melhores corredores ecológicos pode auxiliar na tomada de decisões pelo poder público, visando conservar a biodiversidade em áreas urbanas. Os métodos utilizados podem ser amplamente replicados a outras áreas.

## Abstract

The suppression of vegetation in the Brazilian hotspots Mata Atlântica and Cerrado due to urbanization has been alarming; therefore, it is extremely necessary to protect the remaining fragments and to guarantee the connection between them. In this study our goal was to analyze the potential to conserve the vegetation in an urban ecotone between Mata Atlântica and Cerrado, in the municipality of Belo Horizonte, and also search where would be the best ecological corridors to the flow of species in face of different scenarios of urban sprawl. We classified the types of use of soil in the municipality, verified where would be the least cost corridors for the flow of species and also the pinch points and barriers for their movement. We used scenarios based on the possible urban sprawl due to the politic zoning of the city and we calculated the moving cost of species between the largest urban protected areas with the tool Linkage Mapper from Circuitscape. The results showed that Belo Horizonte conserves more than 10% of its territory in protected areas and around 35% of its tree and shrubs as well. Besides the possibility that we could visualize where would be the best corridors, we also encountered that the scenarios with the highest sprawl of buildings offer a significantly higher resistance to the flow of species when compared to the present scenario ( $p < 0,001$ ), but the length of the corridors remained the same ( $p = 0,9043$ ). We also saw that the majority of pinch points are in densely occupied regions and that most of the barriers to the flow of species are roadways. This study shows that an analysis of the best ecological corridors can help in the decision making by the public power, with the goal of conserving biodiversity in urban areas. The methods here utilized can also be widely replicated for other areas.

Palavras chave: Conservação da biodiversidade, bioma Cerrado, bioma Mata Atlântica, *Circuitscape*, corredores ecológicos.

## 1. Introdução

Áreas protegidas (APs) são cruciais para a proteção de espécies silvestres frente à atual destruição do meio ambiente, mas nem sempre são suficientes para garantir a manutenção da biodiversidade em longo prazo. As APs podem não ser grandes o suficiente para abrigar certas populações por várias gerações e podem se tornar isoladas com a supressão de vegetação de seu entorno. Áreas de vegetação nativa remanescentes, fora das áreas legalmente delimitadas como áreas protegidas, aumentam o tamanho efetivo da área conservada e auxiliam na manutenção dos processos ecológicos (DEFRIES et al., 2005), mas a insuficiência de políticas públicas ou falhas em sua aplicação levam a uma maior fragmentação de habitats e comprometimento de seus processos ecológicos.

A conservação da biodiversidade em ambientes urbanos é importante não apenas por si ou por motivos éticos, mas também pelos benefícios que tem sobre as pessoas que neles residem ou frequentam essas áreas. As áreas conservadas levam à aclimatação, redução da poluição sonora, visual e do ar (TZOULAS et al., 2007), além de proporcionar a melhoria das condições físicas e mentais, com o aumento da longevidade das pessoas que moram próximas a elas ou as visitam (TAKANO; NAKAMURA; WATANABE, 2002). Além disso, o contato dos cidadãos com uma AP urbana também pode levá-los a tomar atitudes mais sustentáveis e protetivas com relação ao meio ambiente (TRZYNA, 2005).

No Brasil, a rápida expansão urbana tem preocupado conservacionistas devido à resultante perda de biodiversidade (MORELLATO; HADDAD, 2000, FRANÇOSO et al., 2015). Estima-se que 85% da população brasileira vivia em cidades em 2014 e que a população urbana continuará em crescimento nas próximas três décadas (NATIONS, 2014). Devido ao processo de urbanização e expansão agropecuária, dentre outros usos, muito se tem perdido da vegetação nativa de biomas considerados hotspots para conservação, como o Cerrado e a Mata Atlântica. A perda anual de Cerrado é, numa estimativa conservadora, de 1,1% ao ano, sendo que existe menos de 34% de sua cobertura original (MACHADO et al., 2004). A Mata Atlântica, no ano de 2016, possuía apenas

12,4% de sua cobertura original e o cenário futuro não é positivo, como se pode notar pelo aumento do desmatamento em 57,7% de 2015 a 2016, comparado ao período de 2014 a 2015 (SOSMA; INPE, 2017). Assim, é importante se planejar a ocupação do espaço urbano nesses biomas, de modo a preservar o máximo de áreas naturais que ainda existem e que o crescimento urbano que está por vir altere pouco o que ainda resta desses ambientes tão diversos.

Um dos elementos importantes para a conservação da biodiversidade é o planejamento da conectividade de habitats na paisagem urbana (TAYLOR; FAHRIG; WITH, 1997). A conectividade é o grau com que a paisagem facilita o movimento entre fragmentos que contenham o recurso utilizado por uma dada espécie (TAYLOR et al., 1993). Ela pode ser considerada funcional ou estrutural, sendo que a primeira trata de como as espécies se movimentam numa dada paisagem, de modo que a movimentação aumenta ou diminui com a mudança de alguma estrutura da paisagem como por exemplo, da densidade de árvores (TAYLOR; FAHRIG; WITH, 1997). Já a conectividade estrutural diz respeito às características físicas de um habitat, como a presença ou ausência de vegetação, mas não necessariamente à alteração do fluxo de espécies (TAYLOR; FAHRIG; WITH, 1997). Restaurar áreas essenciais para movimentação da fauna e saber quais as barreiras para a movimentação das espécies são medidas vitais para restaurar a conectividade funcional de uma paisagem e garantir a perpetuidade das populações naturais (DUTTA et al., 2016).

Para viabilizar a conectividade entre fragmentos de vegetação existem duas estratégias básicas: a primeira é conservar áreas que facilitem a movimentação de espécies; a segunda é restaurar áreas que impedem esse fluxo ou desenvolver projetos que o facilite, como construir viadutos sobre rodovias para o trânsito de vida selvagem (MCRAE et al., 2012). A primeira estratégia tem sido a mais adotada e emprega análises de mapeamento de áreas que ainda estão conservadas e que tenham potencial para receber fluxo de espécies (MCRAE et al., 2012). Já a segunda tem sido menos utilizada, apesar de seus benefícios (MCRAE et al., 2012). A identificação de barreiras é importante para priorizar áreas que podem ser restauradas. Essa restauração

pode levar à criação de faixas de vegetação menores que os corredores já existentes, beneficiando a conexão entre os fragmentos de vegetação por diminuir a área em que as espécies teriam que se locomover (MCRAE et al., 2012). Além do mais, a restauração de barreiras pode adicionar redundância aos corredores já existentes, e, portanto, elevar o número de caminhos onde pode ocorrer o fluxo das espécies (MCRAE et al., 2012).

Considerando os hotspots brasileiros, Cerrado e Mata Atlântica, e a expansão de áreas urbanas, o município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é um bom modelo para estudo sobre a conservação da biodiversidade urbana, já que se localiza em área de ecótono entre esses dois biomas. Belo Horizonte apresenta 364 espécies de aves registradas (JUNIOR et al., 2009) além disso, estudos desenvolvidos em algumas de suas áreas protegidas registraram elevada biodiversidade. Por exemplo, no Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado já foram registradas 110 espécies de aves (MAFIA; OLIVEIRA; BARÇANTE, 2012), no Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB UFMG), 399 espécies vegetais, sendo 43% nativas (FELIX, 2009), e na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, 98 espécies de abelhas (ANTONINI; MARTINS, 2003). Belo Horizonte é o terceiro município mais urbanizado do Brasil e tem ainda índices positivos de crescimento urbano (IBGE, 2015). Algumas áreas verdes desocupadas ou pouco ocupadas já são alvo de expansão urbana, colocando em risco a rede de fragmentos vegetais existentes. Outras áreas estão em risco por se encontrarem em zonas onde a ocupação urbana é estimulada, segundo o zoneamento municipal. É necessário, então, que a ocupação prevista não ameace ainda mais a conectividade entre os fragmentos de vegetação protegidos. Visando contribuir com ações de conservação ligadas ao planejamento urbano do município analisamos neste estudo: 1) a área de vegetação remanescente no município que pode ser perdida caso as atividades permitidas pelo zoneamento urbano sejam efetivadas e; 2) áreas propícias à movimentação das espécies e barreiras ao fluxo das mesmas, a fim de verificar quais delas devem ser priorizadas para conectar grandes fragmentos de vegetação.

## 2. Métodos

### 2.1 Área de estudo

A área estudada foi o município de Belo Horizonte (19W 55' 37", 43S 56' 34"), capital do estado de Minas Gerais (Fig. 1). É uma das primeiras cidades planejadas do Brasil, e foi delineada para abrigar o verde, segundo projeto de 1894 do engenheiro Aarão Reis, que previa um total de 952.651 m<sup>2</sup> em áreas verdes para uma população prevista de 200 mil habitantes (COSTA et al., 2009). Atualmente a cidade abriga mais de 2.500.000 habitantes numa área de 331,40 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Belo Horizonte se encontra na faixa de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, com campos rupestres na Serra do Curral, situada na região sul (MAGALHÃES, 2013).

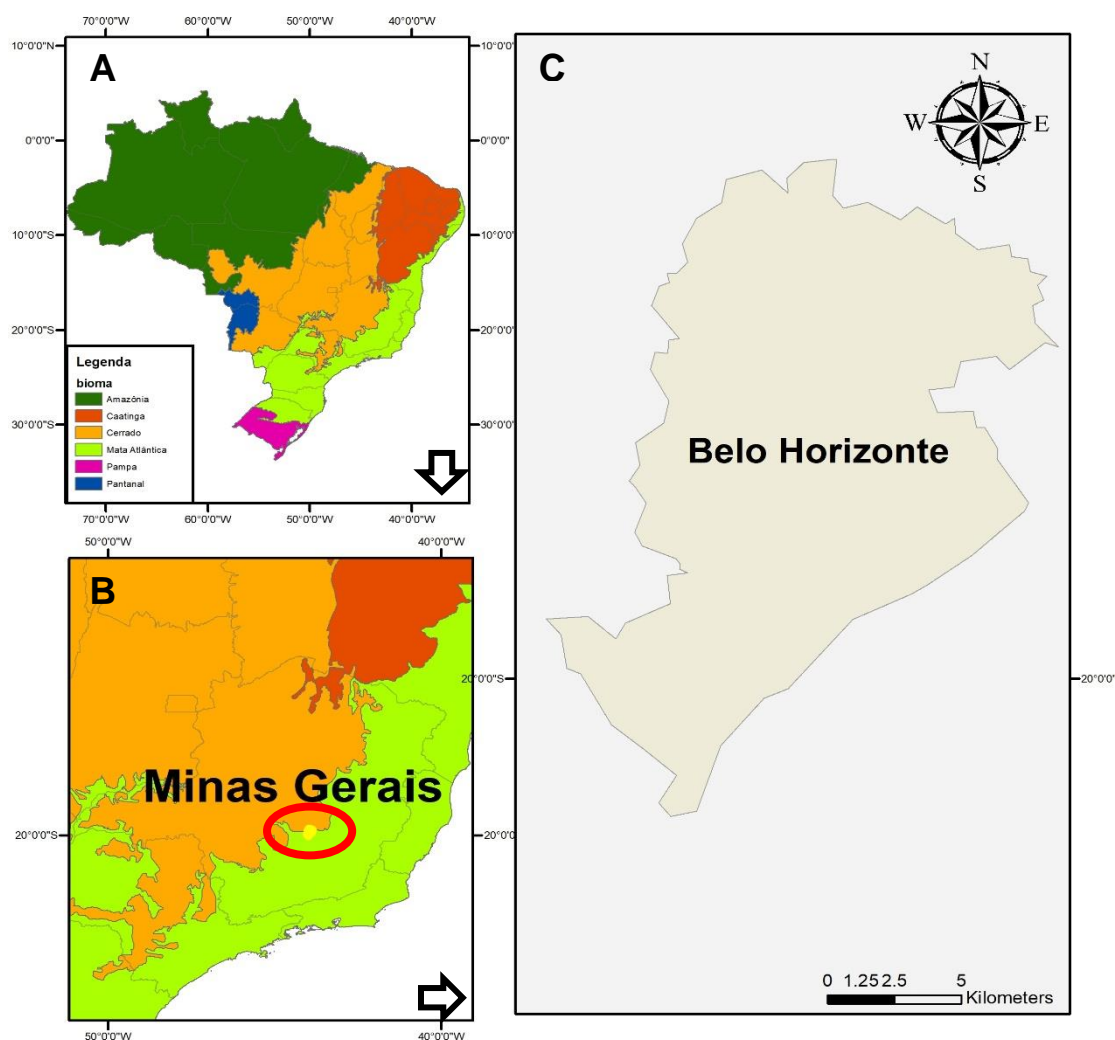


Figura 1: Localização da área de estudo. A: Brasil com seus biomas. B: Estado de Minas Gerais com indicação, em amarelo, do município de Belo Horizonte. C: Município de Belo Horizonte com indicação dos biomas existentes e limites das áreas protegidas.

A vegetação de Belo Horizonte se encontra em praças, logradouros públicos, Parques Municipais, Unidades de Conservação estaduais, universidades, espaços privados protegidos, dentre outros locais, distribuídos pelas 17 zonas que compõem o zoneamento urbano para uso e ocupação do solo (Fig. 2, Tab. 1).

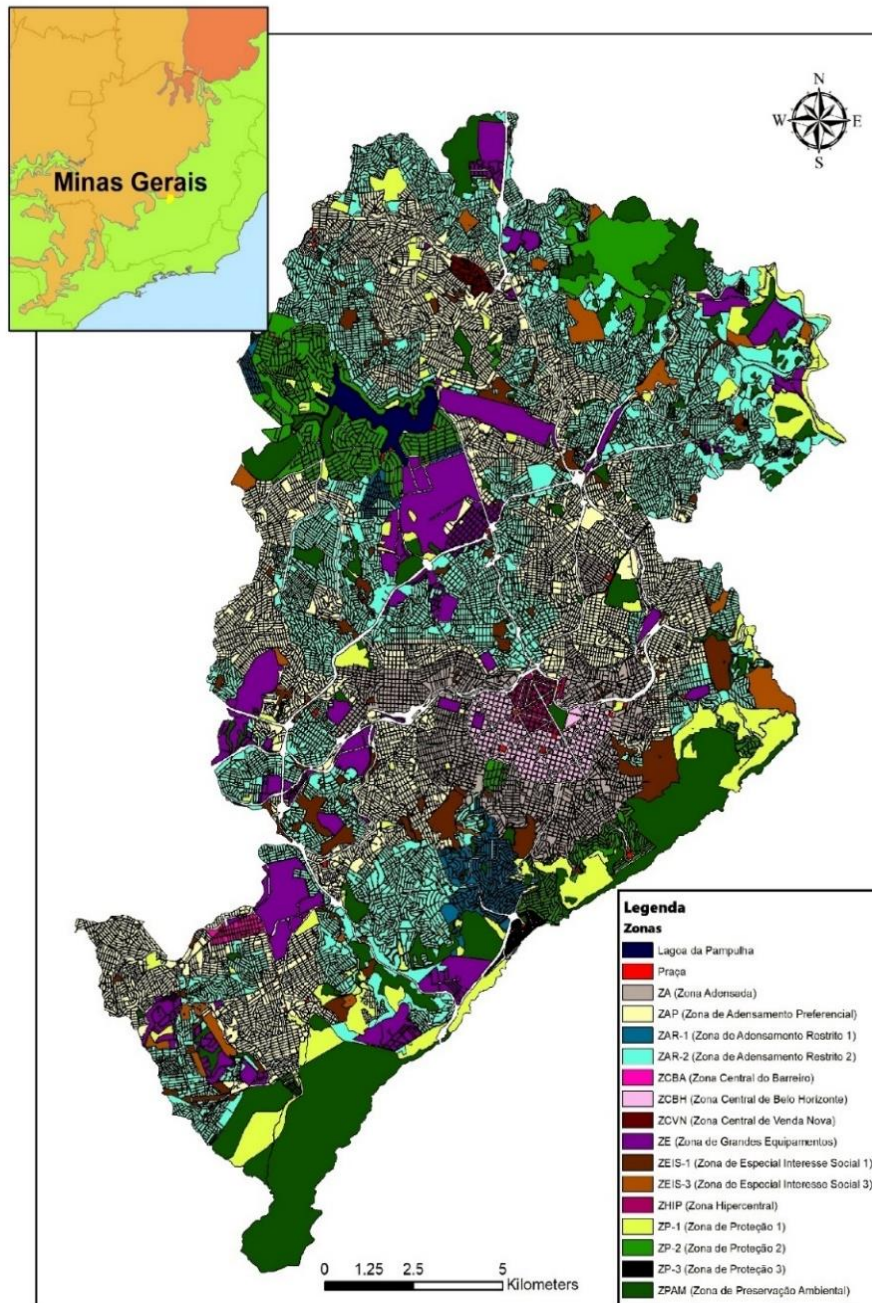


Figura 2: Zoneamento de uso e ocupação do solo em Belo Horizonte, Minas Gerais segundo a lei municipal nº 7166, de 27 de agosto de 1996. Em branco, entre os polígonos das zonas, há o território destinado as vias de trânsito, sendo pavimentadas e não pavimentadas.



Tabela 1: Descrição das zonas de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, Minas Gerais, adaptada da lei municipal de zoneamento urbano nº 7166, de 27 de agosto de 1996.

Zonas	Denominação	Definição
Zona de Preservação Ambiental	de ZPAM, Lagoa, Praça	Zonas destinadas à preservação e recuperação de ecossistemas, onde é vedada a ocupação do solo, exceto para sua própria manutenção
Zona de Proteção	ZP1, ZP2 e ZP3	Zonas onde a ocupação é de baixa densidade tendo em vista a proteção ambiental e preservação do patrimônio cultural
Zona de Adensamento Restrito	de ZAR1, ZAR2	Zonas onde a ocupação é desestimulada, em razão da deficiência de infraestrutura ou de adversidade das condições topográficas
Zona de Adensamento	de ZA	Zonas com alta densidade demográfica onde o adensamento deve ser contido
Zona de Adensamento Preferencial	de ZAP	Zonas onde a ocupação é estimulada pelas condições favoráveis de topografia e infraestrutura
Zonas Centrais	ZHIP, ZCBH, ZCBA, ZCVN	Zonas com centros de polarização regional pela concentração do comércio e fornecimento de serviços
Zona de Especial Interesse Social	ZEIS1, ZEIS3	Zonas com regiões edificadas com ocupação espontânea onde há interesse no ordenamento urbano
Zonas de Grandes Equipamentos	de ZE	Zonas destinadas a usos da estrutura urbana, sendo que cada ZE tem seu padrão urbanístico
Áreas destinadas a vias de trânsito	Áreas destinadas a vias de trânsito	Áreas entre as zonas de uso e ocupação do solo onde é reservado o espaço para pavimentação de vias de trânsito. Até o presente momento algumas dessas áreas ainda não foram pavimentadas e, portanto, podem apresentar grande proporção de vegetação

## 2.2 Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo em Belo Horizonte

Fizemos a classificação da cobertura vegetal e do uso de solo de Belo Horizonte utilizando quatro imagens RapidEye de 2014, com resolução de 5 x 5 m, obtidas no geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017). Por meio da ferramenta *Maximum Likelihood Classification* do software ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014), classificamos cada uma das imagens em: edificações e solo exposto; vias de trânsito; vegetação arbórea/arbustiva; vegetação rasteira; e água.

Para as edificações, solo exposto e vias de trânsito utilizamos as cores branca, cinza e bege, respectivamente. Como as vias de trânsito apresentam

mais permeabilidade à movimentação de espécies do que as áreas densamente edificadas (GRAFIUS et al., 2017), utilizamos *shapefile* de vias de Belo Horizonte para classificar essas áreas de modo diferente das edificações e solo exposto. A vegetação arbórea/arbustiva foi representada pela cor vermelha com aspecto enrugado, enquanto a vegetação rasteira por tons de vermelho claro para rosa e aspecto liso (Fig. 3). O tipo de uso de solo água foi representado por cor azul escuro e preto. A pequena área representada pela água nesse estudo ocorreu devido à classificação utilizada por satélite, pois se há vegetação acima da área com água (matas ciliares e, ou, grandes copas de árvores) o corpo d'água não é detectado e aquele pixel é classificado como vegetação. Porém, os corpos d'água aparecem em pelo menos 36 APs (MEDEIROS, 2014).

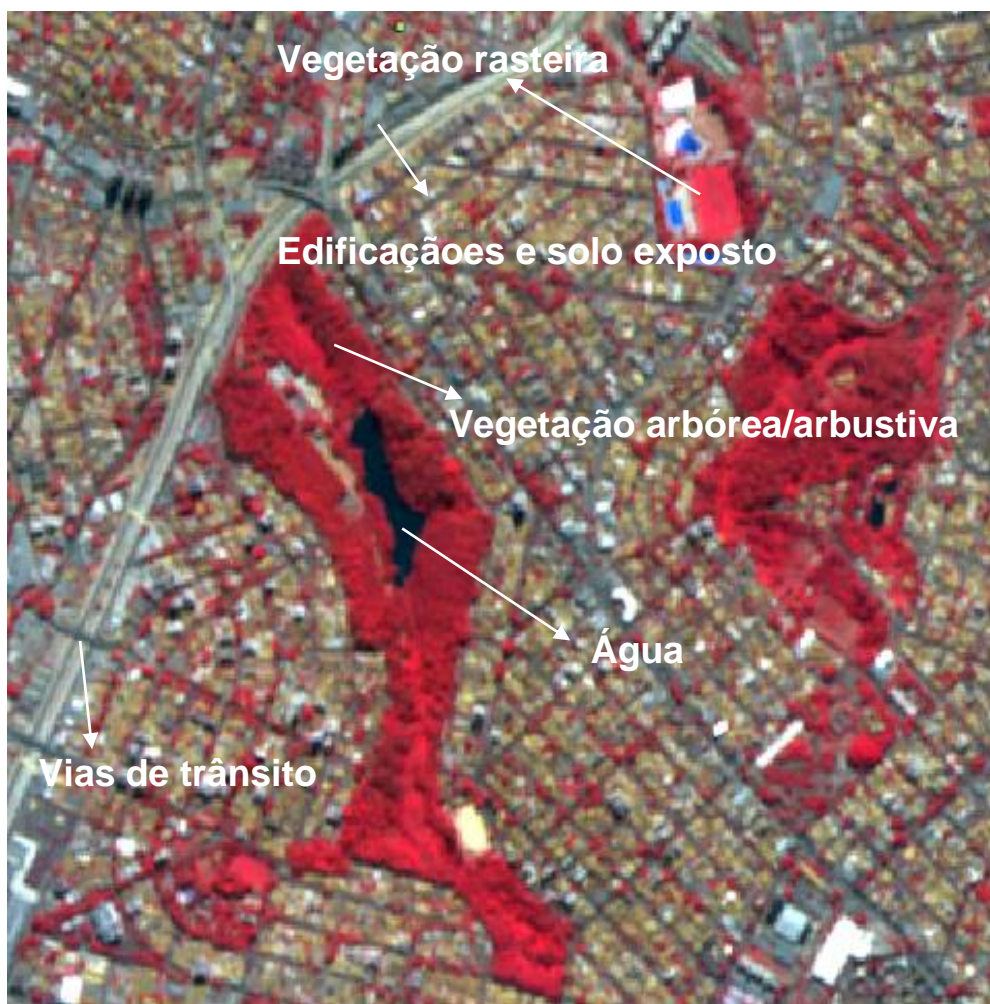


Figura 3: Exemplo de imagem utilizada para classificação de uso de solo em Belo Horizonte. Vermelho escuro e textura enrugada= Vegetação arbórea/arbustiva; Vermelho claro a rosa e textura lisa= Vegetação rasteira; Azul-escuro a preto= Água; Cinza, branco e bege= Vias de trânsito, Área de edificações e solo exposto.

### 2.3 Fragmentos totais de vegetação

Para verificar a proximidade entre os fragmentos de vegetação, protegidos ou não, utilizamos a ferramenta *Average nearest neighbors* do ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014). O algoritmo analisa se a distribuição dos fragmentos é mais agregada do que ao acaso, dada uma distribuição aleatória, e informa a distância média encontrada e a esperada entre os fragmentos. A métrica ainda gera um índice de proximidade (*Nearest Neighbor Index*) que é a razão entre a distância média encontrada e a distância média esperada entre os fragmentos, de modo que, se o valor desse índice for menor do que 1 a distribuição dos fragmentos é considerada agrupada.

### 2.4 Construindo cenários de perda de vegetação e possíveis corredores ecológicos

Para verificar a perda provável de vegetação não protegida em Belo Horizonte analisamos qual seria a redução referente à conversão de uso de solo nas zonas menos restritivas, que são ZAP, ZA, ZCs, ZEIS (Tab. 1). Para tanto transformamos a área de vegetação arbórea/arbustiva e rasteira dessas zonas em áreas de edificação, simulando um cenário crítico onde toda a vegetação seria convertida, e calculamos a perda de vegetação para o município de Belo Horizonte. Não convertemos a vegetação da área destinada às vias de trânsito pois parte dessa vegetação está em canteiros centrais e laterais onde não a construção de edificações é improvável.

Para avaliar onde estariam os corredores ecológicos funcionais de menor custo para fluxo de fauna e dispersão da flora utilizamos a ferramenta *Linkage Mapper* para ArcGis, do programa *Circuitscape* (MCRAE; SHAH; EDELMAN, 2016). Essa ferramenta fornece o corredor com menor custo para a travessia de espécies entre áreas selecionadas com base numa grade de resistência. Essa grade é composta pela classificação de uso solo, sendo que cada uso recebeu um valor de resistência que indica o grau de dificuldade para a movimentação de espécies. À vegetação arbórea/arbustiva demos o peso 1, o menor peso de resistência, pois é utilizada como alimentação, trampolins ecológicos e abrigo. Ela representa as áreas de Floresta Estacional Semidecidual e fitofisionomias arbóreo-arbustiva de Cerrado, apesar ocorrer também espécies exóticas. À

vegetação rasteira demos o peso 50 pois, ao contrário da vegetação arbórea/arbustiva, as opções para pouso são menores. À água demos o peso 200, pois pode servir como locais de pouso e de alimentação para algumas espécies, porém para várias outras os corpos d'água podem ser barreira para transposição (TREMBLAY; ST. CLAIR, 2009). Às vias de trânsito demos o peso 300, pois nelas encontram-se alguns locais para pouso, como postes e fiação, porém há o risco de colisão com veículos, além de apresentar pouco ou nenhum recurso alimentar. As edificações receberam o maior peso, 500, pois representam maior impedimento físico ao voo, quando adensadas. Os pesos foram baseados em GRAFIUS et al. (2017) e MCRAE et al. (2008).

Selecionamos fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva maiores do que 20 ha para ser conectados e que estivessem totalmente inseridos em alguma área protegida. As APs urbanas que ocorrem na área de estudo são as Unidades de Conservação, parques municipais, reservas particulares e áreas protegidas por universidades. A ferramenta *Linkage Mapper* calcula a distância euclidiana entre cada fragmento selecionado e depois, utilizando a grade de resistência, calcula qual o caminho menos custoso entre cada fragmento, de acordo com a menor distância ponderada pela resistência.

Analisamos também quais áreas protegidas e corredores seriam essenciais para manter a rede de corredores conectados através da ferramenta *Centrality Mapper* (MCRAE; SHAH; EDELMAN, 2016). Essa ferramenta calcula a centralidade do fluxo de corrente, mensurando assim a importância de um fragmento e um corredor para manter toda a rede de fragmentos conectada.

Com o intuito de prever cenários futuros de perda de vegetação proveniente da expansão urbana de Belo Horizonte analisamos diferentes cenários simulando a expansão urbana. Para isso utilizamos o zoneamento da cidade para ver quais as áreas mais passíveis de supressão da vegetação e substituímos essas áreas por edificações, de modo que a resistência de cada pixel mudou de 1 e 50 (vegetação arbórea/arbustiva e rasteira), para 500 (edificações). Fizemos quatro diferentes cenários, sendo o primeiro considerando a classificação de cobertura vegetal e uso do solo atual. No

segundo cenário (ZAEIS) substituímos toda a vegetação por edificações nas zonas ZA, ZAP, ZEIS, ZC, onde a ocupação é estimulada. No terceiro cenário (ZAREIS) fizemos a substituição nas zonas ZA, ZAP, ZEIS, ZC, ZAR e ZE. Na zona ZAR o adensamento urbano não é estimulado devido à falta de estrutura ou à topografia. Porém, essa zona permite a implantação de infraestrutura caso o número de habitantes aumente. O mesmo pode ocorrer na zona ZE, que abriga equipamentos públicos. No quarto e último cenário (ZPRAEIS), suprimimos toda a vegetação das zonas ZA, ZAP, ZEIS, ZC, ZAR, ZE e ZP. As zonas ZP são mais restritivas, porém, não é impossível sua ocupação de acordo com a legislação, sendo já estimulada em algumas áreas com extensa cobertura vegetal. Nenhuma das APs ou área destinada às vias de trânsito teve a vegetação suprimida nessa análise de cenários.

Para cada cenário a ferramenta *linkage mapper* gerou um número diferente de corredores entre os 18 fragmentos selecionados (Cenário Atual= 32, ZAEIS= 31, ZAREIS= 40, ZPRAEIS= 30). Essa diferença no número de corredores ocorreu porque a ferramenta inativa corredores que se sobrepõem muito, por serem redundantes. Comparamos os cenários por meio de GLM com distribuição binomial negativa, análise de variância ANOVA e análise de contraste para separação dos grupos, no software R (R CORE TEAM, 2016) para analisar se com a perda das áreas cobertas por vegetação nessas zonas seria diferente: a) o comprimento dos corredores; b) a distância ponderada pela resistência; c) a distância ponderada pela resistência dividida pelo comprimento do corredor. Através da ferramenta *Centrality Mapper*, do *Circuitscape*, que calcula em quais áreas deve haver maior fluxo de organismos para que toda a rede de fragmentos seja conectada, verificamos quais os corredores e fragmentos teriam a maior centralidade.

## 2.5 Área de constrição

Com a ferramenta *Pinchpoint Mapper* do *Circuitscape* (DUTTA et al., 2016) verificamos onde seriam as áreas de constrição dos corredores, nos diferentes cenários. Uma área de constrição é um local onde sua perda resultaria em um maior custo de movimentação para uma espécie, além de uma mudança no trajeto do corredor, uma vez que não haveria alternativas próximas para essa

movimentação. Portanto, são áreas prioritárias para a conservação. Para a análise dessas áreas utilizamos a grade de resistência do cenário atual e os 18 fragmentos selecionados. Nessa análise são geradas várias possibilidades de corredores de baixa resistência ao fluxo de espécies entre os fragmentos (MCRAE et al., 2008), representados neste estudo por corredores com maior densidade de vegetação arbórea/arbustiva.

Só analisamos áreas de constrição com comprimento maior que 4 células (20 m), que podem oferecer maior resistência à movimentação ou dispersão de espécies. Para verificar se o número de áreas de constrição é maior em corredores longos e custosos ao fluxo de espécies, analisamos por modelo linear se o número de áreas de constrição é correlacionado com a razão entre custo e distância dos corredores, e utilizamos o teste de variância ANOVA para verificar se a chance de ocorrer o resultado encontrado era maior do que encontrá-lo por acaso. As análises estatísticas foram feitas no software R (R CORE TEAM, 2016).

## 2.6 Barreiras

Através da ferramenta *Barrier Mapper*, mapeamos as barreiras que, caso retiradas, poderiam formar corredores de baixa resistência à movimentação de espécies, indicando assim áreas prioritárias para restauração de ambientes naturais (MCRAE et al., 2012).

## 3. Resultados

### 3.1 Classificação da cobertura vegetal e do uso de solo da área do município

A maior parte de Belo Horizonte é composta por edificações e solo exposto, mas o município ainda contém uma área expressiva (44,69%) coberta por diferentes tipos de vegetação (Tab.1. Fig. 4). Da área total do município 10,04% estão legalmente protegidos em 98 APs.

Tabela 1: Área (em ha) e percentual do município coberto por cada tipo de uso de solo do município de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Classificação	Área (ha)	Percentual (%) da área do município
Edificações e Solo exposto	15.389,13	46,45
Vias de trânsito	2.933,20	8,85
Vegetação arbórea/arbustiva	4.500,27	13,58
Vegetação rasteira	10.092,13	30,46
Água	215,86	0,65
Total	33.130,59	100

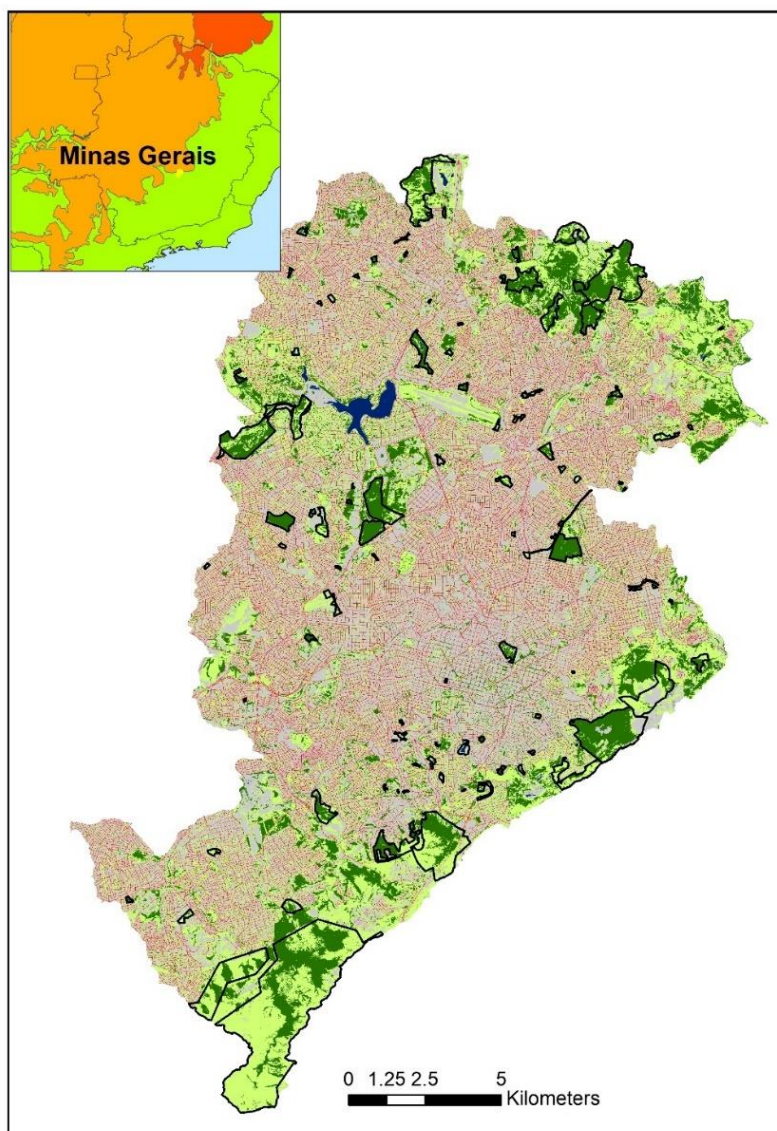


Figura 4: Classificação do uso de solo no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Perímetros em preto delimitam as Áreas Protegidas. Verde escuro= vegetação arbórea/arbustiva; verde claro= vegetação rasteira; cinza= Edificações e Solo Exposto; azul= Água; vermelho= Vias de trânsito.

### 3.2 Fragmentos de vegetação

Existem no município 46.240 fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva com área média de 0,1 ha, sendo eles mais agregados do que o esperado e com distância média de 31,27 m ( $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -169,12$ ). Registramos 178.507 fragmentos de vegetação rasteira, com área média de 0,06 ha, sendo eles também mais agregados do que o esperado, apresentando distância média de 20,74 m ( $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -213,01$ ). As APs apresentam 4.422 fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva, com área média de 0,36 ha, e 5.412 fragmentos de vegetação rasteira, com área média de 0,30 ha, ambos mais agregados do que o esperado (arbórea/arbustiva:  $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -101,35$ ; rasteira:  $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -113,14$ , Tab. 2, Fig. 5).

Tabela 2: Número de fragmentos, área média, mediana, distância média entre fragmentos e índice de proximidade dos fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva e rasteira, localizados ou não em Áreas Protegidas do município de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Vegetação	Número de fragmentos	Área média (ha) ± desvio padrão	Mediana (ha)	Distância média (m)	Distância esperada (m)	Índice de proximidade
Arbórea/arbustiva total	46.240	0,1 ± 3,05	0,0075	31,27*	49,83	0,63
Arbórea/arbustiva em Áreas Protegidas	4.422	0,36 ± 6,68	0,005	34,96*	167,07	0,21
Rasteira total	178.507	0,06 ± 3,11	0,0075	20,74*	28,16	0,74
Rasteira em Áreas Protegidas	5.412	0,30 ± 11,03	0,005	29,95*	152,75	0,20

\* = Diferença significativa em comparação com a distribuição aleatória com valor de  $p < 0,05$ . Vegetação arbórea/arbustiva  $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -169,12$ ; Vegetação arbórea/arbustiva protegida  $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -101,35$ ; Vegetação rasteira  $p < 0,0001$  e  $Z\text{-value} = -213,01$ ; Vegetação rasteira protegida  $p < 0,0001$ ,  $Z\text{-value} = -113,14$ .



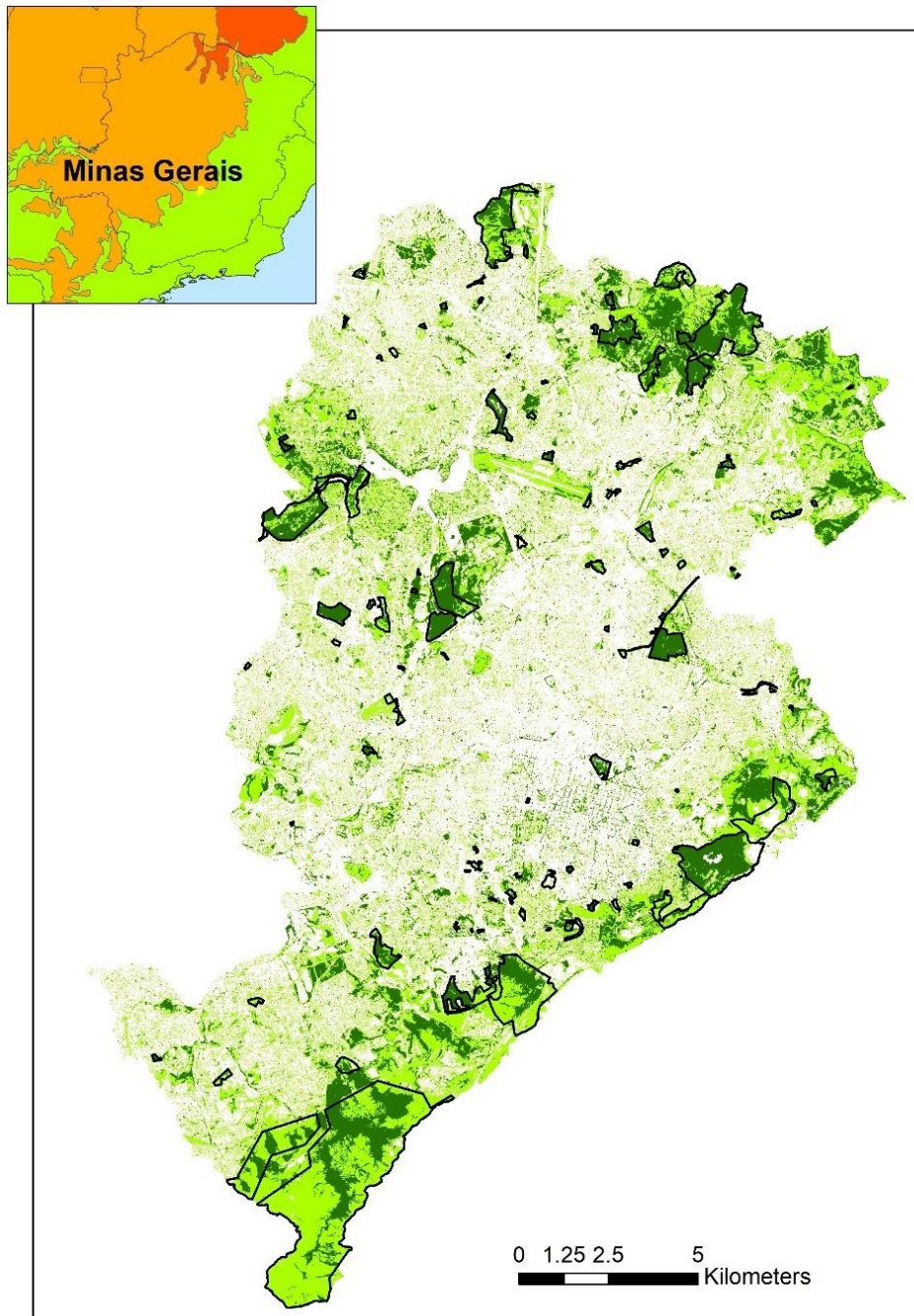


Figura 5: Fragmentos de vegetação em Belo Horizonte, Minas Gerais. Vegetação arbórea/arbustiva= verde escuro; vegetação rasteira= verde claro. Perímetro das áreas protegidas em preto. A imagem superior esquerda mostra Minas Gerais com seus biomas e área de estudo, o município de Belo Horizonte, em amarelo.

### 3.3 Classificação da cobertura vegetal e do tipo de uso de solo por zonas de ocupação, em Belo Horizonte

A zona com maior área de vegetação arbórea/arbustiva é a ZPAM, seguida de ZP, ZAR, ZE e a área destinada às vias de trânsito (Tab. 3). A menor extensão de vegetação arbórea/arbustiva encontra-se nas ZEIS e ZC. ZAR

possui a maior extensão de vegetação rasteira e ZC a menor área desse tipo de vegetação, por também ser a zona de menor extensão (Tab. 3). ZPAM, ZP, ZAR e áreas destinadas às vias de trânsito também possuem as maiores extensões de vegetação rasteira. Nas áreas destinadas a vias de trânsito ocorre não só vegetação marginal às vias e nos canteiros centrais, mas também vegetação rasteira por parte dessas áreas ainda não ter sido pavimentada. Todas as zonas, à exceção de ZPAM, apresentam mais de 85% de sua área de vegetação distribuída fora de áreas protegidas. ZAR é a zona com maior área de vegetação arbórea/arbustiva e rasteira não incorporada a áreas protegidas. Levando em conta que as zonas mais permissivas à ocupação são ZE, ZA, ZAP, ZC e ZEIS, 14,82% de vegetação arbórea/arbustiva e 28,16% de vegetação rasteira podem ser perdidas às custas da expansão de áreas com edificações.

Tabela 3: Área de vegetação arbórea/arbustiva e rasteira por zona de Belo Horizonte (Lei municipal Nº 7166, de 27 de agosto de 1996) e porcentagem de área de cada tipo de vegetação não compreendida em áreas protegidas do município, por zona.

Zonas	Área total (ha)	Área de vegetação arbórea/arbustiva (ha)	Percentual da área de Vegetação arbórea/arbustiva não compreendida em AP	Área de Vegetação rasteira (ha)	Percentual da área de Vegetação rasteira não compreendida em AP
ZPAM	4.129,23	1.827,84	20,40	1.883,56	24,67
ZP	3.467,19	1.025,78	94,24	1.654,83	95,32
ZAR	7.835,91	592,62	98,44	2.455,28	99,13
ZA	1.433,73	39,62	99,57	227,63	99,96
ZAP	5.569,40	179,37	98,98	1.331,64	99,73
ZC	600,19	18,97	98,47	60,34	99,75
ZEIS	1.518,24	67,4	96,62	287,63	98,28
ZE	2.377,33	412,83	88,70	986,13	95,66
Áreas destinadas a vias de trânsito	6.199,40	335,82	96,05	1.205,10	97,37
Total	33.130,62	4.500,25		10.092,14	

ZPAM= Zona de Proteção Ambiental; ZP= Zona de Proteção; ZAR= Zona de Adensamento Restrito; ZA= Zona de Adensamento; ZAP= Zona de Adensamento Preferencial; ZC= Zona Central; ZEIS= Zona de Especial Interesse Social; ZE= Zona de Grandes Equipamentos.

Caso fossem conservadas em APs toda a vegetação arbórea/arbustiva das zonas ZPAM, ZP, que têm o objetivo de conservação, de ZAR, onde a ocupação é desestimulada e de ZE, que pode ser utilizada para estabelecimento de áreas protegidas municipais, Belo Horizonte totalizaria 16,95% (5.615,64 ha) de sua área conservada.

### 3.4 Corredores de baixa resistência à mobilidade de espécies

Percebe-se uma variação no trajeto dos corredores de menor custo quando comparamos os diferentes cenários. Por exemplo, o valor da distância ponderada pela resistência do cenário atual para o quarto cenário foi maior do que o dobro para o corredor entre o Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado e o Parque Oeste - que passa por uma grande área de ZAR2 e ZAP, por áreas destinadas a vias de trânsito e menores áreas de ZPAM e ZP2 (Tab. A3. Fig. 6) (atual= 143.323,06, ZAEIS= 243.462,92, ZAREIS= 264.749,97, ZPRAEIS= 387.481,66). O tamanho desse corredor também aumentou em quase 800 m (atual= 4.253 m, ZAEIS= 4.402m, ZAREIS= 4.100m, ZPRAEIS= 4.927m), sendo possível, então, observar o quanto um potencial corredor de biodiversidade mudaria de posição e extensão com a perda de vegetação devido à permissividade do zoneamento urbano (Fig. 7).

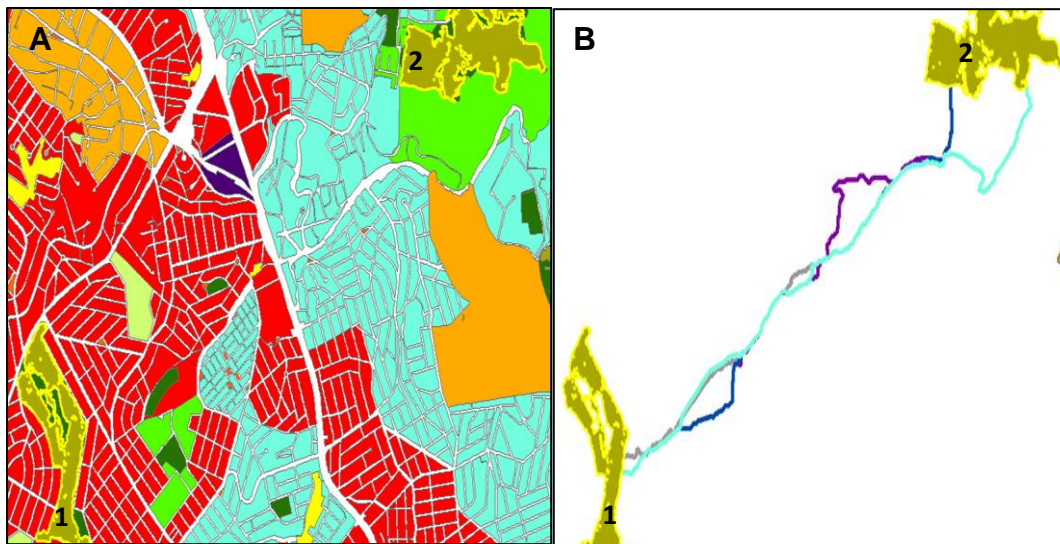


Figura 6. A: Zoneamento entre o Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (1) e Parque Oeste (2). Zonas: vermelho= ZAP; azul claro= ZAR2; laranja= ZEIS3; amarelo= ZEIS1; verde escuro= ZPAM; verde claro= ZP1; verde= ZP2; e roxo= ZE. Fragmentos com borda amarela representam os maiores fragmentos dos dois parques. B: Corredores entre os Parques Municipal Fazenda

Lagoa do Nado e Oeste. Cinza= Cenário atual; Roxo= ZAEIS; Azul escuro= ZAREIS; Azul claro= ZPRAEIS. ZAP= Zona de Adensamento Preferencial; ZAR= Zona de Adensamento Restrito; ZEIS= Zona de Especial Interesse Social; ZPAM= Zona de Proteção Ambiental; ZP= Zona de Proteção; ZE= Zona de Grandes Equipamentos.

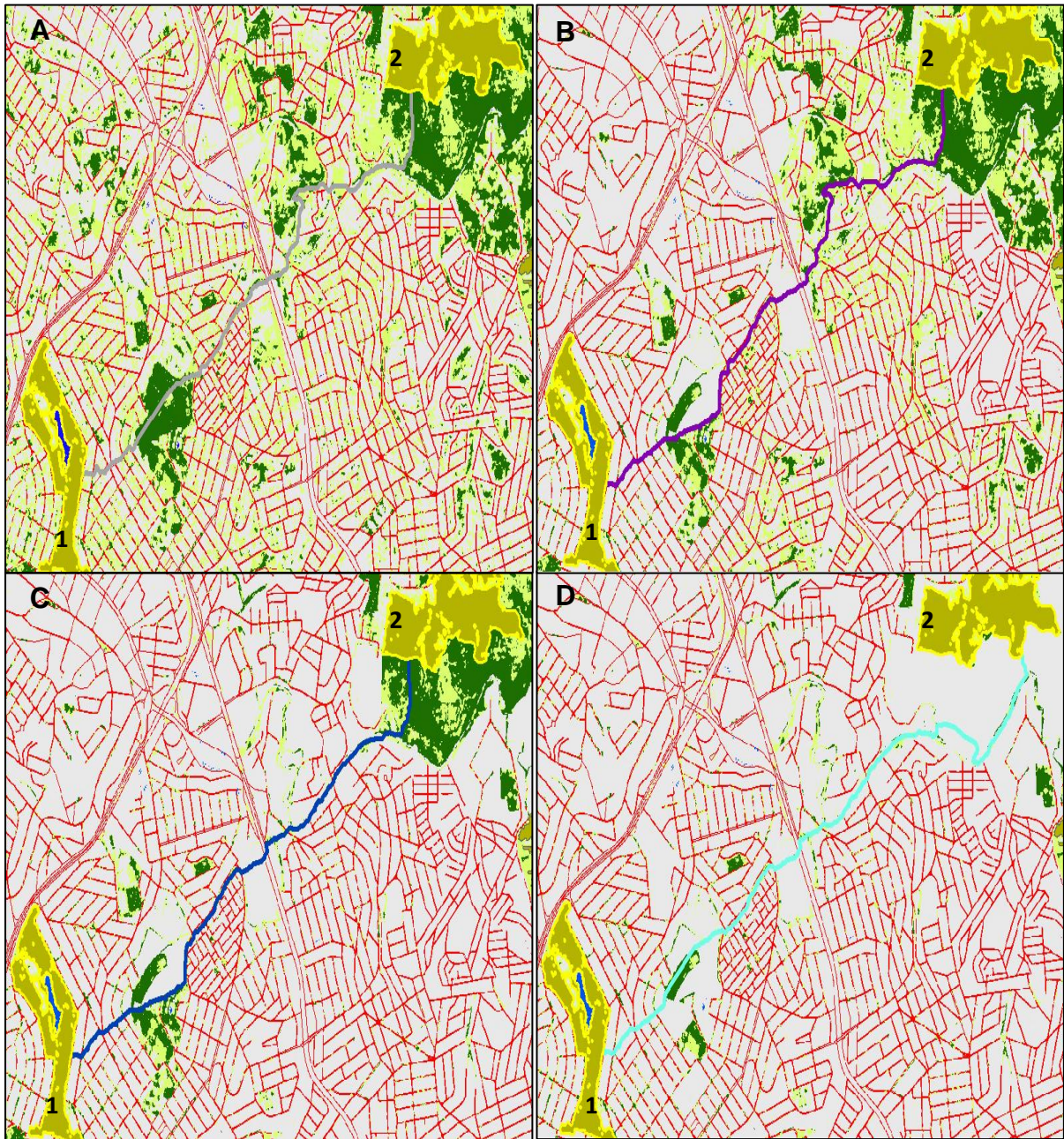


Figura 7: Corredor entre Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (1) e Parque Oeste (2) sobre o mapa de uso de solo de Belo Horizonte. Verde escuro= Vegetação arbórea/arbustiva; Verde claro= Vegetação rasteira; Cinza= Edificações; Vermelho= Vias de trânsito; Azul= Água, Polígonos amarelos representam o maior fragmento de vegetação dos parques. A) Cenário atual. Corredor de menor custo em cinza. B) Cenário ZAEIS. Corredor de menor custo em roxo. C) Cenário ZAREIS. Corredor de menor custo em azul escuro. D) Cenário ZPRAEIS. Corredor de menor custo em azul claro.

Em relação à distância ponderada pela resistência ao movimento de cada corredor, a menor média encontrada foi para o cenário atual e o segundo cenário ( $p < 0,001$ , Fig. 8A). Não há diferença significativa quanto ao tamanho dos corredores nos diferentes cenários ( $p = 0,9043$ ). As menores médias da razão entre resistência e comprimento do corredor foram dos cenários Atual e do segundo cenário, e as maiores foram entre os dois últimos cenários ( $p < 0,0001$ , Fig. 8B).

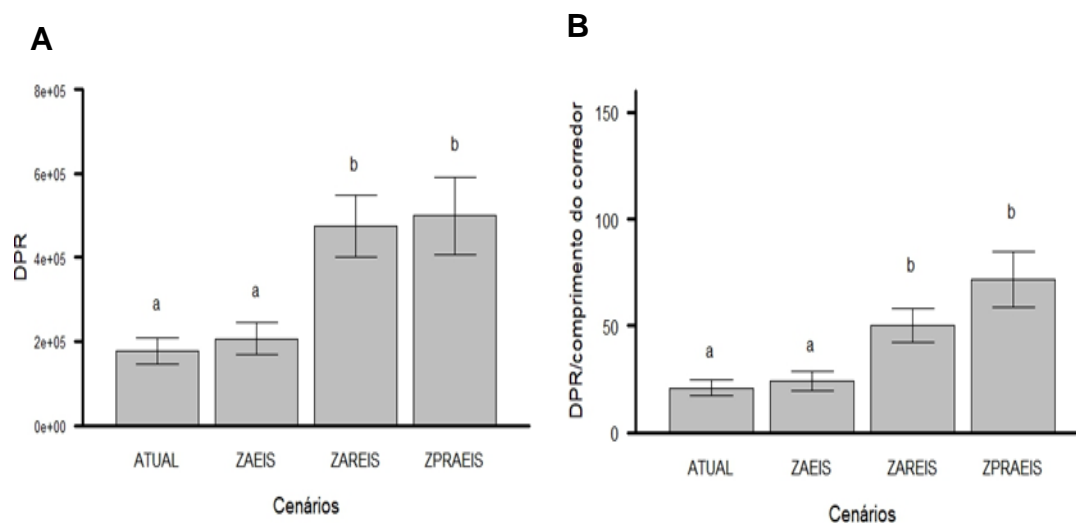


Figura 8: A): Distância ponderada pela resistência (DPR) para cada cenário. Cada cenário apresentou um número diferente de corredores ATUAL= 32, ZAEIS= 31, ZAREIS= 40, ZPRAEIS= 30. Média de resistência: ATUAL= 176.670,60; ZAEIS= 206.932,30; ZAREIS= 475.087,00; ZPRAEIS= 498.996,10. Teste de variância ANOVA com  $p < 0,001$  e análise de contraste para separação dos grupos. B): Razão da DPR pelo comprimento dos corredores para cada cenário. Média resistência/comprimento do corredor: ATUAL= 20,98; ZAEIS= 24,13; ZAREIS= 50,31; ZPRAEIS= 71,77. Teste de variância ANOVA com  $p < 0,0001$  e análise de contraste para separação dos grupos.

### 3.5 Centralidade

Os fragmentos protegidos com maior centralidade foram o Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado, o parque intitulado aqui como G2, a ser instituído no norte do município (Lei municipal nº 9.959, de 20 de julho de 2010) e o MHNJB UFMG e o fragmento da Estação Ecológica Cercadinho. Os corredores mais importantes para a conexão total dos fragmentos analisados foram: entre o Parque Municipal das Mangabeiras e a Estação Ecológica Cercadinho; entre o Parque Oeste e o G2; e entre os dois fragmentos da Estação

Ecológica da UFMG. (Fig. 9, Tab. 4). Porém, o corredor que liga os dois fragmentos da Estação Ecológica da UFMG apresenta grande resistência ao fluxo e só foi considerado o melhor corredor devido ao seu pequeno comprimento.

Tabela 4: Número de áreas de constricção, distância ponderada pela resistência, comprimento do corredor, razão entre comprimento e distância ponderada pela resistência para os corredores de menor custo no cenário atual. Os valores foram obtidos através da ferramenta *Linkage mapper* do *Circuitscape* (MCRAE et al., 2012).

Origem	Destino	Áreas de constricção	Distância ponderada pela resistência	Comprimento do corredor	Comprimento/distância ponderada	Centralidade
Parque Ursulina de Andrade Melo	Parque Jacques Cousteau	52	701002	15625	44.86	13.13
Estação Ecológica a UFMG	Parque Jacques Cousteau	45	637343.69	14321	44.5	13.8
Estação Ecológica a UFMG	Estação Ecológica Cercadinho	41	664074.06	15161	43.8	13.21
Parque Fazenda Lagoa do Nado	Museu História de Natural Jardim Botânico	40	458845.09	12406	36.99	11.06
Estação Ecológica a UFMG	Museu História de Natural Jardim Botânico	40	433753.97	10432	41.58	11.84
G3	Museu História de Natural Jardim Botânico	36	357500.34	11553	30.94	18.45

Origem	Destino	Áreas de construção	Distância ponderada pela resistência	Compriment o do corredor	Comprimento/distân cia ponderada	Centralidad e
Parque Leste	Museu História de Natural Jardim Botânico	31	359400.09	12349	29.1	18.35
Museu História de Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Estadual da Baleia	21	186988.44	6661	28.07	24.34
Museu História de Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Municipal das Mangabeiras	21	204094.38	7653	26.67	23.02
Parque Estadual Serra Verde	Parque Fazenda Lagoa do Nado	19	243500.38	8304	29.32	14.18
Parque Estadual Serra Verde	Parque Oeste	14	154917.97	6742	22.98	17.37
Fundação Zoobotânica	Parque Ursulina de Andrade Melo	13	170176.38	8492	20.04	14.5
Parque Ursulina de Andrade Melo	Estação Ecológica UFMG	12	94724.42	3197	29.63	16.71
Parque Fazenda Lagoa do Nado	Fundação Zoobotânica	11	137873.64	8657	15.93	26.91
Parque Oeste	Parque Fazenda Lagoa do Nado	11	143323.06	4253	33.7	22.43
G2	Parque Fazenda Lagoa do Nado	11	144524.47	5453	26.5	22.32
Parque Fazenda Lagoa do Nado	Estação Ecológica UFMG	8	148320.63	5325	27.85	28.45
Parque Municipal das Mangabeiras	Estação Ecológica Cercadinho	5	79534.42	6307	12.61	45.29

Origem	Destino	Áreas de construção	Distância ponderada pela resistência	Comprimento do corredor	Comprimento/distância ponderada	Centralidade
Fundação Zoobotânica	Estação Ecológica UFMG	1	110073.55	7362	14.95	17.65
Parque Jacques Cousteau	Parque Estadual Serra do Rola Moça	0	29085.53	4941	5.89	14.69
Parque Jacques Cousteau	Parque Ageo Pio Sobrinho	0	32802.07	3977	8.25	13.16
Parque Estadual da Baleia	Parque Municipal das Mangabeiras	0	17901.26	1787	10.02	31.23
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Estadual Serra do Rola Moça	0	43729.63	6724	6.5	12.21
Parque Ageo Pio Sobrinho	Parque Estadual Serra do Rola Moça	0	29840.97	4342	6.87	10.37
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Ageo Pio Sobrinho	0	17678.1	1573	11.24	23.26
Parque Jacques Cousteau	Estação Ecológica de Cercadinho	0	46732.03	6401	7.3	11.8
Parque Leste	Parque Leste	0	255	10	25.5	30.77
Parque Leste	G3	0	309.56	309	1	21.53
Parque Leste	G2	0	904.12	904	1	27.29
Estação Ecológica UFMG	Estação Ecológica UFMG	0	2584.06	100	25.84	41.35
Parque Oeste	G2	0	859.97	859	1	43.4
G2	G3	0	805.12	805	1	27.66



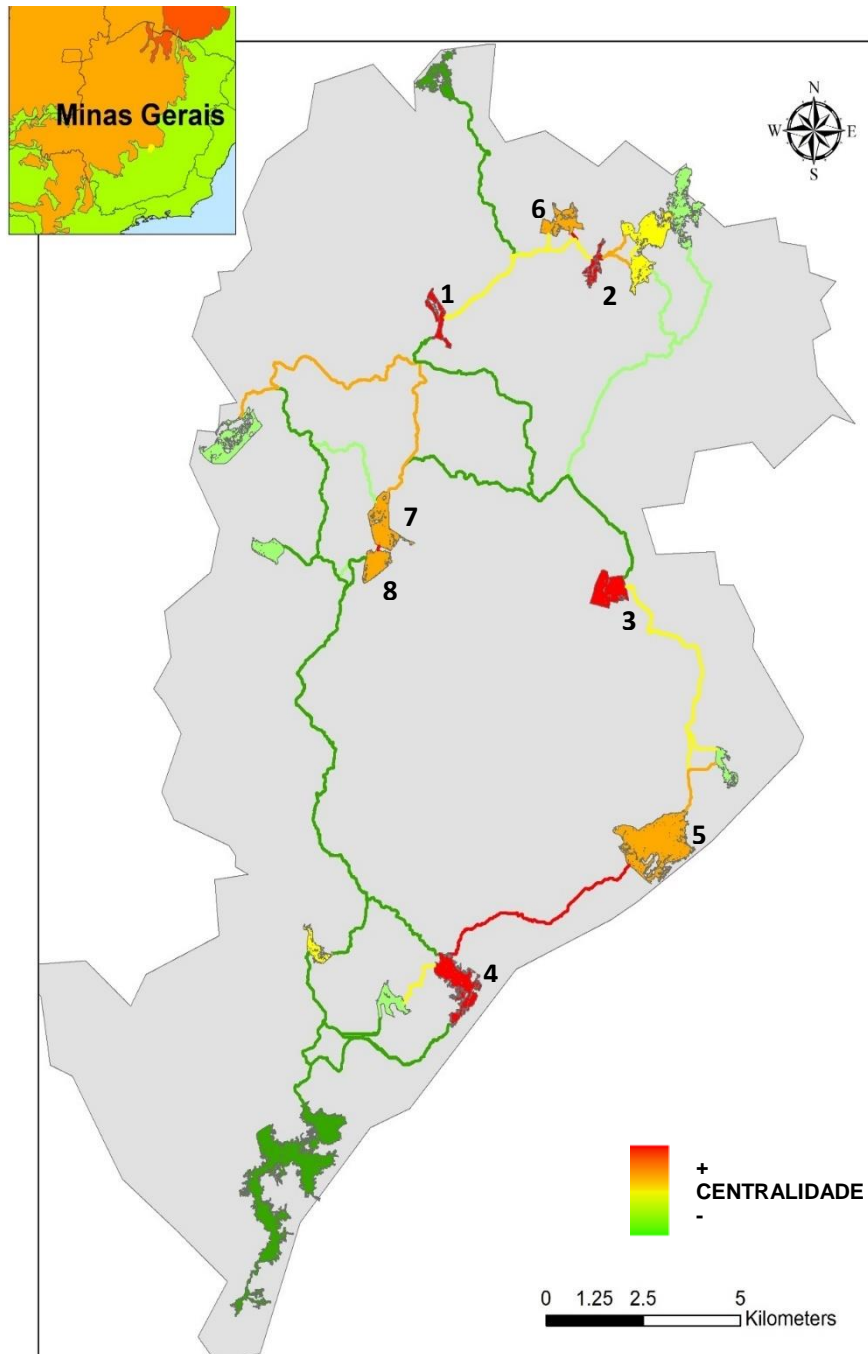


Figura 9: Mapa da medida de centralidade dos fragmentos e dos corredores de menor custo sob o cenário Atual, no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Áreas Protegidas e Corredores em vermelho são os de maior centralidade e, portanto, os mais importantes para conexão dessas Aps. A medida de centralidade vai reduzindo conforme seguem as cores vermelho, laranja, amarelo, verde claro e verde escuro. As maiores medidas de centralidade foram do Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (1) = 71,18 amp, do Parque G2 (2) = 68,84 amp, do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG (3) = 62,03 amp e do fragmento da Estação Ecológica Cercadinho (4) = 61,38 amp. Os corredores com maior centralidade foram entre o Parque Municipal das Mangabeiras (5) e a Estação Ecológica Cercadinho (45,29 amp), o Parque Oeste (6) e G2 (43,40) e entre os dois fragmentos da Estação Ecológica da UFMG (7 e 8) (41,36 amp).

### 3.6 Análise das áreas de constricção dos corredores de menor resistência de Belo Horizonte

A média de áreas de constricção dos 32 corredores analisados é de 13,5 (mediana= 9,5, desvio padrão= 16,05). O corredor com maior número de áreas de constricção (n= 52) é o corredor entre o Parque Ursulina de Andrade Melo e o Parque Jacques Cousteau, e este também é o corredor mais longo (Fig. 10). O corredor entre a Estação Ecológica da UFMG e o Parque Jacques Cousteau apresenta 45 áreas de constricção e grande sobreposição com o corredor entre o Parque Ursulina de Andrade Melo e o Parque Jacques Cousteau (Fig. 10, Tab. 4).

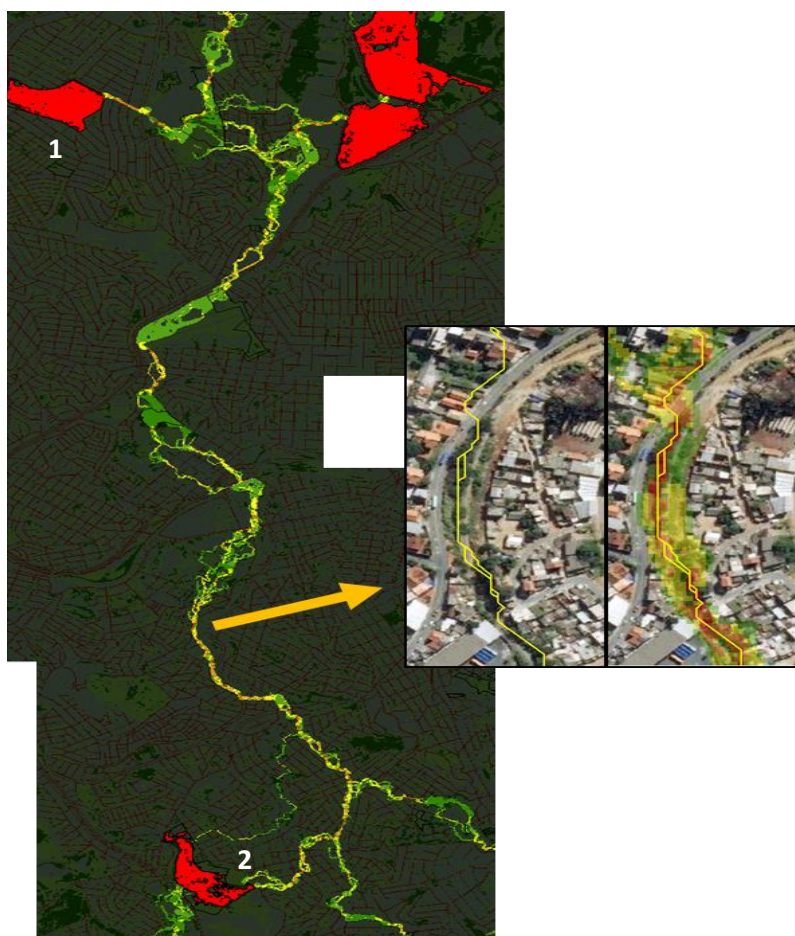


Figura 10: Áreas de constricção no corredor entre Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo (1) e Parque Municipal Jacques Cousteau (2). Nas imagens de classificação do uso de solo, à esquerda, identificam-se os fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva protegidos em vermelho com o perímetro da área protegida em preto, e os corredores de menor custo em verde, amarelo e vermelho, sendo que essa última cor representa as áreas de constricção. Nas imagens de satélite é possível ver os corredores de menor custo em amarelo (imagem central), e as áreas de constricção em vermelho (imagem à direita) próximas a via de trânsito.

O corredor entre a Estação Ecológica da UFMG e a Estação Ecológica Cercadinho apresenta 41 áreas de constrição. Os corredores entre o Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado e o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG e entre a Estação Ecológica UFMG e o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG apresentam 40 áreas de constrição cada, e também têm considerável sobreposição (Fig. 11, Tab. 4).

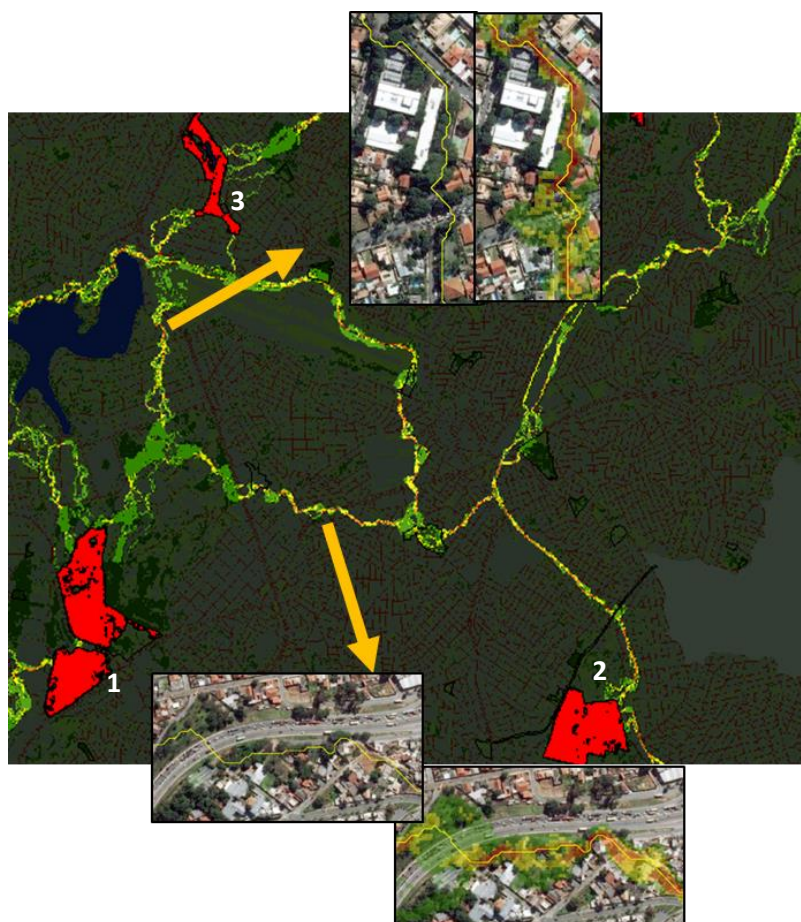


Figura 11: Áreas de constrição no corredor entre Estação Ecológica UFMG (1) e Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG (2), e Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (3) ao Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG. Áreas de constrição dos corredores. Nas imagens de classificação do uso de solo, no centro, identificam-se os fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva protegidos em vermelho com o perímetro da área protegida em preto, e os corredores de menor custo em verde, amarelo e vermelho, sendo que essa última cor representa as áreas de constrição. Nas imagens de satélite é possível ver os corredores de menor custo em amarelo, e as áreas de constrição em vermelho. Elas mostram áreas de constrição na vegetação próxima a áreas edificadas (imagens superiores), e próxima às vias de trânsito (imagens inferiores).

Os corredores entre os parques G3 e o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG e entre o Parque Leste e o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG apresentam 36 e 31 áreas de constrição,

respectivamente. Os corredores, entre Parque Oeste e o G2, e os corredores da região sul do município, como entre o Parque Jacques Cousteau e o Parque Estadual Serra do Rola Moça, e entre o Parque Oeste e o G2 (Fig. 12) e entre o Parque Leste e o G3, não apresentaram áreas de constrição (Tab. 4).

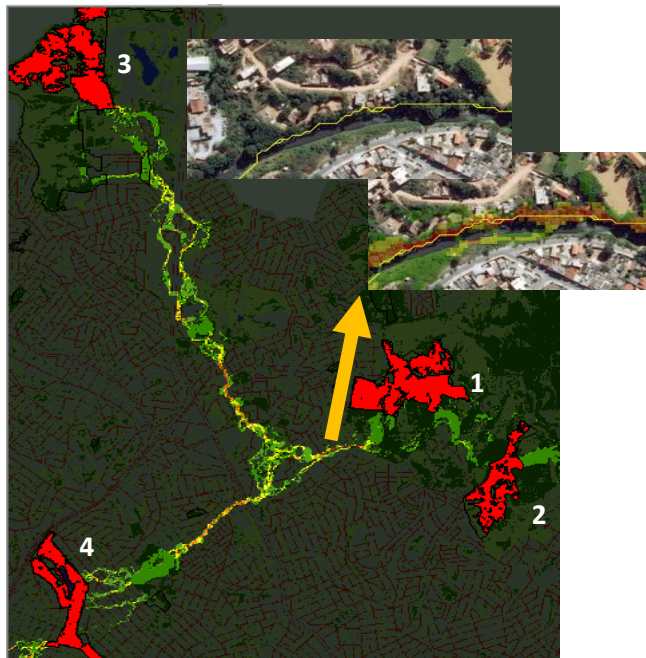


Figura 12: Corredor entre Parque Oeste (1) e G2 (2) e corredor do Parque Estadual Serra Verde (3) ao Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (4) e, ao Parque Oeste. Nas imagens de classificação do uso de solo, à direita, identificam-se os fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva protegidos em vermelho com o perímetro da área protegida em preto, e os corredores de menor custo em verde, amarelo e vermelho, sendo que essa última cor representa as áreas de constrição. Nas imagens de satélite é possível ver os corredores de menor custo em amarelo, e as áreas de constrição em vermelho. No corredor do Parque Oeste ao G2 não encontramos áreas de constrição. Porém no corredor que liga o Parque Estadual Serra Verde ao Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado e Parque Oeste encontramos áreas de constrição (19 e 14, respectivamente). As imagens de satélite mostram áreas de constrição em Área de Proteção Permanente.

Conforme esperado, o número de áreas de constrição aumenta com a distância ponderada pela resistência, o que mostra que um corredor grande e resistente ao fluxo tende a ter muitas áreas de constrição ( $R^2= 0,94$ ,  $F_{1,30}= 482$ ,  $p < 0,0001$ , Figs. 13, Tab. 4).

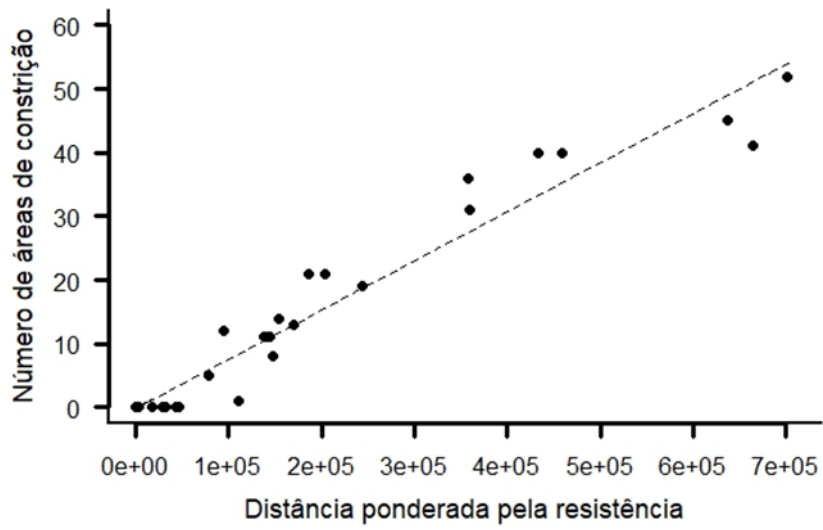


Figura 13: Relação entre o número de áreas de constrição e a distância ponderada pela resistência.  $R^2= 0,78$ ,  $F_{1,30}= 111,4$ ,  $p < 2.2e-16$ . Foram analisados 32 corredores entre os 18 fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva protegidos, maiores que 20 ha.

### 3.7 Barreiras

A maioria das barreiras ao movimento de espécies está nas grandes vias, como avenidas e rodovias, e no sistema de transporte rápido por ônibus (MOVE), que contém pouca ou nenhuma vegetação arbórea/arbustiva (Fig. 12). O centro do município tem um maior número de barreiras quando comparado às outras regiões, pela alta densidade de edificações e vias de trânsito, como se verifica: entre os corredores do MHNJB UFMG e a Estação Ecológica UFMG; e o Parque Municipal Ursulina de Andrada de Melo e o Parque Municipal Jacques Cousteau (Fig. 13). Já nas regiões sul e oeste do município, onde há maior cobertura vegetal, não há barreiras ao fluxo (Fig. 14).

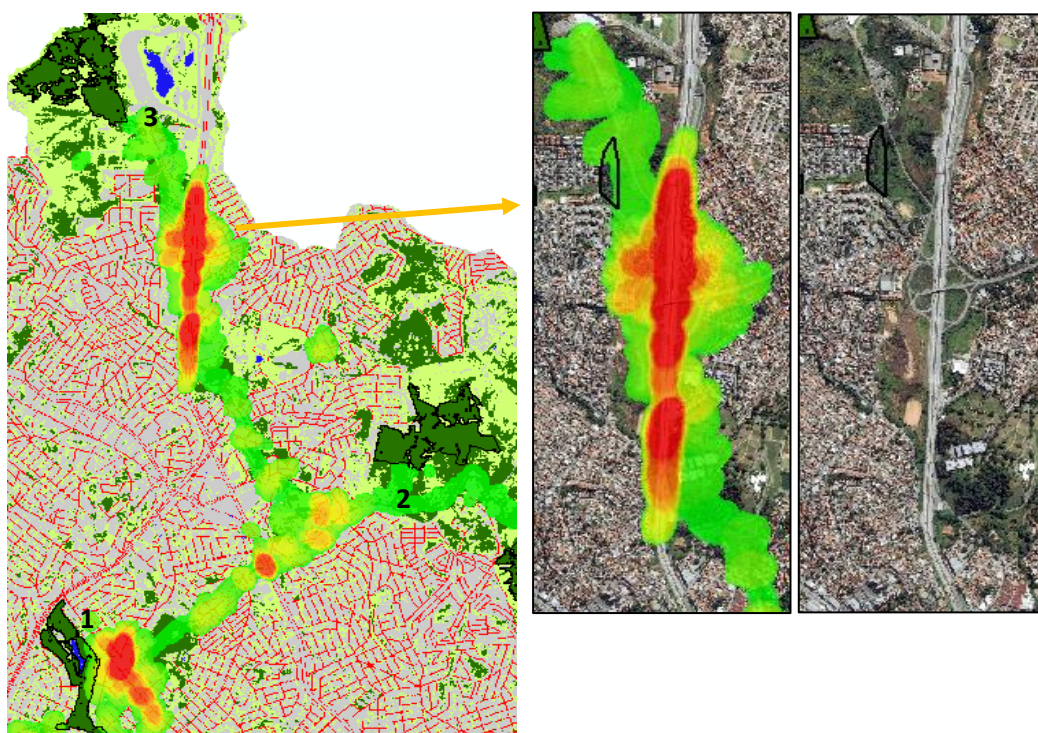


Figura 12: Barreiras entre o Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (1), Parque Oeste (2) e Parque Estadual Serra Verde (3). Na imagem central veem-se áreas de grande resistência ao longo de grandes vias de trânsito. Manchas arredondadas do verde ao vermelho simbolizam a resistência ao movimento. Manchas vermelhas indicam maior resistência e verdes, menor resistência. A imagem à direita mostra o mesmo local sem o resultado da análise de barreiras, onde é possível visualizar melhor as grandes vias de trânsito que são barreiras ao movimento de espécies.

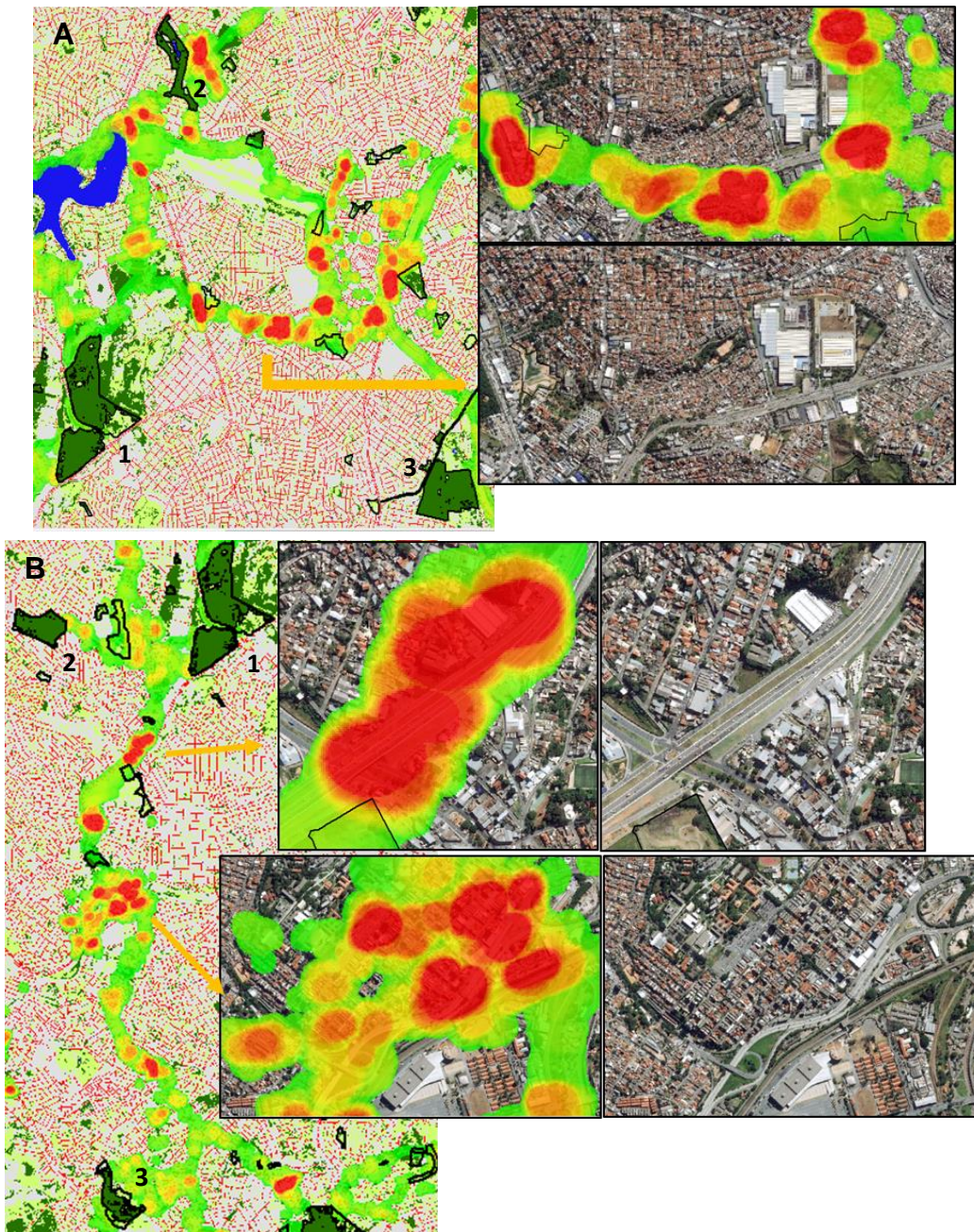


Figura 13: A) Barreiras próximas a grandes vias de trânsito e estações de transporte público próximas às áreas protegidas Estação Ecológica UFMG (1), Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (2) e Museu de História Natural e Jardim Botânico UFMG (3). Na imagem de satélite superior direita é possível ver as manchas arredondadas do verde ao vermelho que refletem a resistência ao movimento, sendo as manchas vermelhas as que apresentam maior resistência e, portanto, as barreiras mais impermeáveis ao movimento. A imagem de satélite inferior direita mostra a mesma imagem sem a análise de barreiras sendo possível a visualização das grandes vias e da estação de transporte público. B) Áreas de grande resistência próximas à Estação Ecológica UFMG (1) e Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo (2) e Parque Municipal Jacques Cousteau (3). A imagem de satélite superior central mostra as barreiras nas grandes vias de trânsito. À direita a mesma imagem sem a análise de barreiras para melhor visualização das vias de trânsito. A imagem de satélite inferior central mostra cinco pequenas barreiras formando uma grande barreira numa grande via de trânsito e ruas paralelas, e a imagem inferior direita mostra o mesmo local sem a análise de barreiras para melhor visualização das vias de trânsito

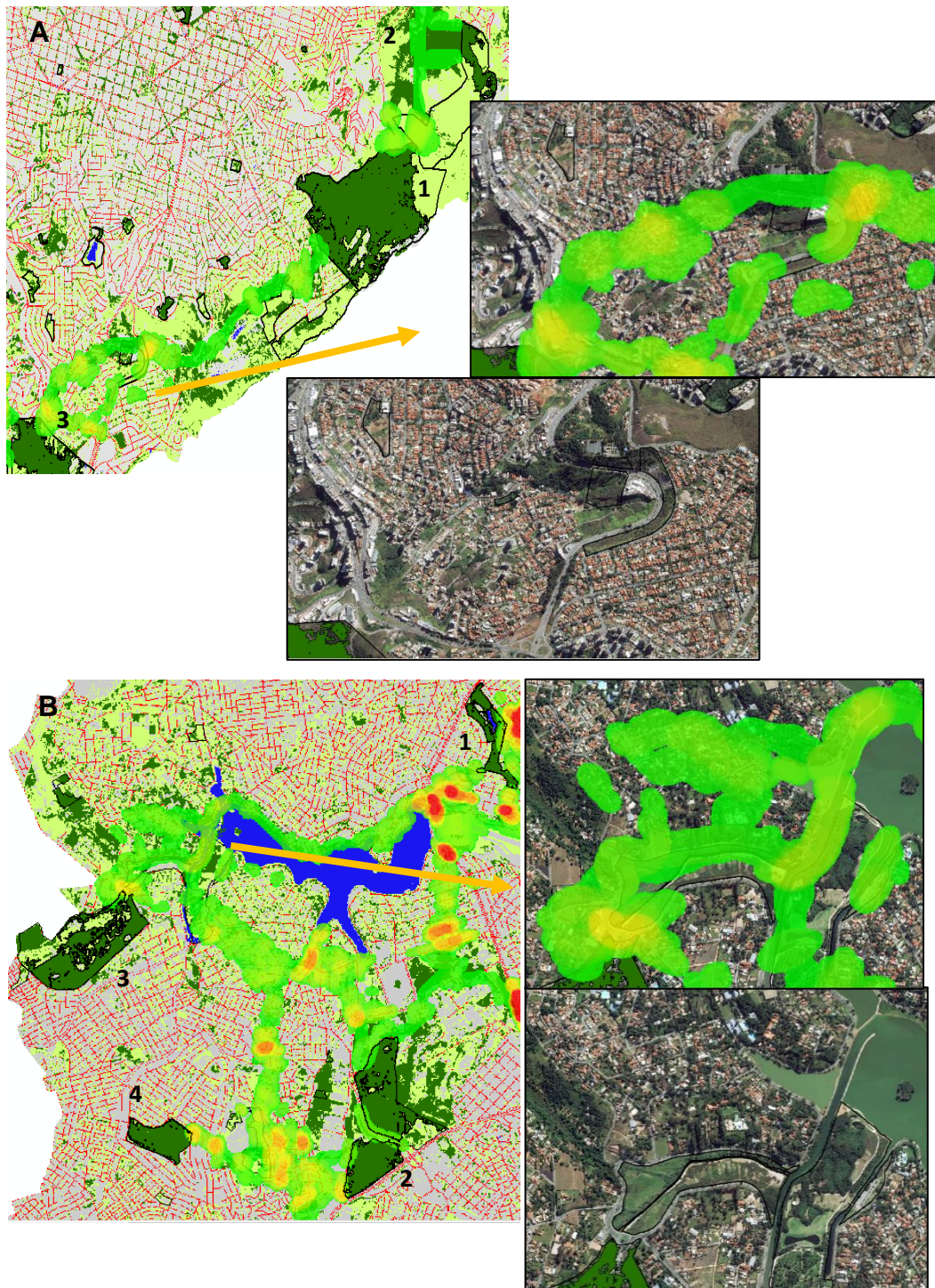


Figura 14 A): Análise de barreiras em áreas com grande cobertura vegetal próximas ao Parque Municipal das Mangabeiras (1), Parque Estadual da Baleia (2) e Estação Ecológica Cercadinho (3). Não encontramos área de grande resistência ao fluxo de espécies como denotado pela cor verde na imagem de satélite superior direita. A imagem de satélite inferior direita mostra o local sem a análise de barreiras. B): Análise de barreiras em área com grande cobertura vegetal próxima ao Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (1), Estação Ecológica UFMG (2), Fundação Zoobotânica (3) e Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo (4). Encontramos apenas duas barreiras próximas a uma grande via de trânsito. A imagem de satélite superior mostra região sem barreiras devido à grande cobertura vegetal. Imagem inferior direita mostra o mesmo local sem a análise de barreiras, com destaque para a área com vegetação.



#### 4. Discussão

Belo Horizonte apresenta grande potencial para a conservação de fragmentos de Mata Atlântica e Cerrado, apesar de apenas cerca de 10% de seu território estar compreendido em áreas legalmente protegidas. A agregação de seus fragmentos mostra que a cidade tem bom potencial para conectividade funcional. A distância entre os fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva indica que espécies de Mata Atlântica já registradas em Belo Horizonte, como *Pyriglena leucoptera* (Papa-Taoca-do-Sul) e *Chiroxiphia caudata* (Tangará) (JUNIOR et al., 2009) podem se movimentar entre os fragmentos, uma vez que são capazes de cruzar áreas abertas com vias de trânsito, pasto e edificações em áreas rurais, percorrendo distâncias de 60 e 130 m respectivamente (UEZU; METZGER, 2005). Porém, assim como outras espécies, podem tender a evitar ambientes fragmentados devido ao número de ameaças que apresentam. Outro fator problemático é o tamanho pequeno da maioria dos fragmentos de Belo Horizonte, que pode afetar a ocorrência de espécies ou sua abundância. No entanto, apesar de sua área reduzida, podem ser utilizados como trampolins entre fragmentos pequenos ou maiores, aumentando a permeabilidade à movimentação de espécies (KNOGGE; JENKINS; UEZU, 2017).

Além da conectividade estrutural, o município ainda possui grande potencial para aumentar a área protegida em APs. Tendo em vista as zonas em que a ocupação é desestimulada e considerando apenas a extensão da vegetação arbórea e arbustiva, o percentual de proteção de Belo Horizonte poderia aumentar para mais de 16%. Esse aumento de APs dificultaria a expansão urbana e consequente perda de vegetação nas zonas mais protetivas, apesar da tendência de expansão urbana apresentada por Belo Horizonte (SOUZA, 2006). Porém, ações como a construção de obra de interligação entre rodovias, que corta a Estação Ecológica Cercadinho, sem necessidade de licenciamento ambiental (LEI 18.042, de 13 de janeiro de 2009), levam a crer que o interesse de expansão urbana seja maior que o de criação e implantação de APs no município.

Já em relação às áreas onde é esperada a perda de vegetação por construção de edificações devido às características do zoneamento, pode-se

esperar uma grande perda de Floresta Estacional Semidecidual e de fitofisionomias arbóreas e arbustivas de Cerrado. Adicionalmente, a expansão urbana na Zonas de Adensamento Restrito, permitida em caso de melhoria na infraestrutura de saneamento e viária, salvo em áreas de relevo impróprio, pode aumentar ainda mais essa perda de vegetação, uma vez que atualmente essa zona possui grande extensão de cobertura vegetal.

Essa provável supressão de vegetação levaria não só à perda de habitat, mas também de conectividade entre os fragmentos vegetais de Belo Horizonte. Apesar do município apresentar vários corredores que poderiam servir para movimentação de espécies, a supressão faria com que esses corredores ficassem maiores, mais sinuosos e mais resistentes à movimentação. A perda de vegetação também aumentaria a distância entre fragmentos protegidos, impedindo o fluxo de espécies, como já demonstrado em outras áreas por COX et al., (2016) e KNOGGE, JENKINS e UEZU (2017). Os efeitos da perda de conectividade seriam maiores nas zonas em que a ocupação não é preferencial caso houvesse conversão de uso em áreas atualmente vegetadas. Embora menos provável, a redução de áreas verdes pode ocorrer, como o esperado para uma operação urbana no norte do município, que prevê implantação de grande infraestrutura como 14 centros de saúde, 16 Unidades Municipais de Educação Infantil, via 540 que liga a rodovia MG-20 à avenida Cristiano Machado, além de outros projetos (Lei Municipal de Belo Horizonte nº 9.959, de 20 de julho de 2010, PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2007). Nessa área estão os maiores fragmentos de vegetação não protegidos, que formam corredores importantes entre as maiores áreas protegidas. O cenário ideal seria a menor supressão possível dos grandes fragmentos ainda não protegidos, pois mesmo que eles não façam parte dos corredores de menor resistência, aumentam a chance de movimentação de espécies e provêm importantes serviços ambientais, além de possibilitar a continuidade da conexão entre fragmentos maiores frente a mudanças não previstas no ambiente (MCRAE et al., 2012).

Por outro lado, a inexistência de diferença significativa entre os corredores dos cenários atual e ZAEIS com relação à distância ponderada pela resistência pode ser devido ao fato de que as zonas em que se simulou supressão de

vegetação no segundo cenário apresentam densa ocupação urbana e pouca vegetação. Logo, os corredores com a menor resistência possível não passariam por essas zonas. Porém há exceções como o corredor entre Parque Oeste e Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado, em que a resistência do corredor aumentou em todos os cenários comparando com o atual. Esses resultados mostram que o adensamento urbano pode ser feito nas zonas onde ele é prioritário, salvo certas exceções em que se deve manter a conectividade para o fluxo de espécies.

Certos corredores têm maior importância do que outros devido à sua centralidade na conectividade entre grandes fragmentos protegidos (MCRAE et al., 2012). Caso haja supressão de vegetação nesses corredores o fluxo de organismos que ocorre no município pode ser comprometido. As áreas protegidas com maior centralidade têm grande importância na conectividade, mas também, devido ao seu tamanho e número de espécies que abrigam, como no caso do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (FÉLIX, 2009), podem servir como fonte de indivíduos para a colonização de outras áreas.

Os corredores com o maior número de áreas de constrição são também os que têm mais barreiras. Eles estão nas regiões central e oeste, que têm ocupação mais adensada e também, maior número de grandes vias de trânsito. Ao invés de serem corredores de vegetação contínua, são formados por vários fragmentos de vegetação que podem atuar como trampolins ecológicos. Mas as áreas de constrição existentes podem não servir à conectividade funcional das espécies devido às ameaças da matriz adjacente. Adicionalmente, as barreiras têm maior efeito em ambientes fragmentados pois algumas espécies, como certas aves, evitam vias de trânsito com o aumento da fragmentação, sendo que espécies menores as evitam mais que espécies maiores (COX et al., 2016, JOHNSON; EVANS; JONES, 2017). Além disso, as espécies podem evitar espaços sem vegetação devido à exposição a predadores e outras ameaças (TREMBLAY; ST. CLAIR, 2009). Portanto, as áreas de constrição desses corredores assim como áreas próximas às barreiras devem ser revegetados para

reduzir os riscos locais de morte de organismos e aumentar o fluxo de espécies (GRAFIUS et al., 2017).

Por outro lado, nas regiões norte e sul, Belo Horizonte apresenta corredores com pouca ou nenhuma área de constrição e barreiras, sendo em sua maior parte de vegetação contínua. Na região norte há áreas não muito ocupadas, o que pode ser devido à menor permissividade de suas zonas. O mesmo pode ser dito para a região sul, onde há o tombamento da Serra do Curral e um grande número de áreas protegidas. Porém, no norte do município a ocupação planejada (Lei Municipal de Belo Horizonte nº 9.959, de 20 de julho de 2010) pode fazer com que os corredores fiquem mais resistentes ao fluxo de espécies, comprometendo sua funcionalidade, o que representa grande perda de biodiversidade para Belo Horizonte. Na região sul, o tombamento da serra tem sido violado diversas vezes durante os últimos anos, colocando em risco não só os importantes e diversos campos rupestres que ali se encontram, mas também a conectividade entre as grandes áreas protegidas da região (MENDES; GONTIJO, 2014). Portanto, devido à expansão urbana, pode ser que o município perca seus corredores de melhor qualidade, caso não sejam protegidos.

O município de Belo Horizonte possui grandes oportunidades de conservar o ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica em que se situa. Seus fragmentos vegetais apresentam boa agregação para movimentação de espécies e o município possui várias possibilidades de implantação de corredores entre suas grandes áreas protegidas. Entretanto, é preciso que se proteja as áreas ainda vulneráveis segundo seu zoneamento, para que atinja melhor conservação da importante biodiversidade urbana encontrada no município e, também, para garantir a conexão estrutural e possivelmente funcional de seus fragmentos de vegetação. Apesar de levar em conta um cenário de cem por cento de supressão vegetal, nossas análises mostram o quão vulnerável é a biodiversidade encontrada no município de Belo Horizonte, dado que uma parte expressiva de sua vegetação pode ser suprimida, com base na ocupação estimulada pelo seu zoneamento urbano. A cidade precisa ainda considerar a restauração da área próxima às áreas de constrição e às barreiras encontradas nos corredores para que a resistência à movimentação das

espécies se torne menor e que o conjunto de áreas verdes protegidas da cidade esteja funcionalmente conectado.

## 5. Bibliografia

ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P. The Flowering-Visiting Bees at the Ecological Station of the Universidade Federal de Minas Gerais , Belo Horizonte , MG , Brazil. *Neotropical Entomology*, v. 32, n. 4, p. 565–575, 2003.

BEIER, P.; MAJKA, D. R.; SPENCER, W. D. Forks in the road: Choices in procedures for designing wildland linkages. *Conservation Biology*, v. 22, n. 4, p. 836–851, 2008.

COSTA, S. A. P.; ÁLVARES, L. C.; MACIEL, M. C.; TEIXEIRA, M. C. V.; COIMBRA, V. B. C.; SIMÃO, K. M. C.; PERNA, S. A.; GODINHO, L. R. OS ESPAÇOS LIVRES NA PAISAGEM DE Paisagem Ambiente: ensaios, v. 26, p. 51–72, 2009.

COX, D. T. C.; INGER, R.; HANCOCK, S.; ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Movement of feeder-using songbirds: the influence of urban features. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 37669, 2016.

DEFRIES, R. et al. Increasing isolation of protected areas in tropical forests over the past twenty years. *Ecological Applications*, v. 15, n. 1, p. 19–26, 2005.

DUTTA, T.; SHARMA, S.; MCRAE, B. H.; ROY, P. S.; DEFRIES, R. Connecting the dots: mapping habitat connectivity for tigers in central India. *Regional Environmental Change*, v. 16, n. October, p. 53–67, 2016.

ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.3. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2014.

FELIX, D. F. Composição florística do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais , Belo Horizonte , Minas Gerais Composição florística do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais , Bel. 2009.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R.; Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza e Conservação*, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

GRAFIUS, D. R.; CORSTANJE, R.; SIRIWARDENA, G. M.; PLUMMER, K. E.; HARRIS, J. A. A bird's eye view: using circuit theory to study urban landscape connectivity for birds. *Landscape Ecology*, v. 32, n. 9, p. 1771–1787, 2017.

IBGE, Áreas Urbanizadas, 2015, disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia\\_urbana/areas\\_urbanizadas/default\\_2015.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/areas_urbanizadas/default_2015.shtm), acesso em 9 de outubro de 2017.

IBGE, Estimativas de População, 2017. disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985>, acesso em 9 de outubro de 2017.

JOHNSON, C. D.; EVANS, D.; JONES, D. Birds and Roads: Reduced Transit for Smaller Species over Roads within an Urban Environment. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 5, n. May, 2017.

JUNIOR, T. M.; PEDERSOLI, G.; DINIZ, M. G.; MENDES, L. G.; OURIQUES, E., 2009. Avifauna do município de Belo Horizonte, disponível em: <http://www.taxeus.com.br/lista/9>, acesso em 19 de janeiro de 2018.

KNOGGE, C.; JENKINS, C. N.; UEZU, A. Use of small Atlantic Forest fragments by birds in Southeast Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, n. 1, p. 42–46, 2017.

MACHADO, R. B.; NETO, M. B. R.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de Perda da Área do Cerrado Brasileiro Conservação Internacional. Brasília - DF: [s.n.], 2004.

MAFIA, P. D. O.; OLIVEIRA, E. G. DE; BARÇANTE, L. Avifauna do Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Minas Gerais. *Atualidades Ornitológicas On-line*, v. 165, p. 33–39, 2012.

MAGALHÃES, D. M. Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte-MG apoiada por métricas de paisagem. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MCRAE, B. H.; DICKSON, B. G.; KEITT, T. H.; SHAH, V. B. USING CIRCUIT THEORY TO MODEL CONNECTIVITY IN ECOLOGY, EVOLUTION, AND CONSERVATION. *Ecology*, v. 89, n. 10, p. 2712–2724, 2008.

MCRAE, B. H.; HALL, S. A.; BEIER, P.; THEOBALD, D. M. Where to Restore Ecological Connectivity? Detecting Barriers and Quantifying Restoration Benefits. *PLoS ONE*, v. 7, n. 12, p. 1–12, 2012.

MCRAE, B.; SHAH, V.; EDELMAN, A. Circuitscape: modeling landscape connectivity to promote conservation and human health. *The Nature Conservancy*, p. 1–14, 2016.

MEDEIROS, M. B. Parques Urbanos em Belo Horizonte: A Evolução De Uma Paisagem Cultural. Terceiro Colóquio Íbero Americano. Anais...2014

MENDES, A. L.; GONTIJO, G. FRAGILIDADES DO INSTRUMENTO DE TOMBAMENTO DA SERRA DO CURRAL A Serra do Curral é o marco geográfico mais representativo da região metropolitana de Belo Antecedentes Conforme Luis Giffoni descreve em seu livro sobre a Serra do Curral , esta tem a idade de. Terceiro Colóquio Íbero Americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto - Desafios e Perspectivas. Anais...2014

MMA, Geocatálogo, 2017. disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>, acesso em 16 outubro de 2017.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 786–792, 2000.

NATIONS, U. World Urbanization ProspectsWorld Urbanization Prospects. [s.l.], 2014.

NIEMELA, J. Ecology and urban planning - ProQuest. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, n. Shepherd 1994, p. 119–131, 1999.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2007. PBH apresenta plano para ocupação da Região do Isidoro, disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/contents.do?evento=conteudo&chPlc=36988>, acesso em: 5 de maio de 2017.

R CORE TEAM (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SOSMA; INPE. Fundação SOS Mata Atlântica Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ATLAS DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA PERÍODO 2011Instituto de Pesquisas1-2012 São PauloAtlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2015 - 2016. São Paulo: [s.n.], 2017.

SOUZA, R. G. V. DE. A expansão urbana da região metropolitana de Belo Horizonte e suas implicações para a redistribuição espacial da população: o caso do município de Nova Lima – 1991/2000. XV Encontro de Estudos Populacionais. Anais...2006

TAKANO, T.; NAKAMURA, K.; WATANABE, M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology & Community Health*, v. 56, n. 12, p. 913–918, 2002.

TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, v. 68, n. 3, p. 571–573, 1993.

TAYLOR, P. D.; FAHRIG, L.; WITH, K. A. landscape connectivity: A return to the basics. In: *Connectivity Conservation*. [s.l: s.n.]. p. 22, 1997.

TREMBLAY, M. A.; ST. CLAIR, C. C. Factors affecting the permeability of transportation and riparian corridors to the movements of songbirds in an urban landscape. *Journal of Applied Ecology*, v. 46, n. 6, p. 1314–1322, 2009.

TRZYNA, T. The Urban Imperative. Sacramento, California: California Institute of Public Affairs, 2005.

TZOULAS, K.; KORPELA, K.; VENN, S.; YLI-PELKONEN, V.; KAZMIERCZAK, A.; NIEMELA, J.; JAMES, P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure : A literature review. v. 81, p. 167–178, 2007.



UEZU, A.; METZGER, J. P. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. n. June, 2005.

## Apêndice A

Tabela A1: Zonas de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, Minas Gerais, segundo a lei municipal No 7166, de 27 de agosto de 1996.

Zoneamento	Sigla	Definição	Resoluções
Zona de Preservação Ambiental	ZPAM	<p>As regiões que, por suas características e pela tipicidade da vegetação, destinam-se à preservação e à recuperação de ecossistemas, visando a:</p> <p>I - garantir espaço para a manutenção da diversidade das espécies e propiciar refúgio à fauna;</p> <p>II - proteger as nascentes e as cabeceiras de cursos d'água; III - evitar riscos geológicos.</p>	<p>§ 1º - É vedada a ocupação do solo nas ZPAMs de propriedade pública, exceto por edificações destinadas, exclusivamente, ao seu serviço de apoio e manutenção. (Parágrafo Único transformado em § 1º e redação dada pela Lei nº 9959/2010)</p>
Zona de Proteção	ZP1, ZP2 e ZP3	<p>As regiões sujeitas a critérios urbanísticos especiais, que determinam a ocupação com baixa densidade e maior Taxa de Permeabilidade, tendo em vista o interesse público na proteção ambiental e na preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico ou paisagístico, e que se subdividem nas seguintes categorias: (Redação dada pela Lei nº 9959/2010)</p> <p>I - ZP-1, regiões, predominantemente desocupadas, de proteção ambiental e preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico ou paisagístico ou em que haja risco geológico, nas quais a ocupação é permitida mediante condições especiais;</p> <p>II - ZP-2, regiões, predominantemente ocupadas, de proteção ambiental, histórica, cultural, arqueológica ou paisagística ou em que existam condições topográficas ou geológicas desfavoráveis, onde devem ser mantidos baixos índices de densidade demográfica;</p> <p>III - ZP-3, regiões em processo de ocupação, que será controlado visando à proteção ambiental e preservação paisagística.</p>	<p>Parágrafo Único. O parcelamento e a ocupação de área situada em ZP-1 estão sujeitos à aprovação do Conselho Municipal do Meio Ambiente - COMAM.</p>

Zonamento	Sigla	Definição	Resoluções
Zona de Adensamento Restrito	ZAR1, ZAR2	As regiões em que a ocupação é desestimulada, em razão de ausência ou deficiência de infraestrutura de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, de precariedade ou saturação da articulação viária interna ou externa ou de adversidade das condições topográficas, e que se subdividem nas seguintes categorias: I - ZARs-1, regiões com articulação viária precária ou saturada, em que se faz necessário manter baixa densidade demográfica; II - ZARs-2, regiões em que as condições de infra-estrutura e as topográficas ou de articulação viária exigem a restrição da ocupação.	
Zona de Adensamento	ZA	As regiões nas quais o adensamento deve ser contido, por apresentarem alta densidade demográfica e intensa utilização da infra-estrutura urbana, de que resultam, sobretudo, problemas de fluidez do tráfego, principalmente nos corredores viários.	
Zona de Adensamento Preferencial	ZAP	As regiões passíveis de adensamento, em decorrência de condições favoráveis de infra-estrutura e de topografia.	
Zonas Centrais	ZHIP, ZCBH, ZCBA, ZCVN	As regiões configuradas como centros de polarização regional, municipal ou metropolitana, e que se subdividem em: (Redação dada pela Lei nº 9959/2010).	

Zoneamento	Sigla	Definição	Resoluções
Zonas de Grandes Equipamentos	ZE	As regiões ocupadas ou destinadas a usos de especial relevância na estrutura urbana, nas quais é vedado o uso residencial. (Redação dada pela Lei nº 9959/2010)	<p>§ 1º - A lei que estabelecer novas ZEs deve fixar os parâmetros urbanísticos a que estarão sujeitas.</p> <p>§ 2º - Passam os terrenos de propriedade pública situados na ZE, quando alienados, a ser classificados sob o zoneamento que, dentre os lindeiros, ocupe maior extensão limítrofe.</p>

Tabela A2: Distância ponderada pela resistência, para os quatro cenários, dos corredores de menor custo entre os maiores fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva protegidos de Belo Horizonte. O cálculo foi feito através da ferramenta *Linkage mapper*.

Corredor		Distância ponderada pela resistência			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Aggeo Pio Sobrinho	29840.97	30375.95	132768.17	236472.23
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Jacques Cousteau	29085.53	34203.75	127255.84	276128.38
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Estação Ecológica Cercadinho	43729.63	44264.56	147394.91	234567.05
Parque Oeste	G3	NA	NA	4664.2	NA
Parque Oeste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	143323.08	243462.92	264749.97	387481.66
Parque Oeste	G2	859.97	859.97	4675.14	96664.04
Estação Ecológica UFMG	Parque Aggeo Pio Sobrinho	NA	NA	1461529.5	NA
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	94724.42	94724.42	304302.97	353678.72
Estação Ecológica UFMG	Parque Jacques Cousteau	637343.69	744043.38	1354817.13	1385445.88
G3	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	269974.72	NA
G3	G2	805.12	805.12	805.12	20760.16
G3	Parque estadual da Baleia	NA	NA	872639.56	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	1578004.25	NA

Corredor		Distância ponderada pela resistência			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Jacques Cousteau	32802.07	35636.34	131731.3	158699.5
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	544771.3	NA
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Jacques Cousteau	701002	807703	1471294	1501922
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	G2	144524.5	244664.1	269956.9	384680.7
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	1597504	NA
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Estadual da Baleia	17901.26	17901.26	17901.26	26720.55
Parque Municipal das Mangabeiras	Estação Ecológica Cercadinho	79534.42	79534.42	92251.51	212942
Parque Municipal das Mangabeiras	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	204094.4	240710.8	NA	431984.5
Estação Ecológica de Cercadinho	Estação Ecológica UFMG	664074.1	781188.1	NA	1480132
Estação Ecológica de Cercadinho	Parque Aggeo Pio Sobrinho	17678.1	17678.1	32403.25	34075.27
Estação Ecológica de Cercadinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	1554047	NA
Estação Ecológica de Cercadinho	Parque Jacques Cousteau	46732.03	49537.34	NA	NA

Corredor		Distância ponderada pela resistência			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	170176.4	170176.4	382852.1	448075.9
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	137873.6	175057.5	183357	293519.6
Fundação Zoobotânica	Estação Ecológica UFMG	110073.6	110073.6	228551.8	334397.3
Fundação Zoobotânica	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	NA	NA	NA	1301645
Parque Leste	Parque Leste	255	255	255	255
Parque Leste	Parque Oeste	NA	NA	4006.87	NA
Parque Leste	G3	309.56	309.56	309.56	2423.44
Parque Leste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	269432.2	NA
Parque Leste	G2	904.12	904.12	904.12	NA
Parque Leste	Parque Estadual Serra Verde	NA	NA	469011.3	NA
Estação Ecológica UFMG	Estação Ecológica UFMG	2584.06	2584.06	6493.76	6493.76
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	148320.6	185504.6	379415.7	522277.6
Estação Ecológica UFMG	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	1298664	NA

Corredor		Distância ponderada pela resistência			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Estação Ecológica UFMG	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	433754	579866.2	1058408	1078864
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	G3	357500.3	393572.9	634393	668464.7
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	458845.1	591809.7	NA	NA
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Estadual da Baleia	186988.4	223605	281727.7	405052.7
Parque Estadual Serra Verde	Parque Oeste	154918	162416.7	467776.8	551111
Parque Estadual Serra Verde	G3	NA	NA	469730.5	NA
Parque Estadual Serra Verde	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	243500.4	351473.3	640071.9	670230.7
Parque Estadual Serra Verde	G2	NA	NA	469762.3	NA



Tabela A3: Comprimento dos corredores de menor custo, para os quatro cenários, entre os maiores fragmentos de vegetação arbóreo/arbustiva protegidos de Belo Horizonte. O cálculo foi feito a partir da ferramenta *linkage mapper*.

Corredor		Comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Aggeo Pio Sobrinho	4342	3685	5252	4647
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Jacques Cousteau	4941	4988	4836	6315
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Estação Ecológica de Cercadinho	6724	6067	4752	4629
Parque Oeste	G3	NA	NA	2011	NA
Parque Oeste	Parque Fazenda Lagoa do Nado	4253	4402	4100	4927
Parque Oeste	G2	859	859	2022	1009
Estação Ecológica UFMG	Parque Aggeo Pio Sobrinho	NA	NA	14259	NA
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	3197	3197	3508	2937
Estação Ecológica UFMG	Parque Jacques Cousteau	14321	16997	13111	13212
G3	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	6723	NA
G3	G2	805	805	805	897

Corredor		Comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
G3	G2	805	805	805	897
G3	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	18233	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	15062	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Jacques Cousteau	3977	4488	3419	3146
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	12220	NA
Parque Ursulina de Andrade Melo	Parque Jacques Cousteau	15625	18300	13913	14014
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	G2	5453	5603	6708	5687
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	20822	NA
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Estadual da Baleia	1787	1787	1787	1615
Parque Municipal das Mangabeiras	Estação Ecológica Cercadinho	6307	6307	6147	6734

Corredor		Comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Municipal das Mangabeiras	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	7853	7416	NA	7774
Estação Ecológica Cercadinho	Estação Ecológica UFMG	15161	22174	NA	14214
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Aggeo Pio Sobrinho	1573	1573	1723	1318
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	14920	NA
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Jacques Cousteau	6401	6883	NA	NA
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	8492	8492	6936	2588
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	8857	8640	8407	7804
Fundação Zoobotânica	Estação Ecológica UFMG	7362	7362	7253	7347
Fundação Zoobotânica	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	NA	NA	NA	17292
Parque Leste	Parque Leste	10	10	10	10
Parque Leste	Parque Oeste	NA	NA	1353	NA

Corredor	Cenário Atual	Comprimento			
		ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS	
Parque Leste	G3	309	309	309	66
Parque Leste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	6180	NA
Parque Leste	G2	904	904	904	NA
Parque Leste	Parque Estadual Serra Verde	NA	NA	7881	NA
Estação Ecológica UFMG	Estação Ecológica UFMG	100	100	49	49
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	5325	5308	7357	6262
Estação Ecológica UFMG	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	16422	NA
Estação Ecológica UFMG	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	10432	11132	9439	9470
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	G3	11553	9778	11250	9332
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	12406	10974	NA	NA
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Estadual da Baleia	6661	6424	6886	5937

Corredor		Comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra Verde	Parque Oeste	6742	6593	6157	5266
Parque Estadual Serra Verde	G3	NA	NA	8603	NA
Parque Estadual Serra Verde	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	8304	8556	8983	9137
Parque Estadual Serra Verde	G2	NA	NA	8635	NA

NA= Não Aplicável

Tabela A4: Razão entre resistência e o comprimento dos corredores de menor custo, para os quatro cenários, entre os maiores fragmentos protegidos de vegetação arbórea/arbustiva de Belo Horizonte. Os cálculos foram feitos através da ferramenta *Linkage mapper*.

Corredor		Resistência/comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Aggeo Pio Sobrinho	6.87	8.24	25.28	50.89
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Jacques Cousteau	5.89	6.86	26.31	43.73
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Estação Ecológica Cercadinho	6.5	7.3	31.02	50.67
Parque Oeste	G3	NA	NA	2.32	NA
Parque Oeste	Parque Fazenda Lagoa do Nado	33.7	55.31	64.57	78.64
Parque Oeste	G2	1	1	2.31	95.8
Estação Ecológica UFMG	Parque Aggeo Pio Sobrinho	NA	NA	102.5	NA
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	29.63	29.63	86.75	120.42
Estação Ecológica UFMG	Parque Jacques Cousteau	44.5	43.77	103.33	104.86
G3	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	40.16	NA
G3	G2	1	1	1	23.14

Corredor		Resistência/comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
G3	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	47.86	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	104.77	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Jacques Cousteau	8.25	7.94	38.53	50.44
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	44.58	NA
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Jacques Cousteau	44.86	44.14	105.75	107.17
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	G2	26.5	43.67	40.24	67.64
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	76.72	NA
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Estadual da Baleia	10.02	10.02	10.02	16.55
Parque Municipal das Mangabeiras	Estação Ecológica Cercadinho	12.61	12.61	15.01	31.62
Parque Municipal das Mangabeiras	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	26.67	32.46	NA	55.57
Estação Ecológica Cercadinho	Estação Ecológica UFMG	43.8	35.23	NA	104.13

Corredor		Resistência/comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	104.16	NA
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Jacques Cousteau	7.3	7.2	NA	NA
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	20.04	20.04	55.2	173.14
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	15.93	20.26	21.81	37.61
Fundação Zoobotânica	Estação Ecológica UFMG	14.95	14.95	31.51	45.51
Fundação Zoobotânica	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	NA	NA	NA	75.27
Parque Leste	Parque Leste	25.5	25.5	25.5	25.5
Parque Leste	Parque Oeste	NA	NA	2.96	NA
Parque Leste	G3	1	1	1	36.72
Parque Leste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	43.6	NA
Parque Leste	G2	1	1	1	NA



Corredor		Resistência/comprimento			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Leste	Parque Estadual Serra Verde	NA	NA	59.51	NA
Estação Ecológica UFMG	Estação Ecológica UFMG	25.84	25.84	132.53	132.53
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	27.85	34.95	51.57	83.4
Estação Ecológica UFMG	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	78.98	NA
Estação Ecológica UFMG	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	41.58	52.09	112.13	113.92
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	G3	30.94	40.25	56.39	71.63
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	38.99	53.93	NA	NA
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Estadual da Baleia	28.07	34.81	40.91	68.23
Parque Estadual Serra Verde	Parque Oeste	22.98	24.63	75.97	104.65
Parque Estadual Serra Verde	G3	NA	NA	54.6	NA
Parque Estadual Serra Verde	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	29.32	41.08	71.25	73.35
Parque Estadual Serra Verde	G2	NA	NA	54.4	NA

NA= Não Aplicável

Tabela A5: Centralidade dos corredores de menor custo, para os quatro cenários, entre os maiores fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva de Belo Horizonte. Os cálculos foram feitos a partir da ferramenta *Linkage mapper*.

Corredor		Centralidade			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Aggeio Pio Sobrinho	10.3748	10.5624	9.787	9.09028
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Parque Jacques Cousteau	14.6915	14.4433	14.356	12.8358
Parque Estadual Serra do Rola Moça	Estação Ecológica Cercadinho	12.2072	12.483	13.1018	11.3811
Parque Oeste	G3	NA	NA	8.80598	NA
Parque Oeste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	22.4344	22.4108	13.4262	21.444
Parque Oeste	G2	43.4011	43.919	8.52668	35.846
Estação Ecológica UFMG	Parque Aggeio Pio Sobrinho	NA	NA	8.2914	NA
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	16.7082	17.0083	12.532	14.0472
Estação Ecológica UFMG	Parque Jacques Cousteau	13.797	14.5228	9.2136	12.98
G3	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	13.1508	NA

Corredor		Centralidade			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
G3	G2	27.6625	26.8335	15.3917	50.6654
G3	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	17.5349	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	6.93026	NA
Parque Aggeo Pio Sobrinho	Parque Jacques Cousteau	13.1555	13.7516	14.7485	20.1639
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	14.3745	NA
Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	Parque Jacques Cousteau	13.1255	13.8772	7.68095	12.931
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	G2	22.3234	22.3534	13.1585	24.2977
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	6.13669	NA
Parque Municipal das Mangabeiras	Parque Estadual da Baleia	31.2287	31.2144	45.3922	30.2407
Parque Municipal das Mangabeiras	Estação Ecológica Cercadinho	45.2856	46.2737	44.3265	42.8797
Parque Municipal das Mangabeiras	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	23.0159	22.3011	NA	20.7887

Corredor		Centralidade			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Estação Ecológica Cercadinho	Estação Ecológica UFMG	13.2087	13.862	NA	12.337
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Aggeo Pio Sobrinho	23.26	23.8466	31.8968	33.1204
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	NA	NA	6.92545	NA
Estação Ecológica Cercadinho	Parque Jacques Cousteau	11.7959	11.9764	NA	NA
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Ursulina de Andrade Melo	14.4955	15.3052	13.5697	17.2131
Fundação Zoobotânica	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	26.9058	27.7756	28.0825	33.4343
Fundação Zoobotânica	Estação Ecológica UFMG	17.6514	19.2294	19.7398	19.6551
Fundação Zoobotânica	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	NA	NA	NA	10.0861
Parque Leste	Parque Leste	30.7686	17	17	17
Parque Leste	Parque Oeste	NA	NA	10.5914	NA
Parque Leste	G3	21.5284	29.7739	31.6984	32

Corredor		Centralidade			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Leste	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	NA	NA	13.1906	NA
Parque Leste	G2	27.2908	25.556	13.7881	NA
Parque Leste	Parque Estadual Serra Verde	NA	NA	4.52528	NA
Estação Ecológica UFMG	Estação Ecológica UFMG	41.3549	42.1746	32.8386	39.1709
Estação Ecológica UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	28.4505	29.3189	19.511	25.9107
Estação Ecológica UFMG	Parque Estadual da Baleia	NA	NA	8.14918	NA
Estação Ecológica UFMG	Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	11.8411	12.5693	8.50313	10.4908
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	G3	18.4468	29.2005	19.7782	33.3337
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	11.0592	13.4101	NA	NA
Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG	Parque Estadual da Baleia	24.3402	23.4265	25.0298	21.8008
Parque Estadual Serra Verde	Parque Oeste	17.3737	20.2989	4.53223	14.9552
Parque Estadual Serra Verde	G3	NA	NA	4.51286	NA

Corredor		Centralidade			
		Cenário Atual	ZAEIS	ZAREIS	ZPRAEIS
Parque Estadual Serra Verde	Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	14.1793	15.473	7.20363	14.1383
Parque Estadual Serra Verde	G2	NA	NA	4.51317	NA

NA= Não Aplicável

## Apêndice B

Figura B1: Mapa de Belo Horizonte, seus corredores de menor custo para movimentação da fauna e fragmentos de vegetação arbórea/arbustiva.

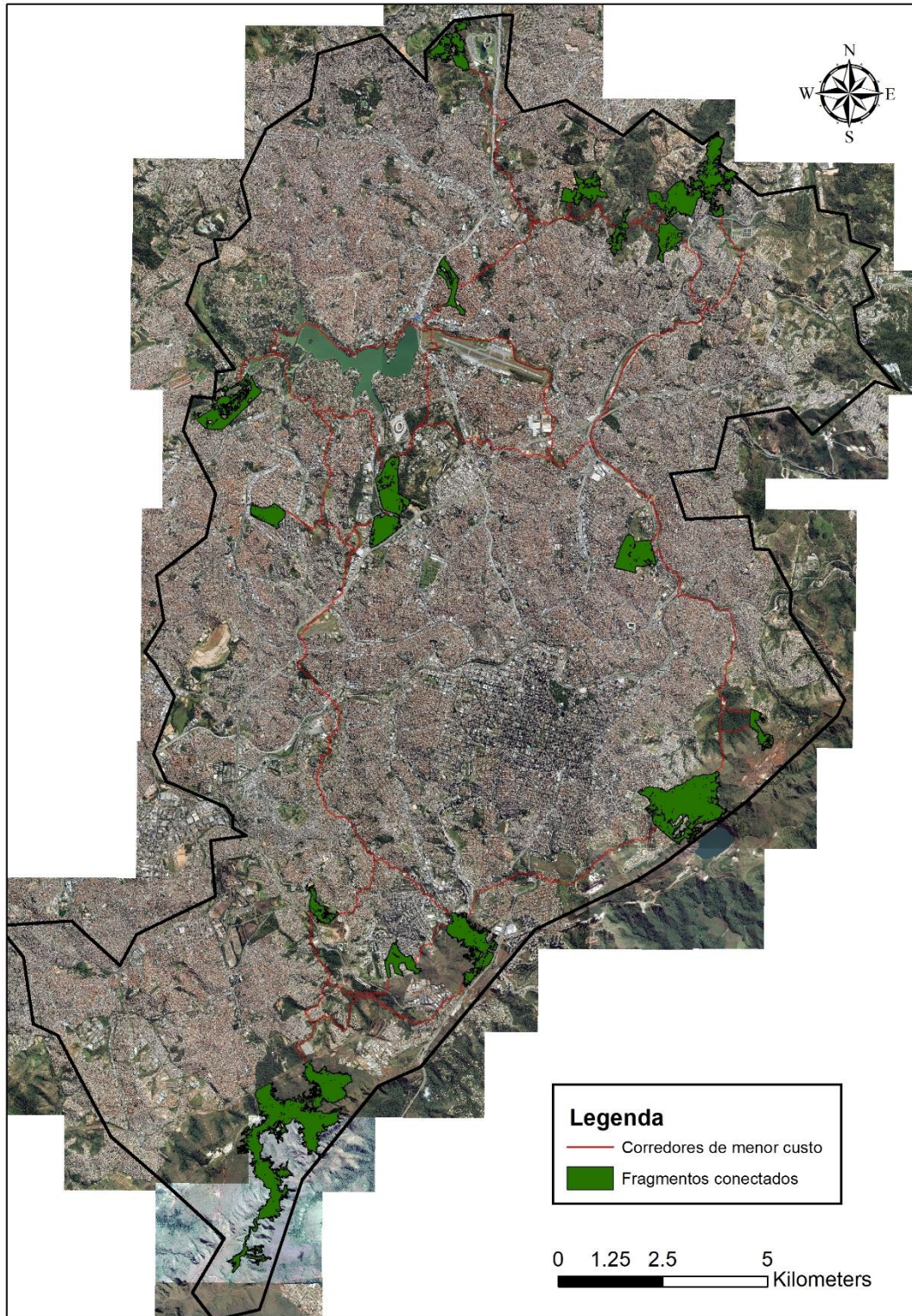


Figura 2B: Mapa de Belo Horizonte e as áreas de constrição nos corredores de menor custo para movimentação da fauna.

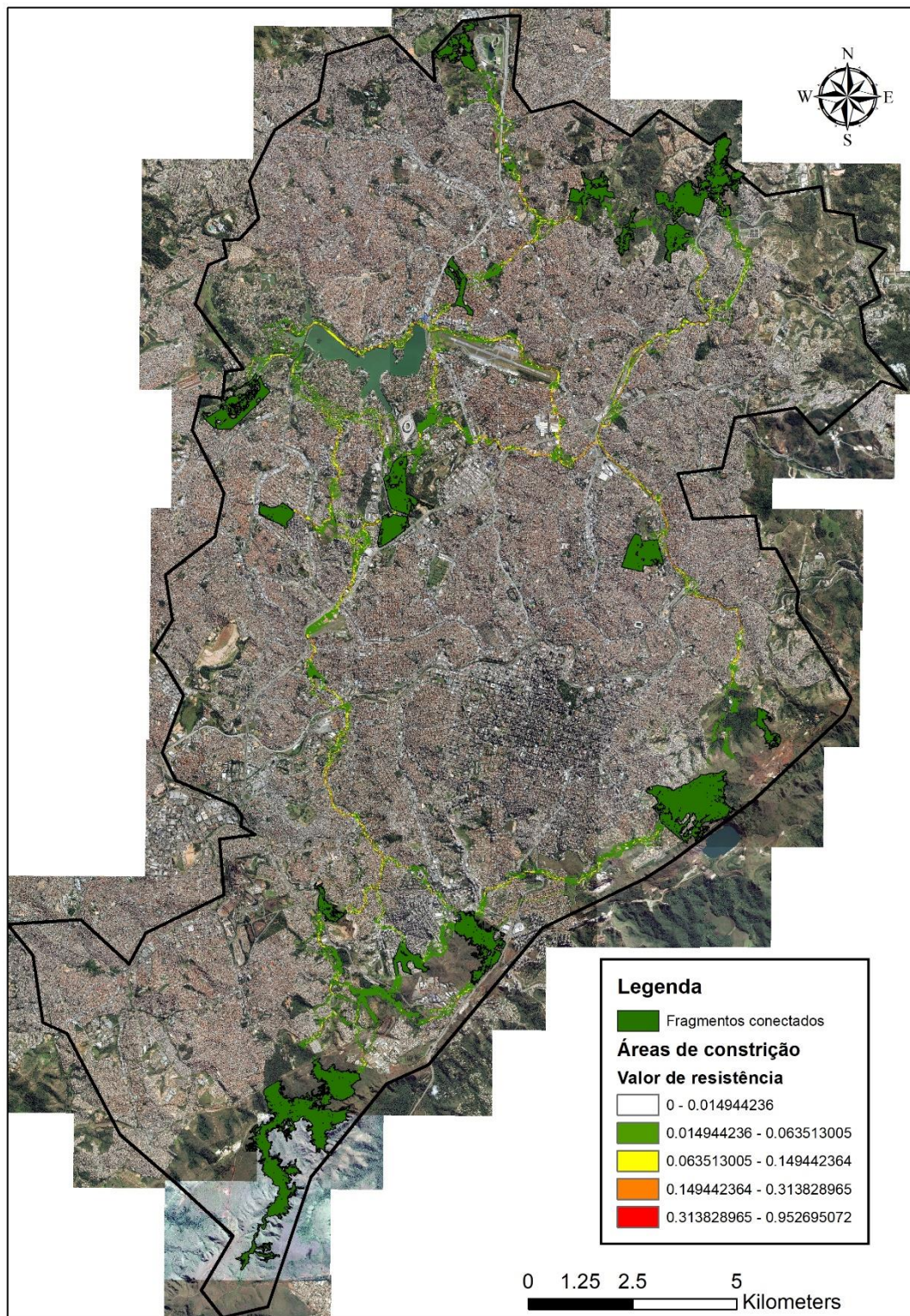




Figura 3B: Mapa de Belo Horizonte e as barreiras ao fluxo de espécies nos corredores de menor custo.

