



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**CORREDOR ENTRE SERRAS: CONECTIVIDADE ENTRE OS PARQUES
ESTADUAIS DE IBITIPOCA E SERRA NEGRA DA MANTIQUEIRA, NO
MUNICÍPIO DE LIMA DUARTE-MG**

Por

PEDRO ALBERTO PASSOS NARDELLI

MINAS GERAIS, 2022



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**CORREDOR ENTRE SERRAS: CONECTIVIDADE ENTRE OS PARQUES
ESTADUAIS DE IBITIPOÇA E SERRA NEGRA DA MANTIQUEIRA, NO
MUNICÍPIO DE LIMA DUARTE-MG**

Por

PEDRO ALBERTO PASSOS NARDELLI

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

**PROF. TIAGO PAVAN BELTRAME
PROF. ANDRÉ MONNERAT LANNA
PROF. FABIANO RODRIGUES DE MELLO**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

**IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS
MINAS GERAIS, 2022**

Ficha Catalográfica

Nardelli, Pedro Alberto Passos

Corredor Entreserras: conectividade entre os Parques Estaduais de Ibitipoca e Serra Negra da Mantiqueira, no município de Lima Duarte-MG, 2022. 67 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ - Instituto de Pesquisas ecológicas

Corredor ecológico

Conectividade de paisagem

Biodiversidade

I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

BANCA EXAMINADORA

Juiz de Fora, 05 de agosto de 2022

Prof. Dr. Tiago Pavan Beltrame

Prof. Dr. Ricardo Gomes César

Prof. Dr. Fabiano Rodrigues de Mello

Ao meu pai, Vicente Vanni Nardelli (in memoriam), que continua sendo minha maior referência na vida. Sua lembrança e seu legado de honradez, ética, caráter, e seu amor pela natureza, me fazem prosseguir e me inspiram.

À minha Zoé Nardelli, que tanto se esforçou, desde os primeiros anos de escola, com paciência, amor e persistência, para o meu aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Começo meu agradecimento pela Comuna do Ibitipoca, em nome do amigo Renato Machado, que me incentivou, patrocinou e deu todo o apoio para a realização deste mestrado.

Agradeço ao orientador Tiago Pavan, que deu o norte ao trabalho, conduzindo a banca de forma impecável, sempre muito equilibrado, sensato, afetuoso e profissional.

Agradeço ao amigo e coorientador, Fabiano Mello, que me motivou a fazer este mestrado, sempre disponível para a troca de ideias e boas conversas.

Agradeço também ao coorientador André Monnerat Lanna pela participação em todo o processo, sempre contribuindo com boas sugestões, e em especial pela sua tese de doutorado que muito me inspirou.

Agradeço à minha mulher, Patrícia Touma, pelo exemplo e entendimento da importância em manter o aprimoramento profissional através da incansável prática do estudo e da constante busca por novos conhecimentos. Além disso, pelo amor e carinho dedicados.

Agradeço ao meu filho, Enzo, pela maravilhosa e desafiadora experiência de ser pai, por me proporcionar a capacidade de compreender e conviver com os jovens com quem trabalho e com os colegas do mestrado.

Agradeço a todos e maravilhosos professores pela transmissão de inestimável conhecimento.

Agradeço ao instituto IPÊ, através do qual muito me orgulho de obter esse título, pela qualidade do corpo docente, pela coerência das disciplinas e conteúdo, pelo vanguardismo de pensamento e pelo trabalho exemplar de conservação que produz em suas diversas frentes e em sua história.

Agradeço ao professor Cláudio Pádua pelas maravilhosas aulas e sugestivas conversas informais que muito me inspiraram.

Um agradecimento muito especial à bióloga Geovana Onorato, que esteve desde o início deste projeto junto a mim, me auxiliando e orientando de diversas maneiras, com quem divido o mérito da conclusão deste mestrado.

Agradeço a Rafael Henrique Ruas Martins, que produziu os mapas iniciais, onde começamos as análises de paisagem.

Agradeço imensamente ao professor Alexandre Camargo Martensen, que carinhosamente visitou o local, dando novo sentido e orientação ao estudo, além de produzir os mapas e as análises mais refinadas e, junto a nós, definir os melhores caminhos de conexões propostas neste trabalho. Sua participação foi imprescindível.

Ao professor Alexandre Uezo por ter também ido visitar o local do projeto, levando junto Alexandre, além de sua contribuição e visão.

Agradeço à geógrafa Bárbara Ávila pela confecção e aperfeiçoamento dos mapas e tabelas de dados, assim como pelo auxílio na redação final desta dissertação.

Agradeço ao biólogo Julio Cezar Lima de Araújo pela contribuição na análise dos corredores, como também na descrição da metodologia.

Agradeço aos colegas de mestrado, Ághata, Aline, André, Anita, Bruno, Carol, Fátima, Gabriel Borin, Gabriel Oliveira, Gabriela, Guilherme, Isabela, Joãozinho Berranteiro, Palahv, Júlia, Laís, Luísa, Teca, Paulão, Marcão, Pietra, Priscila, Taísi, Thaís Araújo, Thaís Pagotto e Vinícius pelo sopro de juventude que me proporcionaram, pela agradável convivência e pelo aprendizado que tive nessa adorável relação.

Aos 61 anos, já tecnicamente aposentado, concluo esta jornada do mestrado, deixando com isso a demonstração da relevância da educação continuada, assim como a importância de estarmos sempre procurando novos desafios em nossas vidas.

“Destruir uma floresta tropical para ganhar benefícios econômicos é como queimar uma pintura do renascimento para cozinhar”

Edward O. Wilson

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 Degradação de habitats.....	20
3.2 Restauração Ecológica	21
3.3 Áreas de Conservação.....	22
3.4 Ecologia de paisagens	22
3.5 Corredores Ecológicos.....	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 Área de estudo.....	29
4.2 Coleta de dados	31
4.3 Visita <i>in loco</i>	32
4.4 Detalhamento das APPs	32
4.5 Proposta de Conexão entre as UCs.....	34
5 RESULTADOS.....	35
5.1 Mapas	35
5.2 Visita <i>in loco</i>	40
5.3 Detalhamento das APPs	44
5.4 Proposta de conexão	46
6 DISCUSSÃO	55
7 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Vantagens e problemas associados à implementação de corredores ecológicos.....	24
Quadro 2 - Habitats que foram considerados para a avaliação da proposta de conexão	46
Tabela 1 - Propriedades rurais do CAR sob os corredores	52
Tabela 2 - Reservas legais e vegetação nativa nas propriedades rurais do CAR sob os corredores propostos	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de fragmentação de habitats.....	20
Figura 2 – Aspectos que causam perda de riqueza de espécies em habitats.	23
Figura 3 – Mico-Leão-Preto e o Mapa dos Sonhos, mostrando as propostas de corredores (verde claro) para ligar as manchas de habitats (verde escuro).....	25
Figura 4 – Antes e depois da implantação de um corredor florestal no Pontal do Paranapanema	26
Figura 5 – Possibilidades de transposição da vida selvagem nas rodovias.....	27
Figura 6 – Transposição com vegetação nas rodovias para animais de grande porte e de pequeno porte	28
Figura 7 – Área da Comuna do Ibitipoca destacada pelas linhas brancas no entorno do PEIb. Os polígonos vermelhos representam áreas que não pertencem à comuna	30
Figura 8 - Área do complexo Serra Negra destacada pelas linhas vermelhas e amarelas no entorno do PESNM que está destacado em roxo	31
Figura 9 – Mapa mostrando a localização do PEIb e do PESNM e a TT.....	35
Figura 10 – Mapa de uso de solo na região do PEIb e do PESNM e a TT	36
Figura 11 – Mapa de remanescentes florestais na região do PEIb e do PESNM e a TT	37
Figura 12 – Mapa hipsométrico da região do PEIb e do PESNM e a TT	38
Figura 13 – Mapa de declividade da região do PEIb e do PESNM e a TT	39
Figura 14 – Mapa com trajeto destacado em azul da visita <i>in loco</i> para reconhecimento dos fragmentos possíveis para conexão das paisagens entre o PEIb e a BR-267.....	40
Figura 15 – Remanescentes florestais em meio às pastagens que podem ser usados para conexão da paisagem.....	41
Figura 16 – Paisagem com fragmento e pastos em regeneração natural.....	41
Figura 17 – Mapa com trajeto destacado em azul da visita <i>in loco</i> para	

reconhecimento dos fragmentos possíveis para conexão das paisagens entre a BR-267 e o PESNM. Os pontos vermelhos destacam os voos de drone	42
Figura 18 – (A) Paisagem com fragmentos de mata e (B) áreas de pastagens com espécies gramíneas, ambas na estrada da Serra Negra da Mantiqueira	42
Figura 19 – Paisagem com incidência de candeias e afloramentos de quartzito... 43	43
Figura 20 – Paisagem de mata com presença de eucaliptos próximos ao PESNM. As setas apontam fragmentos de eucaliptos ao longe na paisagem.....	43
Figura 21 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Lima Duarte	44
Figura 22 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Olaria.....	45
Figura 23 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Santa Bárbara do Monte Verde	45
Figura 24 – Mapa com os pontos de entrada e saída da conexão na região de Ibitipoca	46
Figura 25 – Mapa com os pontos de entrada e saída de conexão na região da Serra Negra da Mantiqueira	47
Figura 26 – Proposta de corredores entre o PEIb e o PESNM.....	48
Figura 27 – Corredores individuais conectando os Pontos I1 e I2 de Ibitipoca até os 4 pontos propostos no PESNM.....	49
Figura 28 – Corredores individuais conectando os Pontos I3 e I4 de Ibitipoca até os 4 pontos propostos no PESNM.....	50
Figura 29 – Ponto de interseção entre as propostas de corredores entre as UCs e a estrada Lima Duarte – Conceição, mostrando as construções na estrada.....	51
Figura 30 – (A) Ponto de interseção entre as propostas de corredores entre as UCs e a BR- 267, (B) foto da interseção com copas de árvores próximas.....	51
Figura 31 – Interseção da proposta com a BR-267 com passagem inferior de água	52
Figura 32 – Reservas legais e vegetação nativa nas propriedades rurais do CAR sob os corredores.....	54

LISTA DE ABREVIações

APP	Área de Preservação Permanente
ARL	Área de Reserva Legal
CAR	Cadastro Ambiental Rural
ESEC	Estação Ecológica
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
ha	Hectares
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEF	Instituto Estadual de Florestas
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
m	Metros
MG	Minas Gerais
MF	Módulo Fiscal
ONG	Organização Não Governamental
PEIb	Parque Estadual de Ibitipoca
PEMD	Parque Estadual Morro do Diabo
PESNM	Parque Estadual da Serra Negra da Mantiqueira
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SP	São Paulo
SPP	Espécies
TT	Trilha Transmantiqueira
UC	Unidade de Conservação

RESUMO

Resumo do trabalho final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito à obtenção do grau de Mestre

CORREDOR ENTRE SERRAS: CONECTIVIDADE ENTRE OS PARQUES ESTADUAIS DE IBITIPOÇA E SERRA NEGRA DA MANTIQUEIRA, NO MUNICÍPIO DE LIMA DUARTE-MG

Por

PEDRO ALBERTO PASSOS NARDELLI

Agosto, 2022

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pavan Beltrame

A grande perda e fragmentação de habitat por ações humanas têm causado sérias consequências na biodiversidade, afetando número, distribuição e sobrevivência das espécies. Uma solução para habitats já fragmentados seria voltar a conectar as manchas de habitats através de corredores ecológicos, que aumentam as chances de sobrevivência e manutenção da biodiversidade. Para conectar fragmentos é necessária uma análise da área considerando a matriz, o relevo, a hidrografia, entre outros aspectos. O Parque Estadual do Ibitipoca (PEIb) e o Parque Estadual da Serra Negra da Mantiqueira (PESNM) são duas Unidades de Conservação (UCs) que registram altos índices de endemismo, tanto na fauna quanto na flora, além de possuírem fitofisionomia e clima semelhantes. A Trilha Transmantiqueira (TT) é uma trilha de longo curso que está sendo estabelecida pela Rede Brasileira de Trilhas, proporcionando o desenvolvimento na região e incentivando a conservação ambiental. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a paisagem entre o PEIb e o PESNM, propondo possíveis corredores entre as duas UCs, e avaliar a possibilidade de utilização da TT como uma alternativa de conectividade. Para tal, fez-se um levantamento através do MapBiomas e do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do uso do solo, das Áreas de Preservação Permanente (APP), da declividade e hipsometria. Em seguida, visitou-se in loco os fragmentos remanescentes entre as UCs para a

compreensão da estrutura das manchas de habitats e, por fim, analisaram-se, através de pacotes no programa R, os melhores traçados para corredores ecológicos entre as UCs. Os resultados mostraram que uma grande área entre as UCs é composta por um mosaico, prevalecendo agricultura, pastagem e silvicultura. Os fragmentos entre as UCs predominam em topos de morros e são cortados por duas rodovias. A TT passa por áreas de altitude elevada, com fragmentos florestais. Porém, no presente momento, não aparece como a melhor opção de conectividade. Foram traçados 16 possíveis corredores entre o PEIb e o PESNM, com média de 40 quilômetros de extensão. Mais de 50% dos corredores passam por áreas particulares de pequenas propriedades, destacando a necessidade da parceria entre poderes público e privado e moradores para a implementação dos corredores. O caminho do corredor corta a rodovia federal em local onde já existe uma passagem inferior para animais de pequeno porte. Conclui-se que as propostas de corredores ecológicos precisam ser construídas em conjunto com os diferentes atores da região para a concretização desses projetos.

Palavras-Chave: Corredores ecológicos. Ecologia de paisagem. Conectividade de fragmentos. Fragmentação de habitat. Biodiversidade.

ABSTRACT

Summary of Final Work submitted to the Professional Master's Program in Biodiversity Conservation and Sustainable Development as a requirement to obtain the Master's degree

ENTRE SERRAS CORRIDOR: CONNECTIVITY BETWEEN THE STATE PARKS OF IBITIPOCA AND SERRA NEGRA DA MANTIQUEIRA, IN THE MUNICIPALITY OF LIMA DUARTE, MG

By

PEDRO ALBERTO PASSOS NARDELLI

August, 2022

Advisor: Prof. Dr. Tiago Pavan Beltrame

The great loss and fragmentation of habitat by human actions have caused serious consequences on biodiversity, affecting the number, distribution, and survival of several species. A solution for already fragmented habitats would be to reconnect the patches of habitats through ecological corridors, which increase the chances of survival and maintenance of biodiversity in degraded areas. To connect fragments, an analysis of the area is necessary, considering the matrix, relief, hydrography, among others. The Ibitipoca State Park (PEIb) and the Serra Negra da Mantiqueira State Park (PESNM) are two Conservation Units (UCs) that record high levels of endemism, both in fauna and flora, which share similarities in these parameters, in addition to those of phytophysiology and climate. The Transmantiqueira Trail (TT) is a long-distance trail that is being established by the Brazilian Trails Network, which will provide development in the region, encouraging environmental conservation. In this context, the objective of this study was to analyze the landscape between the PEIb and the PESNM, proposing possible corridors between the two UCs, and evaluate the possibility of using the TT as a connectivity alternative. To this end, an evaluation was carried out through MapBiomas and the Rural Environmental Registry (CAR) of land use, Permanent Preservation Areas (APP), slope and hypsometry. Afterwards, the remaining fragments between the UCs were visited *in loco* to understand the structure of the habitat patches and, finally, the best routes for ecological corridors between the

UCs were analyzed using packages in the R program. The results showed that a large area between the UCs is composed of a mosaic, prevailing agriculture, pasture and forestry. The fragments between the UCs predominate on tops of hills and are cut by two highways. The TT passes through high altitude areas, with forest fragments, but at the present time it does not appear as the best connectivity option. Sixteen possible corridors were traced between the PEIb and the PESNM, with an average length of 40 kilometers. More than 50% of the corridors pass through private areas of small properties, highlighting the need for a partnership between the public and the private powers and residents to implement the corridors. The corridor path cuts the federal highway in a place where there is already an underpass for small animals. It is concluded that the proposals for ecological corridors need to be built together with the different actors in the region for the accomplishment of these projects.

Keywords: Ecological corridors. Landscape ecology. Fragment connectivity. Habitat fragmentation. Biodiversity

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de muitos anos, espécies da fauna e flora foram extintas de seus habitats naturais por ações humanas diretas e indiretas (ICMBIO/MMA, 2018). Essas ações exemplificam-se com a poluição dos mananciais hídricos, desmatamentos, queimadas, invasões de espécies exóticas, e degradação e fragmentação de habitats (COLLINGE, 1996). A fragmentação leva à extinção por diminuir a mobilidade entre diferentes habitats, causando perda de fluxo gênico e diminuição da biodiversidade, com consequente queda dos serviços ecossistêmicos (DAMSCHEN, 2013; PLISCOFF *et al.*, 2020). Uma das maneiras de remediar os efeitos da fragmentação é criar conexões entre as manchas de habitats, os corredores ecológicos, formando redes que facilitam a dispersão e movimento entre esses ambientes (ZHANG *et al.*, 2019).

A proposta de corredor ecológico surgiu na década de 1970, sendo considerado, em 1980, pela União Internacional para Conservação da Natureza (International Union for Conservation of Nature – IUCN), uma estratégia global para conservação, após estudos de campo comprovarem a eficácia do método (ZHANG & SONG, 2020). A conexão entre manchas de vegetação aumenta a disponibilidade de recursos para as comunidades silvestres e para a manutenção de populações mínimas viáveis, evitando a erosão genética que ocorre em grupos isolados (SODHI *et al.*, 1999). Porém, o processo de estabelecimento de um corredor ecológico envolve variáveis físicas (relevo e de uso do solo), avaliadas através de geoprocessamento; e variáveis sociais (locais onde estabelecer o corredor, moradores envolvidos, impactos de fauna juntos a esses, entre outras).

Os corredores ecológicos podem funcionar como pontos de ecoturismo, trazendo renda à comunidade (RATHORE *et al.*, 2012), além de serem pontos de recreação de moradores e animais de criação, propiciando uma paisagem agradável e fomentando a educação ambiental (USDA¹, [s.d.]). O sucesso na criação de parques, reservas e corredores ecológicos está diretamente relacionado à atuação de moradores locais, sendo crucial o entendimento desses a respeito da conservação dos habitats (AYRES *et al.*, 2005).

A conectividade entre as áreas de conservação pode ser alcançada de

¹ Link: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_014927.pdf

maneiras diversas. Uma dessas maneiras é através do modelo de *stepping-stones*, o qual se caracteriza por ilhas de vegetação que estão entre as áreas, que não estão propriamente conectadas, mas próximas o suficiente para que haja fluxo de espécies entre elas (ALHARBI & PETROVSKII, 2019; SHI *et al.*, 2020). Há trabalhos destacando a eficiência desse modelo para a conservação ambiental (LUO *et al.*, 2021). A eficiência de ilhas de biodiversidade e corredores ecológicos inspirou a criação do Mapa dos Sonhos do Pontal do Paranapanema, que possui o objetivo de conectar as Unidades de Conservação (UCs) Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD) e a Estação Ecológica (ESEC) Mico-Leão-Preto (ICMBio), permitindo o trânsito de espécies selvagens, além de restaurar os serviços ecossistêmicos da região através do cumprimento do Código Florestal, que exige 20% da área de propriedades rurais dedicada à Reserva Legal (UM PONTAL BOM PARA TODOS, 2021).

A Mata Atlântica, um *hotspot* de biodiversidade, com grande riqueza de espécies, vem sendo explorada há séculos, o que causou grande fragmentação desse bioma e suas matas, tornando-a alvo de iniciativas de conservação, como a criação de parques e corredores para a proteção de espécies (GRELLE *et al.*, 2021). A conservação deve ser pensada ao nível da diversidade genética, sendo necessária a proteção das metapopulações (múltiplas populações de uma mesma espécie) que migram entre esses locais, tornando-as menos suscetíveis a eventos de extinção por manterem o fluxo gênico (SEOANE *et al.*, 2010).

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEIb) e o Parque Estadual da Serra Negra da Mantiqueira (PESNM), ambos localizados no município de Lima Duarte, estão separados por aproximadamente 28km e são parques de extrema importância para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. Já foi demonstrado que eles compartilham a mesma fitofisionomia (VALENTE *et al.*, 2011), espécies de fauna (NOBRE *et al.*, 2009) e flora, peculiares e endêmicas na região (GONZAGA *et al.*, 2014; SALIMENA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2012). A separação dos parques por pastos, estradas e vilarejos coloca em risco essas metapopulações, que podem entrar em processo de extinção por gargalo genético e outras variáveis.

O presente estudo se baseia também no mosaico da paisagem obtido pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR), que foi criado pela Lei nº 12.651/2012, no

âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA). Posteriormente, foi regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2, de 5 de maio de 2014 (<https://www.car.gov.br>), tornando obrigatório para todos os imóveis rurais o registro de mapeamento das Áreas de Reserva Legal (ARLs) e das Áreas de Preservação Permanente (APPs), dentro da sua propriedade (Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012). O CAR permite o acesso às informações das propriedades rurais que se encontram em entornos de UCs, permitindo uma ampla análise da paisagem e possíveis conectividades (GERHARDT & BECKER, 2014).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho propõe analisar e diagnosticar a paisagem e possíveis conectividades entre o PEIb e o PESNM, a fim de encontrar os meios mais efetivos para futura conexão dos parques.

2.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos deste estudo:

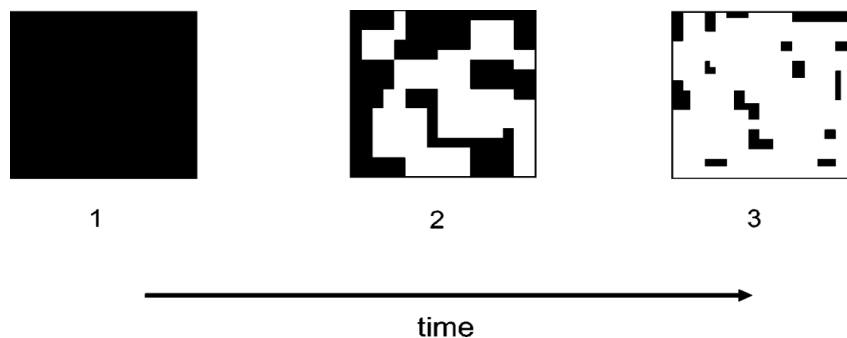
- Analisar imagens de satélites, o CAR, mapeando o relevo, o uso e a cobertura do solo, APPs e ARLs a fim de propor alternativas de conexões entre as duas UCs;
- Verificar a Trilha Transmantequeira (TT) como um possível traçado entre o mosaico de manchas na paisagem para conexão entre as UCs.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Degradação de habitats

A conservação da biodiversidade e o funcionamento de um ecossistema como um todo estão intimamente relacionados à manutenção da integridade dos habitats, não havendo a perda e a fragmentação desses (GRASS *et al.*, 2018; DAMSCHEN *et al.*, 2019). A perda de habitat é a direta perda da área (CHETCUTI & KUNIN & BULLOCK, 2020), enquanto que a fragmentação é caracterizada por uma grande mancha, a qual é recortada pela degradação desse habitat em diversas manchas pequenas, chegando ao ponto de não mais possuir conectividade (Figura 1) (FAHRIG, 2003; 2017).

Figura 1 – Processo de fragmentação de habitats.



Fonte: FAHRIG, L. (2003).

A fragmentação de habitats é comum em ecossistemas por fatores naturais, como inundações e incêndios, que podem proporcionar morte de algumas espécies e prevalência de outras (DA SILVEIRA *et al.*, 2016). Porém, ações humanas estão intensificando o processo de forma perigosa (CHETCUTI & KUNIN & BULLOCK, 2020). Há um debate no meio científico a respeito da fragmentação, com autores acreditando que ela é prejudicial para a biodiversidade (FLETCHER JR *et al.*, 2018) e outros crendo que a fragmentação não possui respostas negativas significativas; pelo contrário, as áreas experimentais teriam apresentado boa resposta quando fragmentadas (FAHRIG *et al.*, 2019), como aumento na diversidade de hábitos das espécies, persistência do sistema presa-predador e queda na competição intra e interespecífica (RYBICKI; ABREGO; OVASKAINEN, 2020).

Quando há degradação e fragmentação, há alterações na estrutura

das populações. Os “efeitos de borda” são margens abruptas nas florestas, causando alterações no solo, no microclima e nas distribuições de recursos, afetando as comunidades presentes (PIVELLO *et al.*, 2006; TORGGLER, 2015) e, conseqüentemente, o sucesso reprodutivo (DO NASCIMENTO, 2007). Populações fragmentadas favorecem gargalos genéticos, quando ocorrem cruzamentos entre parentes e o acúmulo de alelos recessivos deletérios, o que irá aumentar as chances de extinção local de fauna e flora (AGUILAR *et al.*, 2019). Essas áreas fragmentadas devem, então, ser restauradas e regeneradas.

3.2 Restauração Ecológica

A restauração florestal é definida como “uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema no que diz respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade” (CURY & CARVALHO JR., 2011, p. 12), sendo uma ferramenta para a recuperação de áreas perturbadas que não possuem mais resiliência, ou seja, a capacidade de se autorrecuperar. As particularidades da paisagem como clima, tipo de solo, relevo, proximidade entre fragmentos florestais, grau de degradação, entre outros fatores, irá definir a melhor técnica de restauração a ser indicada para o local (GALVÃO & MEDEIROS, 2002).

Dentre as várias metodologias para a restauração da área, é possível pontuar (NBL & TNC, 2013): i) o isolamento, tirando o fator degradante; ii) a condução da regeneração natural, controlando espécies indesejadas; iii) a recuperação do solo; iv) o plantio de adensamento, com espécies iniciais da sucessão; v) o plantio de enriquecimento, com espécies de estágios finais de sucessão; e vi) o plantio total, quando a área está com baixo potencial de regeneração. As ARLs e APPs de cada propriedade devem ser avaliadas para a técnica mais apropriada que será aplicada na área a ser restaurada. A região da Zona da Mata mineira tem a atividade agropecuária centrada na produção familiar, onde não houve uma grande mecanização da terra e destoca, aumentando o potencial de regeneração da região (BORDA-NINO *et al.*, 2021).

Os avanços tecnológicos que a disciplina da restauração florestal adquiriu trouxe formas de recuperação das áreas, de maneira a ser mais eficiente com o

menor custo (RODRIGUES & GANDOLFI & BRANCALION, 2015). A restauração é uma técnica de recomposição de áreas, sendo uma das principais soluções para a conservação da biodiversidade e conexão entre áreas protegidas (SILVA & CÂNDIDO & FREIRE, 2009) e entre fragmentos de florestais isolados, através de corredores ecológicos (PEREIRA & CESTARO, 2016).

3.3 Áreas de Conservação

Desde a década de 1930, há leis que regulamentam as áreas de preservação ambiental no país. A mais recente é o Código Florestal brasileiro, estabelecido pela Lei 12.651/2012, que regulamenta APPs, áreas de conservação de recursos hídricos, de importância cênica, sítios geológicos, e ARLs, áreas dentro de propriedades rurais que devem ser conservadas (SOARES *et al.*, 2021). Para fiscalização da ARL, foi criado o CAR, que define a porcentagem de ARL que deve existir dentro de cada propriedade. Essa é uma importante ferramenta no monitoramento, fiscalização e controle dos órgãos e institutos públicos, tanto quanto nos projetos de conservação, gerando informações para confecção de mapas para análises de paisagens e conexões, por exemplo.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído pela Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000, a qual define e regula a criação, implantação e gestão de UCs no Brasil. Todo e qualquer Parque de conservação deve seguir as normas estabelecidas pelo SNUC, independentemente da sua escala (nacional, estadual ou municipal). Parques nacionais são administrados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e parques estaduais, dentro do estado de Minas Gerais (MG), pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF).

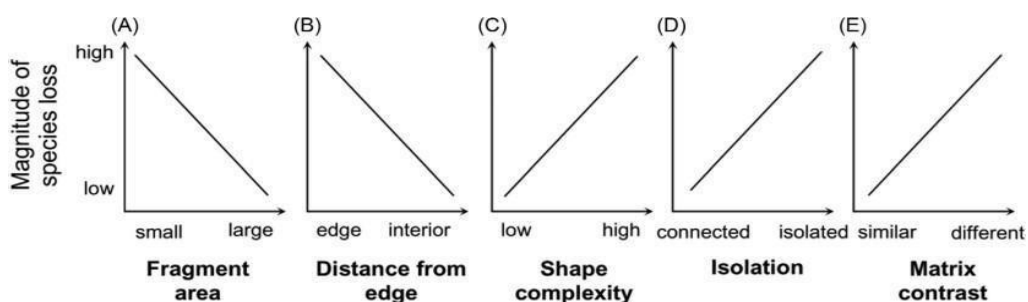
3.4 Ecologia de paisagens

O conceito de paisagem vem sendo construído ao longo de muitos anos. Contudo, no meio científico, esse tema foi introduzido no início do século XIX, por Alexander Von Humboldt, como uma “característica total de uma região terrestre”. Carl Troll foi quem, enquanto trabalhava com fotografias aéreas em 1939, empregou pela primeira vez o termo “ecologia de paisagem”, considerando o espaço onde o homem habita (METZGER, 2001). Existem duas abordagens da

ecologia de paisagens: a geográfica, que leva em consideração a relação humana, o planejamento territorial e a sociologia; e a abordagem biológica, que resolve problemas de conservação da biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos (MARTINS *et al.*, 2004).

Em 1967, MacArthur e Wilson cunharam a teoria da biogeografia de ilhas, baseando-se no conceito de que a riqueza de espécies em uma ilha é dada pelo seu tamanho. Menores ilhas terão menos espécies que fragmentos maiores e menos isolados (DEBINSKI & HOLT, 2000). O conceito da fragmentação de habitat é originário dessa teoria, e ela tem diversas causas, tais como: agricultura, desmatamento, expansão urbana etc., causando perda de espécies através de aspectos representados na Figura 2 (ROGAN E LACHER, 2018).

Figura 2 – Aspectos que causam perda de riqueza de espécies em habitats.



Fonte: ROGAN E LACHER (2018).

Tais efeitos podem ser sanados através da conexão entre os remanescentes de habitats, utilizando a ecologia de paisagens, combinando “uma abordagem espacial dos geógrafos, com uma abordagem funcional dos ecólogos” (NAVEH & LIEBERMAN, 1994). Existem dois tipos de conectividades a serem consideradas: a conectividade estrutural e a conectividade funcional.

A conectividade estrutural é caracterizada por considerar a heterogeneidade da paisagem, tamanho e forma dos fragmentos, além de localização e números dos mesmos (D’ACAMPORA & HIGUERAS & ROMÁN, 2018; CADAVID-FLOREZ & LABORDE & MCLEAN, 2020). A conectividade funcional considera a mobilidade das espécies nas conexões, ou seja, a composição do fragmento, a distância das conexões e o custo para as espécies se locomoverem nessas conexões, definindo se a ligação entre as paisagens será eficiente à vida selvagem (TRAPP *et al.*, 2019; BEDNÁŘ *et al.*, 2020).

Existem diferentes formas para se obter uma ligação entres os fragmentos. Há os trampolins ecológicos, os *stepping stones*, que são pequenas manchas de habitats entre fragmentos maiores (ALHARBI & PETROVSKII, 2019; LUO *et al.*, 2021); e os corredores de vidas silvestres, que são normalmente formados por uma faixa de floresta, conectando grandes manchas de habitats (RIMAZE *et al.*, 2020; HAMAIDE & HAMAIDE & WILLIAMS, 2022).

3.5 Corredores Ecológicos

O SNUC (2000) estabeleceu critérios e normas para áreas de conservação no Brasil, definindo também conceitos importantes, como os corredores:

porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais. (BRASIL, 2006, p. 12)

O corredor ecológico tem como função reduzir a fragmentação das manchas remanescentes, preservar os recursos hídricos e restaurar a conectividade da paisagem (THIAGO & MAGALHÃES & SANTOS, 2020). Em meados da década de 1980, essa técnica provou, em experimentos de campo, a sua eficiência para o aumento da movimentação de indivíduos entre as manchas, colaborando para a conservação da biodiversidade local (SANDERSON *et al.*, 2003).

No entanto, MACDONALD *et al.* (2003) e SEOANE *et al.* (2010) destacam vantagens e potenciais problemas da implementação dos corredores ecológicos, que devem ter atenção dos conservacionistas (Quadro 1).

Quadro 1 - Vantagens e problemas associados à implementação de corredores ecológicos.

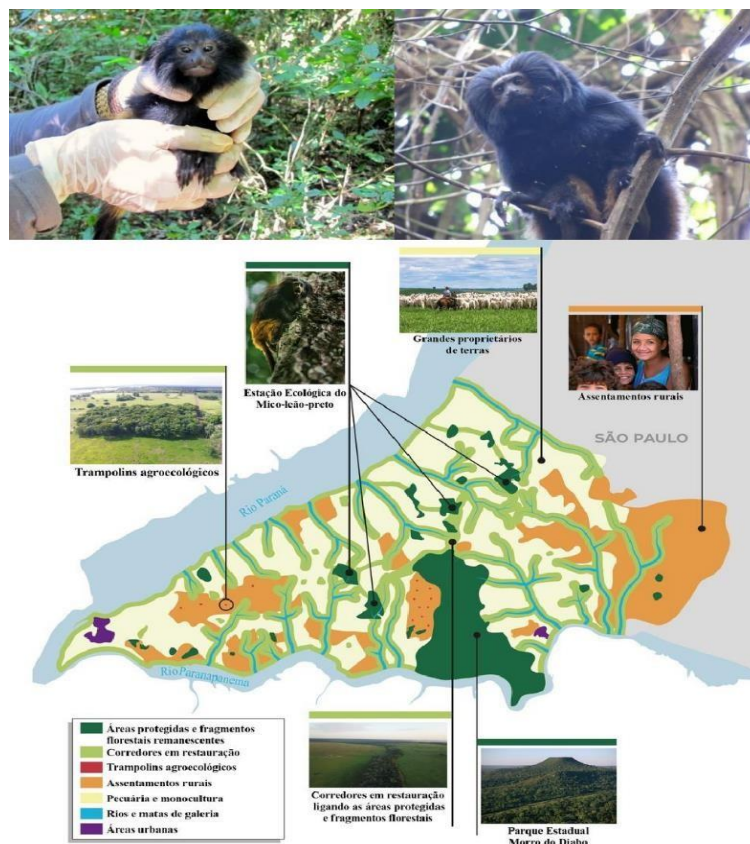
Vantagens	Problemas
- Aumento na quantidade de habitat;	- Caminho para <i>spp</i> daninhas e oportunistas;
- Redução da probabilidade de extinção;	- Custo de aquisição, manutenção e proteção;
- Redução de endogamias e endocruzamento;	- Disseminação de fogo, doenças e <i>spp</i> exóticas;
- Aumento da área de forrageamento, nidificação etc.;	- Aumento de exposição de animais predadores, domésticos e homens;
- Aumento dos tamanhos populacionais;	- Homogeneização genética;
- Aumento da diversidade e riqueza de <i>spp</i> ;	

Fonte: Adaptado de MCDONALD *et al.* (2003) e SEOANE *et al.* (2010).

Mesmo considerando os problemas associados aos corredores, eles são as alternativas mais recomendadas para restabelecer conectividades.

No Brasil, para a conservação da Mata Atlântica (um *hotspot* de biodiversidade), entre as principais iniciativas pensadas, além das criações de UCs, são indicados os corredores de biodiversidade, que devem ter cerca de 100m de largura para melhor eficiência (TABARELLI *et al.*, 2005). Na região do extremo oeste do estado de São Paulo (SP), no Pontal do Paranapanema, está o maior corredor florestal plantado do mundo em floresta tropical, com 12km de floresta e mais de 2,3 milhões de árvores. Ele conecta as UCs do Parque Estadual Morro do Diabo e a Estação Ecológica Mico-Leão-Preto, resultado do Mapa do Sonhos, uma grande iniciativa para conectar manchas de habitats isoladas, visando a manutenção da população de espécies ameaçadas na Mata Atlântica, em especial a do mico-leão-preto, *Leontopithecus chrysopygus*, que estava criticamente ameaçado de extinção até a intervenção dos pesquisadores (Figura 3).

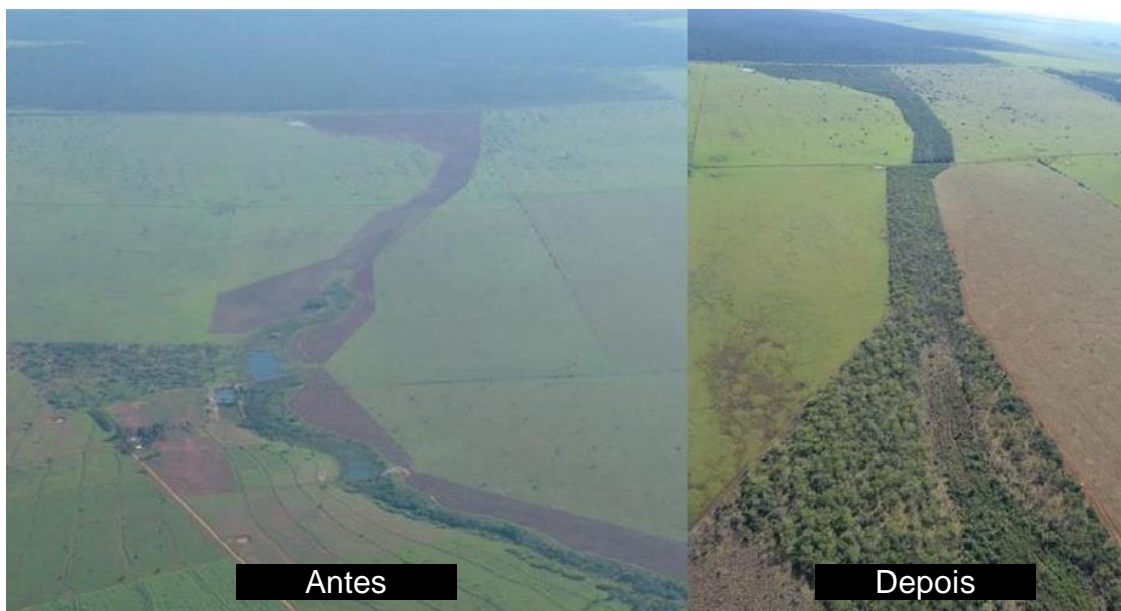
Figura 3 – Mico-leão-preto e o Mapa dos Sonhos, mostrando as propostas de corredores (verde claro) para ligar as manchas de habitats (verde escuro).



Fonte: <https://www.ipe.org.br/projetos/pontal-do-paranapanema/76-corredores-da-mata-atlantica>.

Para o estabelecimento de um corredor ecológico, é muito importante considerar a matriz em que ele está inserido. Entende-se como matriz “a unidade estrutural e funcional predominante no mosaico”, a área que ocupa maior parte no mesmo, e, por convenção, na ecologia de paisagem, ela é o que chamamos de área de “não habitat”, inóspita à maioria das espécies da região. São geralmente de origem antrópica, como áreas urbanas, pastagens e monoculturas (BOSCOLO & FERREIRA & LOPES, 2016). A matriz do Mapa dos Sonhos são grandes áreas de não habitats com atividades agropecuárias. Assim, pela obrigatoriedade de criação e proteção das ARLs e APPs dentro das propriedades particulares, os pesquisadores estudaram os melhores caminhos de ligação dos remanescentes florestais, associando as áreas de proteção particulares, beneficiando, ao mesmo tempo, a conservação e os produtores rurais. A partir dos estudos no Pontal do Paranapanema, são traçados e implementados os corredores, modificando a paisagem da região (Figura 4).

Figura 4 – Antes e depois da implantação de um corredor florestal no Pontal do Paranapanema.

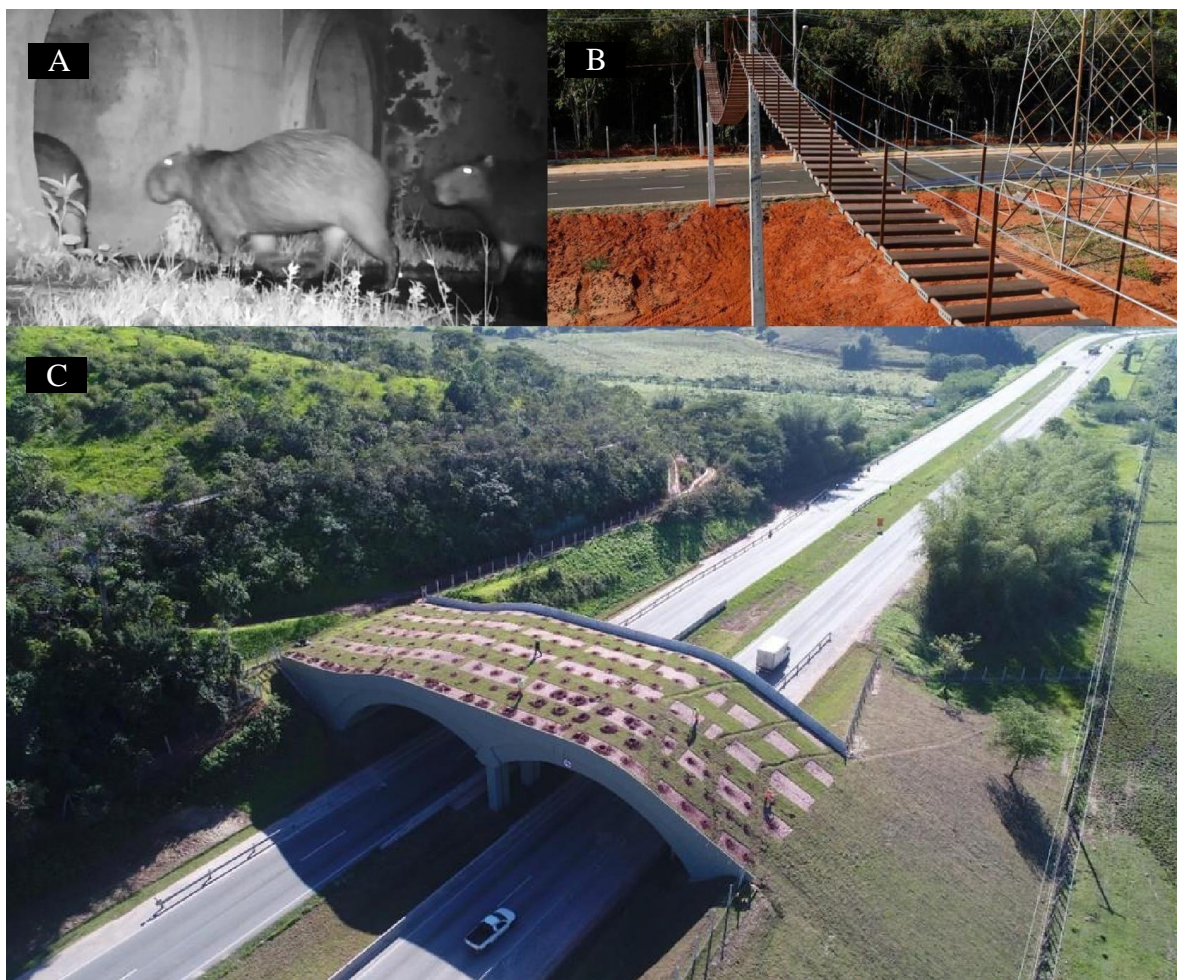


Fonte: Laury Cullen Jr. (s/d).

Um dos grandes desafios na conexão das manchas de habitats são as barreiras físicas como as estradas e ferrovias, uma das maiores causas de morte de animais no Brasil e no mundo (DA CUNHA & MOREIRA & DE SOUSA SILVA, 2010). Corredores ecológicos que buscam conexões através de estradas

possuem alternativas para evitar a mortalidade e garantir a segurança nos mesmos. Existe a possibilidade de túneis e galerias abaixo das estradas (Figura 5A) e, para primatas, conexões superiores através de árvores com cordas, cabos de aço ou pontes que unam as vegetações dos lados da estrada (TEIXEIRA *et al.*, 2013), como realizado por pesquisadores da Universidade Federal de Lavras (Figura 5B). Existem também grandes pontes construídas para passagem de fauna por cima da estrada (Figura 6), como feito na BR-101 para conectar a Reserva Biológica Poço das Antas e a Área de Proteção Ambiental Bacia do Rio São João (Figura 5C). Há de se preocupar em ter vegetação nessas estruturas, a fim de garantir a passagem de animais de pequeno porte (DENNEBOOM & BARMASSADA & SCHWARTZ, 2021).

Figura 5 – Possibilidades de transposição da vida selvagem nas rodovias.



Fonte: Imagem elaborada pelo autor a partir dos sites www.saocarlosmrede.com.br e www.facebook.com/arquiteta-arquitetura&arte.

Figura 6– Transposição com vegetação nas rodovias para animais de grande porte e de pequeno porte.



Fonte: Imagem elaborada pelo autor a partir dos sites www.naturezaeconservacao.eco.br, www.saocarlosmrede.com.br e www.projeto draft.com.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se em sua maior parte na Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora e em parcela do sul da Região Geográfica Intermediária de Barbacena, especificamente no norte da Comuna e do Parque Estadual do Ibitipoca. É abrangida pelos municípios de Bias Fortes, Lima Duarte, Olaria, Rio Preto, Santa Bárbara do Monte Verde e Santa Rita de Ibitipoca no estado de Minas Gerais. Cabe destacar que tal Divisão Regional do Brasil, baseada na identificação de cidades-polo e dos municípios que estão a elas relacionados, substituiu as mesorregiões, onde a localidade inseriu-se na denominada Mesorregião Geográfica da Zona da Mata. Situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, com exceção do ponto de entrada e saída I2, que se encontra na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, integrante da Bacia do Rio Paraná.

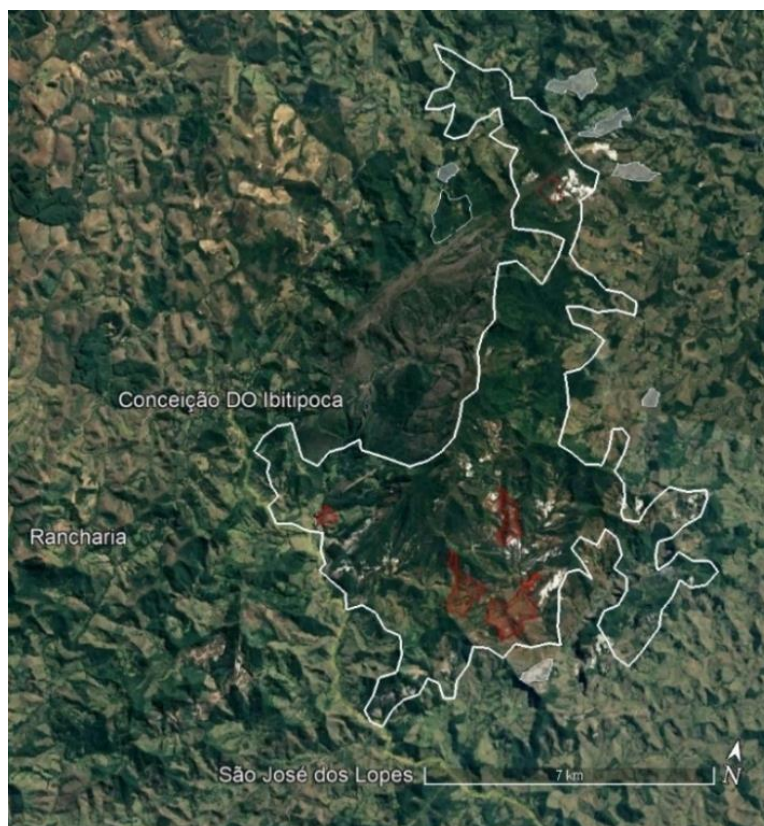
Sua fitofisionomia é composta por ambientes do bioma Mata Atlântica, com a presença de florestas semidecíduais, campos naturais e afloramentos rochosos espalhados por toda a área de estudo. Existem três localidades de grande valor ambiental dentro da área estudada, sendo elas o Parque Estadual de Ibitipoca, o Parque Estadual de Serra Negra da Mantiqueira e a Comuna de Ibitipoca.

O PEIb foi criado pelo Decreto-Lei nº 6126, em 04 de julho de 1973, e, desde então, é um dos parques mais visitados do país, recebendo milhares de visitantes por ano, o que pode ter um grande impacto na fauna e flora do parque (DOS SANTOS *et al.*, 2012). O PESNM foi criado a partir do Decreto Nº 301, de 4 de julho de 2018, ocupando os municípios de Lima Duarte, Olaria, Rio Preto e Santa Bárbara do Monte Verde, sendo de grande importância para a recomposição da biodiversidade da região, como também da proteção de nascentes. Além de UCs criadas pelo Estado, existem áreas privadas, algumas com Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), assim como projetos para a conservação da natureza aliados ao ecoturismo. Uma delas é a Comuna do Ibitipoca.

A Comuna do Ibitipoca é um projeto socioambiental focado na relação do homem com o planeta, buscando o equilíbrio na convivência com a natureza,

desde 1984². A área da comuna hoje é cerca de 4 vezes o PEIb, com aproximadamente 6000 hectares (ha), formando um cinturão de proteção nas fronteiras sul, leste e norte do parque, e se distribuindo por 3 municípios: Lima Duarte, Bias Fortes e Santa Rita de Ibitipoca (Figura 7).

Figura 7 – Área da Comuna do Ibitipoca destacada pelas linhas brancas no entorno do PEIb. Os polígonos vermelhos representam áreas que não pertencem à Comuna.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

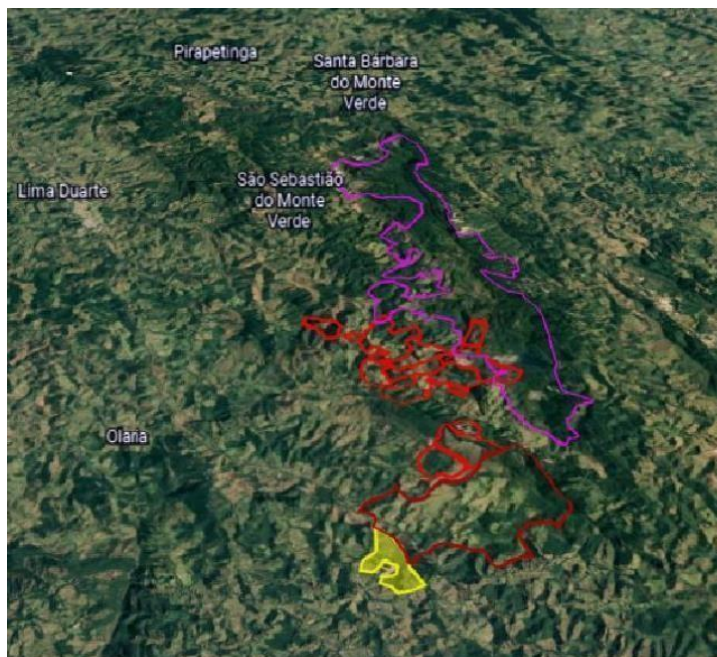
A comuna tem 98% da sua área destinada a projetos de recuperação de fauna e flora, através da regeneração natural de pastagens e projetos de reintrodução, manejo e monitoramento da fauna da região, com o Projeto Refauna Ibitipoca. Desde 2009, utiliza 2% de sua área para produção agrícola orgânica, no intuito de suprir um complexo hoteleiro de nicho, distribuído ao longo de toda a sua extensão, assim como de abastecer a comunidade e promover a comercialização para hóspedes e visitantes.

² Dados disponíveis em: www.ibiti.com. Acesso em: 15/jun/2022

No entorno do PESNM, está em desenvolvimento um novo projeto de complexo agroecológico, ecoturístico e imobiliário, chamado Serra Negra (Figura 8).

Esse empreendimento prevê a mobilização de cerca de 4000 ha para ocupação ordenada, de baixo adensamento e sustentável. A produção agroecológica será orgânica e em associação com a comunidade local. O ecoturismo nesse complexo será na área mais próxima à divisa do PESNM, em uma grande área conservada. Atualmente, alguns proprietários rurais vêm restaurando suas áreas, juntamente com o Mercado Livre®, para o mercado voluntário de carbono.

Figura 8 - Área do complexo Serra Negra destacada pelas linhas vermelhas e amarelas no entorno do PESNM que está destacado em roxo



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

4.2 Coleta de dados

Para as análises das paisagens propostas, foram utilizadas informações cartográficas referentes aos municípios que se encontram entre os parques PEIb e PESNM. Essas informações foram:

- Bases cartográficas do uso do solo dos municípios na resolução 30mx30m, provenientes da base de dados da Coleção 6 do MapBiomas,

referentes ao ano de 2020, que foram utilizadas para confecção dos mapas apresentados;

- Bases cartográficas vetoriais dos limites das propriedades registradas para os municípios que fazem parte da análise, provenientes do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), utilizadas para o detalhamento das áreas a serem restauradas dentro de Áreas de Preservação Permanentes (APPs);

- Bases cartográficas vetoriais referentes ao uso do solo, usando uma resolução de 5mx5m, disponibilizadas pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS), utilizadas para o detalhamento das áreas a serem restauradas dentro de APPs;

- Trajeto da TT, disponível no site <http://www.trilhattransmanteira.com.br/w3/>, associando-o às bases de dados cartográficas utilizadas neste estudo para compor o cenário da região analisada.

A partir das imagens e registros, foram fabricados mapas de localização, uso de solo e fragmentos florestais, além de mapas de hipsometria e declividade.

4.3 Visita *in loco*

A partir dos mapas fabricados, foram realizadas visitas, por trilhas e estradas, aos remanescentes de vegetação nativa existentes entre as duas UCs. O intuito foi avaliar a coerência entre as imagens obtidas através das bases de dados utilizadas, buscando saber se as mesmas se encontram fidedignas à realidade ou se houve intervenções antrópicas mais recentes (corte, fogo etc.) nesses locais.

As diferentes paisagens encontradas nas visitas foram registradas através de fotografias. Houve também a utilização de drone (MAVIC AIR 2) em locais de difícil acesso.

4.4 Detalhamento das APPs

O detalhamento utilizado foi baseado nas larguras preconizadas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012 – LPVN), em suas disposições transitórias, na qual as larguras a serem restauradas variam em função do tamanho da propriedade em módulos fiscais (MFs). Essa abordagem

permite avaliar quais áreas precisam ser restauradas para o cumprimento da lei, servindo como base para planejamentos de atividades de restauração.

Para a execução desse detalhamento, foi aplicado o método proposto por Araújo *et al.* (2021), que consiste na criação de *buffers* no entorno da hidrografia com diferentes larguras em função do tamanho da propriedade. As propriedades foram classificadas de acordo com seu número de módulos fiscais, obtidos a partir dos vetores dessas propriedades, presentes no SICAR. Segundo a LPVN são considerados 5 tamanhos de propriedades rurais: micro (até 1 MF); pequenas I (de 1 a 2 MFs); pequenas II (de 2 a 4 MFs); médias (de 4 a 10 MFs) e grandes (maiores que 10 MFs).

Os tamanhos dos *buffers* representam as larguras das áreas que devem ser restauradas segundo as normas transitórias da LPVN. Apenas para os rios de margem dupla (corpos d'água acima de 10 metros de largura), a largura foi padronizada em 30 metros para as propriedades superiores a quatro MFs, pois os mesmos podem variar de largura entre propriedades e/ou regiões dentro do próprio município, criando aspectos que devem ser observados no local. Além disso, desconsideramos, para essa função, os limites para a recomposição de 10% da área total do imóvel para propriedades menores do que dois MFs e 20% do tamanho do imóvel para propriedades entre dois e quatro MFs, também previstos pela lei.

Após a definição das áreas em função do tamanho da propriedade e a criação dos *buffers* com suas respectivas larguras, essas áreas foram recortadas a partir da base cartográfica do uso do solo da FBDS. Essa base de dados foi escolhida por ter sido feita utilizando informações cartográficas próximas da data estipulada para aplicação das disposições transitórias em áreas não preservadas dentro de APPs (2008) e por sua resolução de 5mx5m, que possibilita a precisão necessária para o cálculo da menor largura estipulada pela LPVN.

Por fim, foram destacados os usos do solo considerados antrópicos, sendo eles área antropizada (pastos, agricultura), área edificada e silvicultura, para a confecção dos mapas com os resultados.

Todas as análises feitas nessa etapa foram executadas nos ambientes de programação R (v. 4.0.2) e Rstudio (v. 1.4.1743), e as funções usadas foram disponibilizadas por Araújo *et al.* (2021), através do link

<https://github.com/NEEDS-LS>.

4.5 Proposta de Conexão entre as UCs

Para a definição dos corredores que foram propostos, primeiramente foi reclassificado o mapa de usos do solo, referente ao ano de 2020 (Coleção 6), disponibilizado pelo MapBiomas. As classes resultantes referem-se ao custo que seria necessário para atravessar cada um dos diferentes usos, sendo eles:

- Habitats nativos, compostos por florestas e formações naturais não florestais, sendo atribuído um valor de custo 1;
- Habitats antrópicos, compostos pelas classes referentes à agricultura, à qual foi atribuído um valor de custo 10;
- *Background*, composto pelas demais classes encontradas, ou seja, a área não considerada na análise, à qual foi atribuído um valor de custo 100.

Essa classificação tem como objetivo determinar os corredores mais promissores através do trajeto de menor custo, onde o indivíduo hipotético caminha primariamente por habitats nativos, optando por atravessar nove *pixels* de habitat em vez de um de não habitat, evitando completamente o *background*.

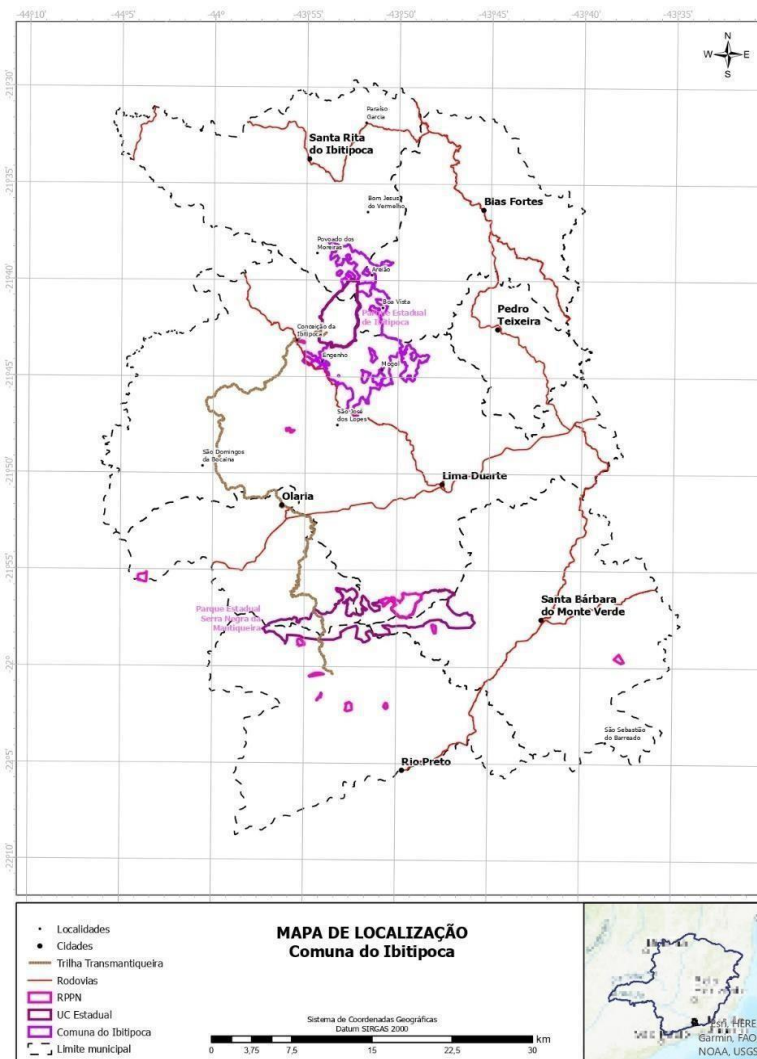
Com isso, foram selecionados quatro pontos de saídas das UCs e proximidades e quatro pontos de entradas para a conexão entre os parques. Em seguida, a análise foi executada. Todo o processo feito nessa etapa foi executado no ambiente de programação R (v. 4.0.2) e Rstudio (v. 1.4.1743), utilizando os pacotes *rgdal*, *raster*, *gdistance* e *plotKML*.

5 RESULTADOS

5.1 Mapas

O levantamento de dados da região do entorno das duas UCs destaca a presença de duas rodovias, do povoado de São José dos Lopes e da Comuna do Ibitipoca, entre o PEIb e o PESNM, que estão a cerca de 25 km de distância (Figura 9). A TT vem do PESNM, passando pelo município de Olaria e subindo a oeste do distrito de Conceição do Ibitipoca, entrando no PEIb pela entrada da UC (Figura 9).

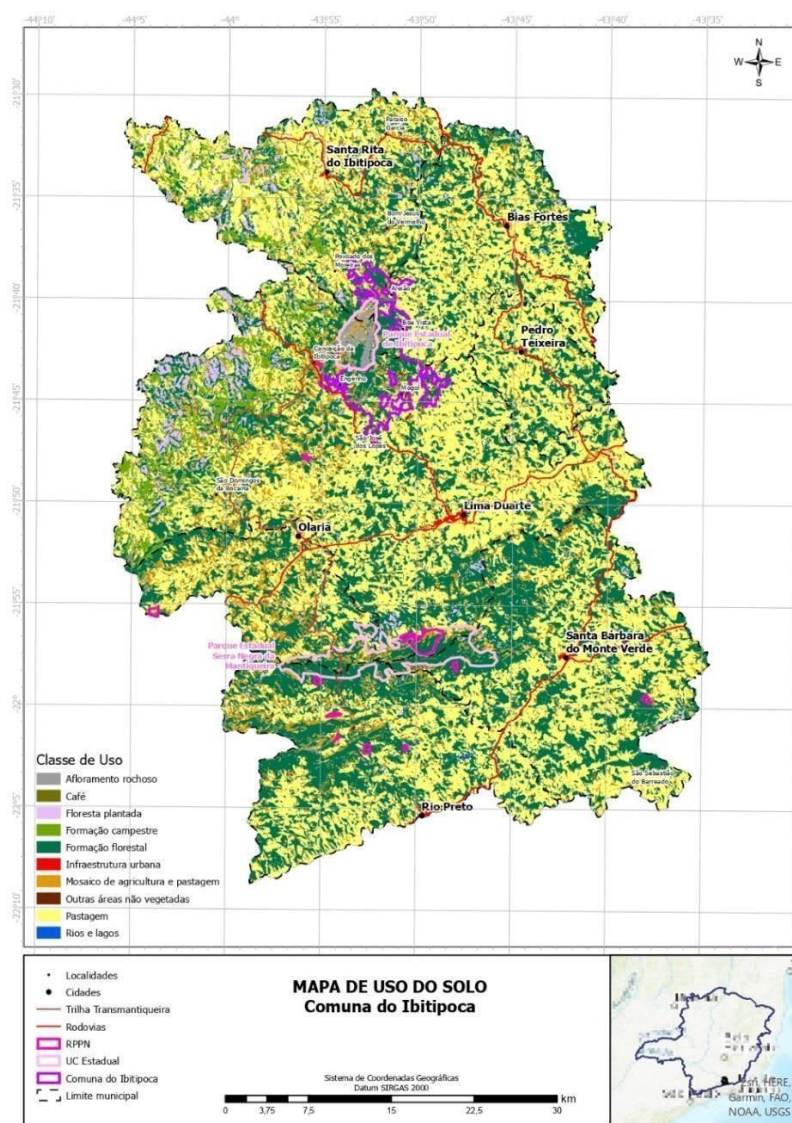
Figura 9 – Mapa mostrando a localização do PEIb e do PESNM e a TT.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomias 2020.

O mapa de uso do solo (Figura 10) evidencia um mosaico de paisagem entre as UCs composto majoritariamente por pastagens, agriculturas, silvicultura (não distinguível nesta imagem) e fragmentos florestais esparsos. A TT passa por áreas de pastagem nas proximidades do PESNM, de Olaria e de São Domingos da Bocaina e por fragmentos florestais na maioria do caminho restante (Figura 10).

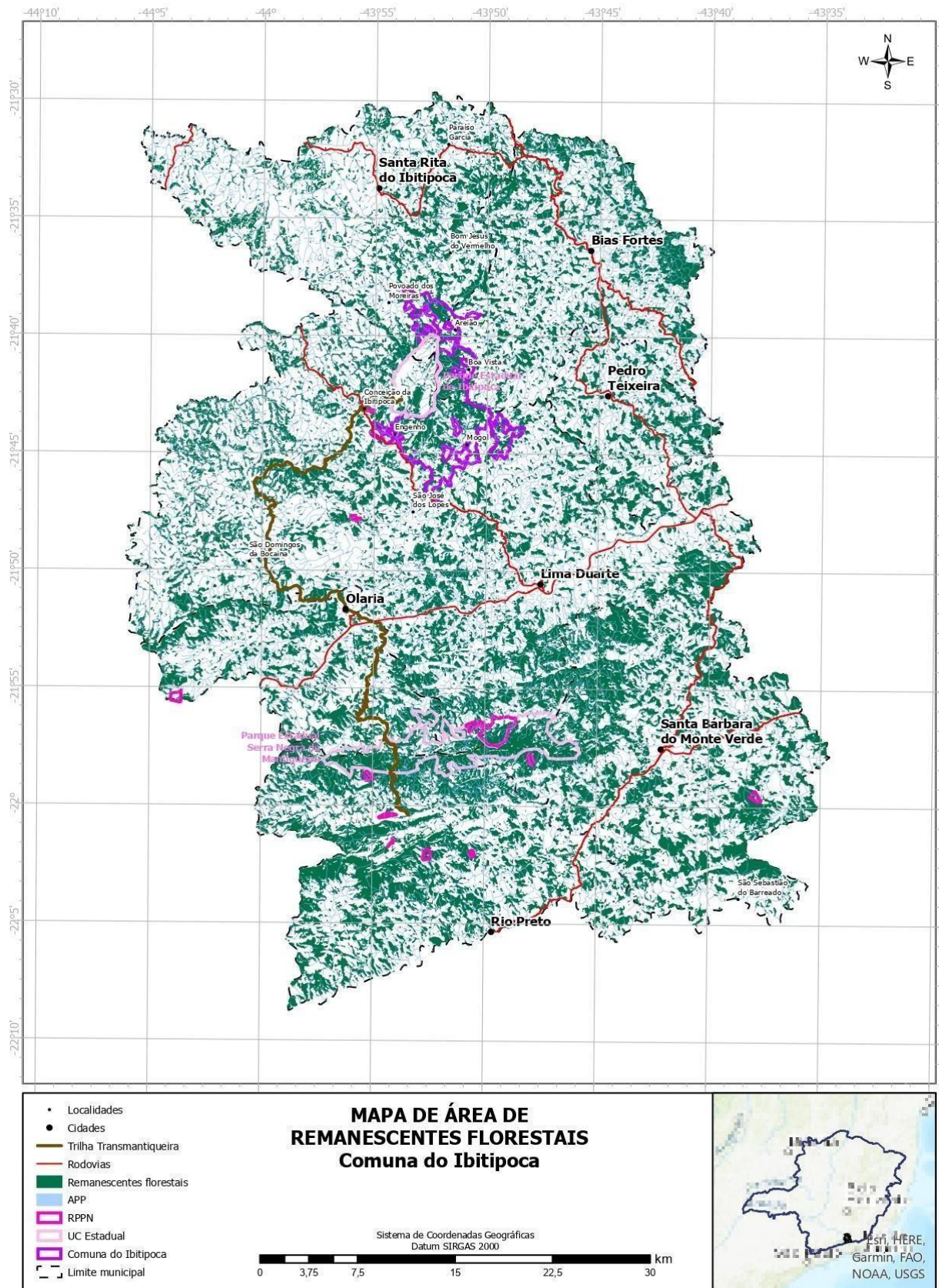
Figura 10 – Mapa de uso de solo na região do PEIb e do PESNM e a TT.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomias 2020.

A área com maior fragmento florestal próximo do PEIb é a Comuna do Ibitipoca, e pode-se destacar um grande fragmento do PESNM no município de Santa Bárbara do Monte Verde (Figura 11). É possível observar a presença de muitas APPs em toda a região ao redor das UCs.

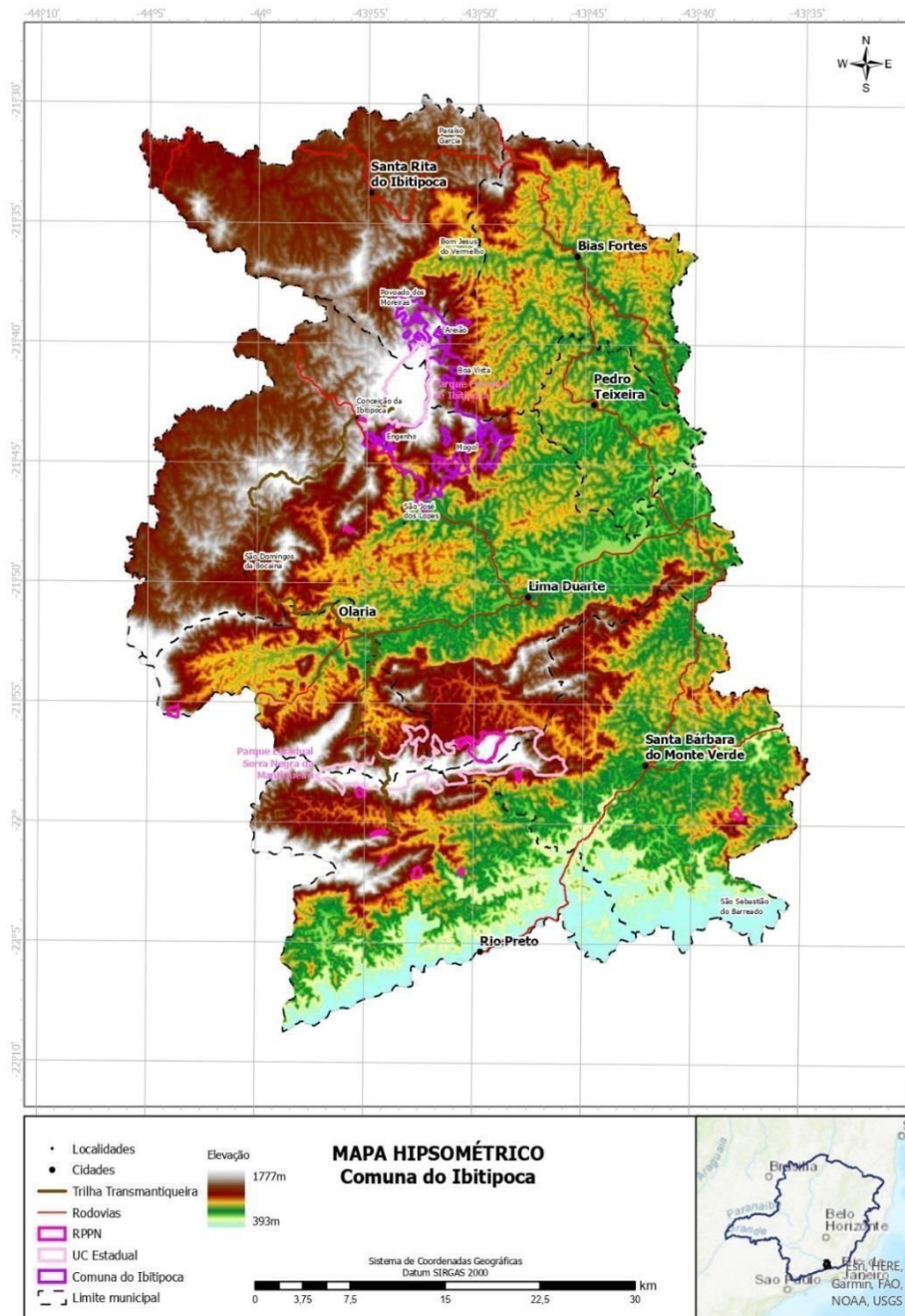
Figura 11 – Mapa de remanescentes florestais na região do PEIb e do PESNM e a TT.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomias 2020.

O traçado da TT da região está em sua grande parte em áreas de altitude elevada, próximo aos 1700 m, exceto por uma porção perto do município de Olaria (Figura 12).

Figura 12 – Mapa hipsométrico da região do PEIb e do PESNM e a TT.

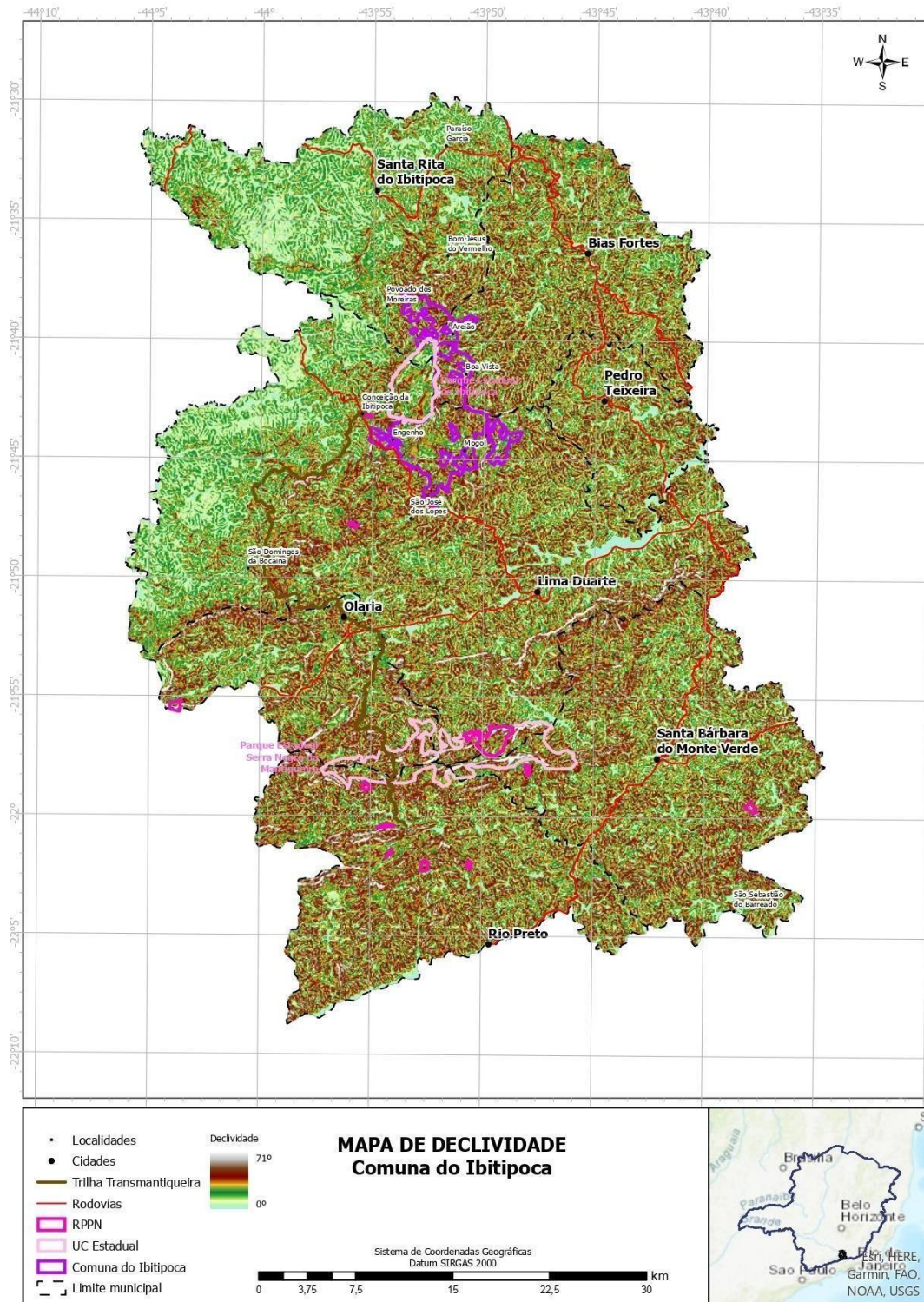


Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomias 2020.

A região central entre as UCs se apresenta em menor altitude, porém altas declividades, mostrando irregularidades no terreno, diferentemente da área da TT

que, apesar de ocorrer em mais elevada altitude, tem menor declividade que os arredores da Comuna do Ibitipoca (Figura 13).

Figura 13 – Mapa de declividade da região do PEIb e do PESNM e a TT.

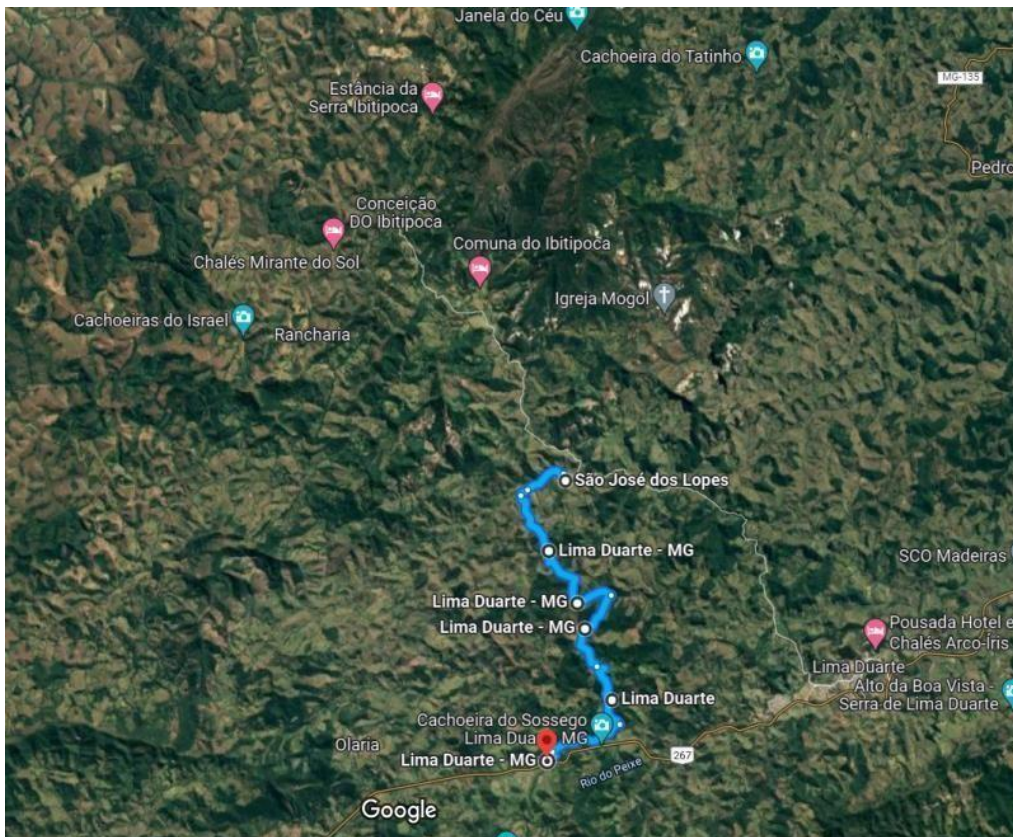


Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomass 2020.

5.2 Visita *in loco*

O trajeto para a primeira visita está destacado em azul na Figura 14, saindo do vilarejo de São José dos Lopes, ao sul do PEIb, até a BR-267, passando pelos fragmentos florestais destacados nas Figura 10 e 11.

Figura 14 – Mapa com trajeto destacado em azul da visita *in loco* para reconhecimento dos fragmentos possíveis para conexão das paisagens entre o PEIb e a BR-267.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

Ao longo da visita, foi possível observar fragmentos florestais bastante conservados entre áreas de pastagem (Figura 15), que foram destacados nas análises de imagens de satélite, com grande potencial para conexões. Como destacado na Figura 10, havia muitas áreas de pastagem em meio aos fragmentos, porém foram encontrados pastos abandonados em processo de regeneração natural (Figura 16), acelerando um processo futuro na formação das conexões.

Figura 15 – Remanescentes florestais em meio às pastagens que podem ser usados para conexão da paisagem.



Fonte: Fotografia do autor

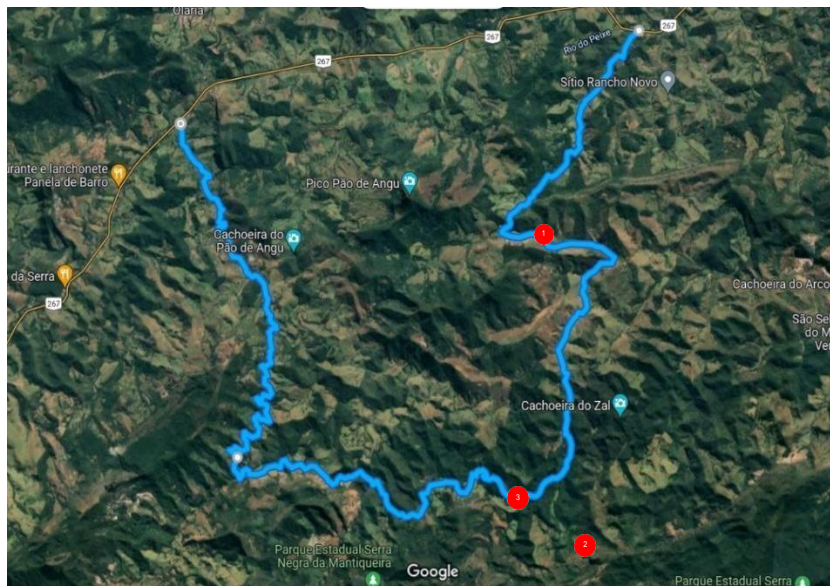
Figura 16 – Paisagem com fragmento e pastos em regeneração natural.



Fonte: Fotografia do autor

A segunda visita foi feita no trajeto mostrado na Figura 17, indo da BR-267 até o ponto mais próximo do PESNM. Nessa visita, utilizou-se o drone MAVIC AIR 2 para fazer imagens dos fragmentos próximos. Foram feitos 3 voos nos locais demarcados pelos números na Figura 17.

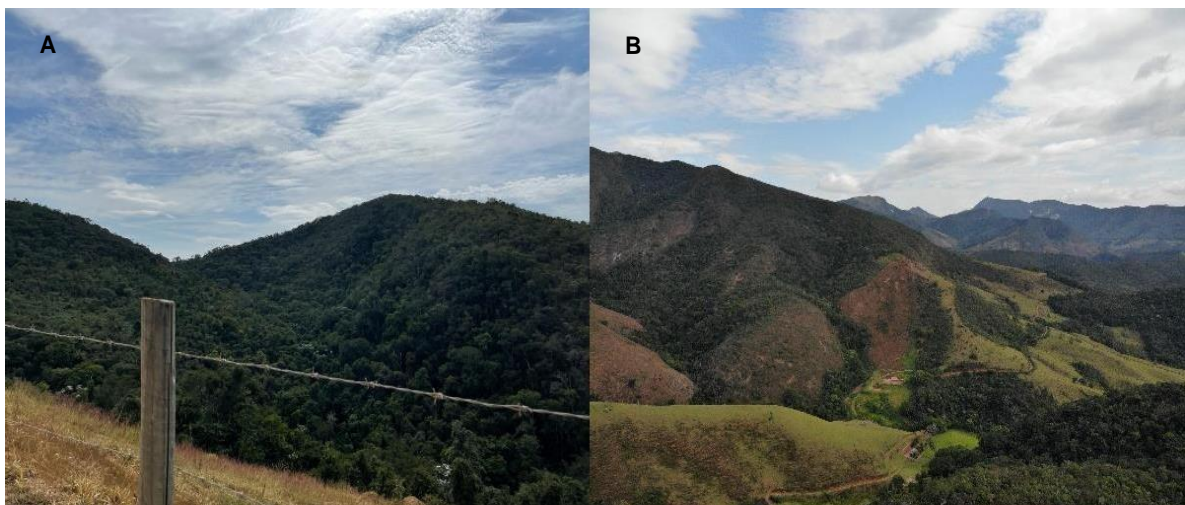
Figura 17 – Mapa com trajeto destacado em azul da visita *in loco* para reconhecimento dos fragmentos possíveis para conexão das paisagens entre a BR- 267 e o PESNM. Os pontos vermelhos destacam os voos de drone.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

No caminho percorrido, observou-se uma paisagem heterogênea, com grandes fragmentos de mata (Figura 18A), entrecortados por pastos ainda ativos (Figura 18B). Percebemos também paisagens semelhantes às características da região de Ibitipoca, com a presença de candeias (*Eremanthus sp*) em afloramentos de quartzito, matas e pastagens (Figura 19).

Figura 18 – (A) Paisagem com fragmentos de mata e (B) áreas de pastagens com espéciesgramíneas, ambas na estrada da Serra Negra da Mantiqueira.



Fonte: Fotografias do autor

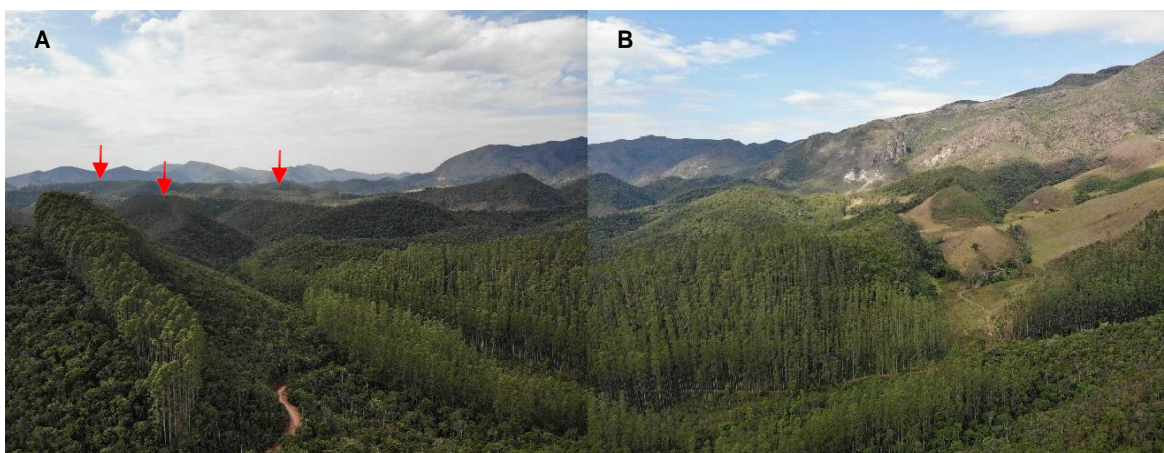
Figura 19 – Paisagem com incidência de candeias e afloramentos de quartzito.



Fonte: Fotografias do autor

Com os voos de drone apontados na Figura 17, foi possível observar um grande fragmento de mata contínua próximo ao PESNM (Figura 20A). Porém, matas identificadas pelo MapBiomas como fragmentos florestais (Figura 11) possuem plantações de eucaliptos que intercalam porções desses fragmentos (Figura 20A; 20B).

Figura 20 – Paisagem de mata com presença de eucaliptos próximos ao PESNM. As setas apontam fragmentos de eucaliptos ao longe na paisagem.

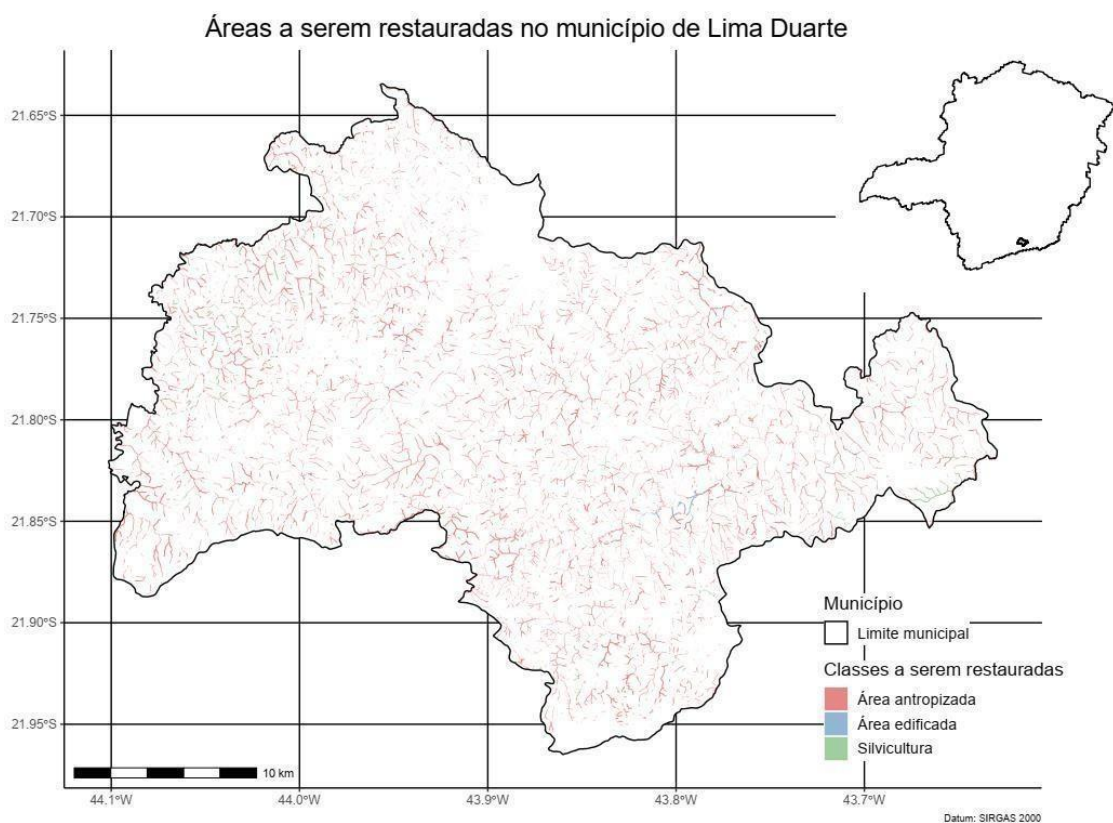


Fonte: Fotografias do autor

5.3 Detalhamento das APPs

O detalhamento das APPs nos permite enxergar áreas que necessitam ser protegidas por vegetação nativa e auxiliar na conexão entre as paisagens, destacando áreas passíveis de restauração, nos municípios de Lima Duarte (Figura 21), Olaria (Figura 22) e Santa Bárbara do Monte Verde (Figura 23), municípios que se encontram entre as duas UCs.

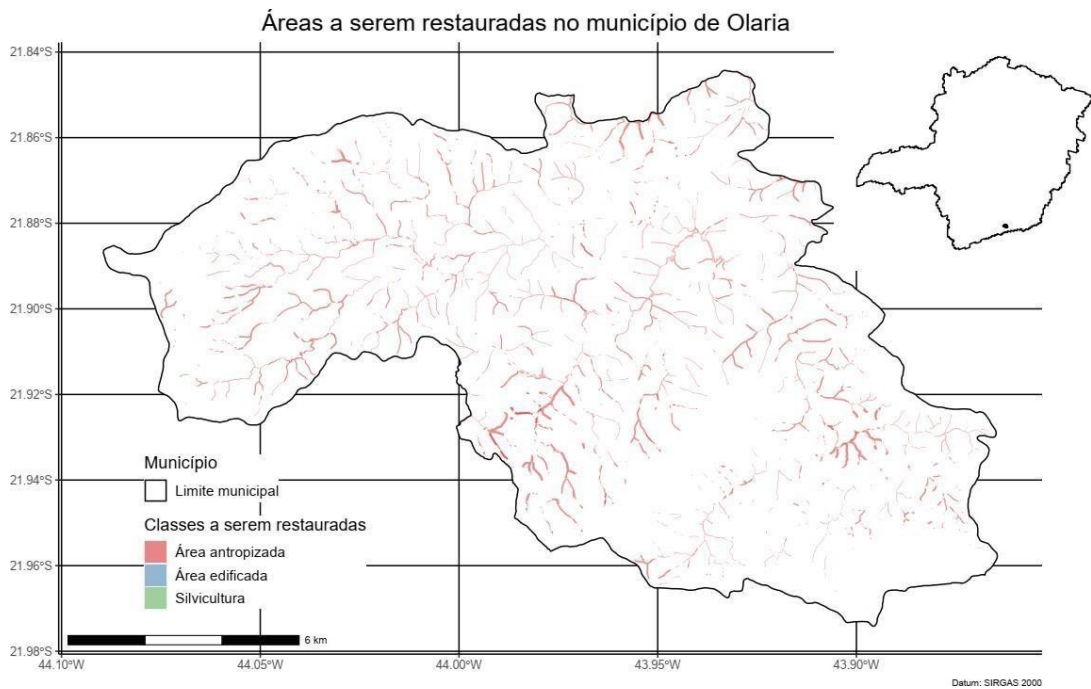
Figura 21 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Lima Duarte.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do FBDS.

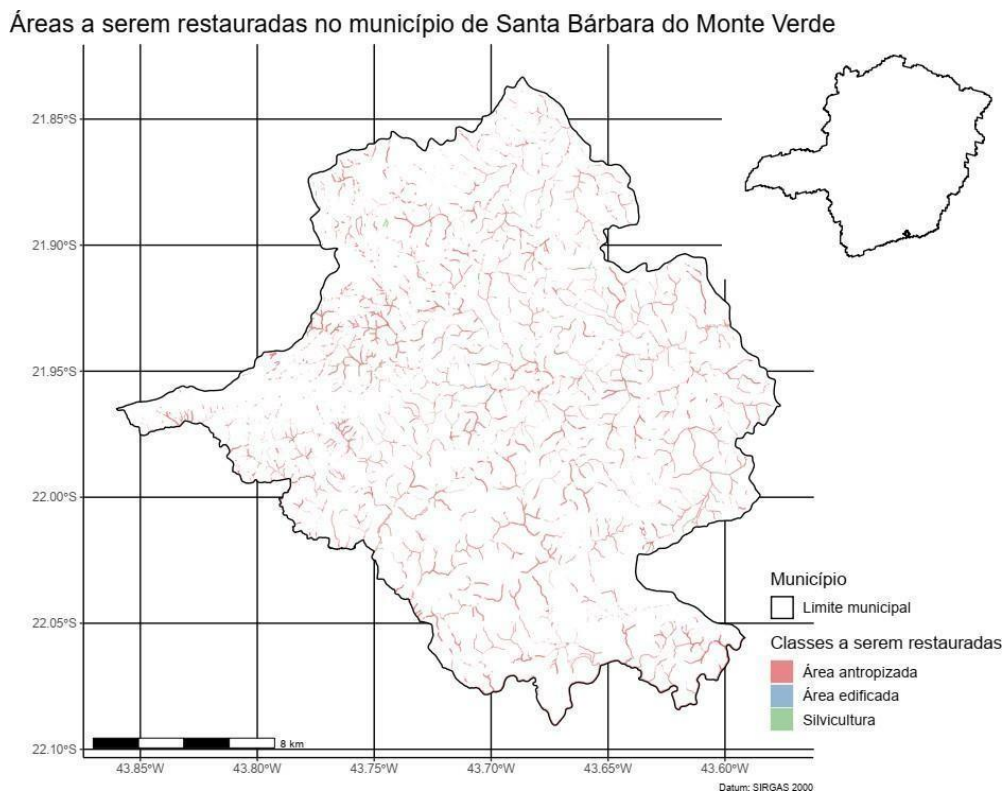
Através dos mapas, é possível constatar a presença de muitos cursos d'água espalhados ao longo de toda a extensão dos três municípios que estão entre as duas UCs. Os traçados em vermelho mais forte destacam APPs que devem ser restauradas para entrar em conformidade com a lei e ser protegidas por matas ciliares. Essas áreas de APP estão em grande parte em locais antropizados, em todos os mapas, sendo áreas potenciais para a restauração e ligação entre as UCs.

Figura 22 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Olaria.



Fonte: : Mapa do autor, elaborado a partir de informações do FBDS.

Figura 23 – Áreas de APP a serem restauradas no município de Santa Bárbara do Monte Verde.



Fonte: : Mapa do autor, elaborado a partir de informações do FBDS.

5.4 Proposta de conexão

Os habitats de formações nativas e antrópicas do MapBiomias que tiveram os valores alterados para avaliação de custo de passagem pelos indivíduos estão discriminados no Quadro 2.

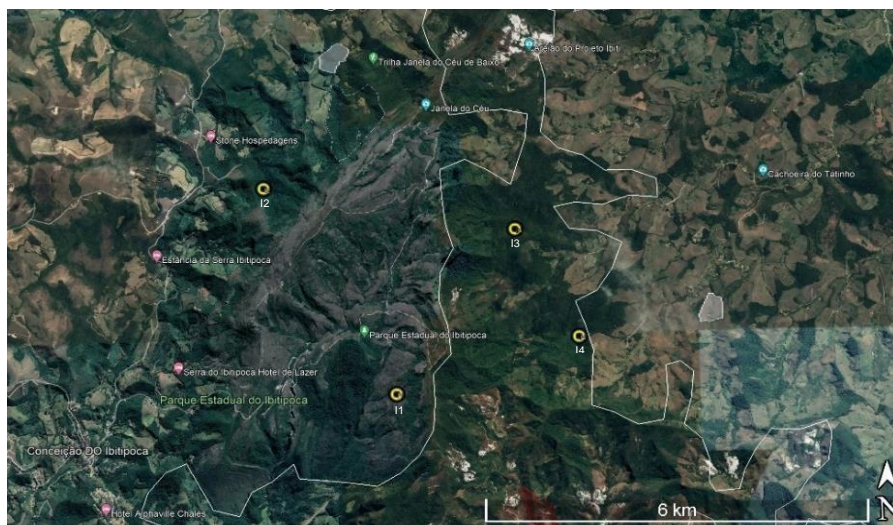
Quadro 2 - Habitats que foram considerados para a avaliação da proposta de conexão.

Habitat Nativo	Habitat Antrópico
Formação florestal	Pastagens
Savana	Mosaico agricultura pastagem
Campos naturais	Silvicultura
Afloramento rochoso	Areia
	Área urbana
	Áreas não vegetadas
	Mineração
	Água
	Soja
	Lavoura temporária
	Cultura perene

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os pontos de entrada e saída para os corredores na região de Ibitipoca estão apontados na Figura 24. Eles foram nomeados como: I1, um ponto dentro do PEIb; I2, um ponto à noroeste do PEIb; e pontos I3 e I4, dentro da área da Comuna do Ibitipoca.

Figura 24 – Mapa com os pontos de entrada e saída da conexão na região de Ibitipoca.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

Os pontos de entrada e saída da região da Serra Negra da Mantiqueira estão na Figura 25, sendo nomeados como: S1, um ponto mais a oeste do PESNM; S2 e S3, como dois pontos centrais no PESNM; e S4, sendo um ponto mais a leste no PESNM.

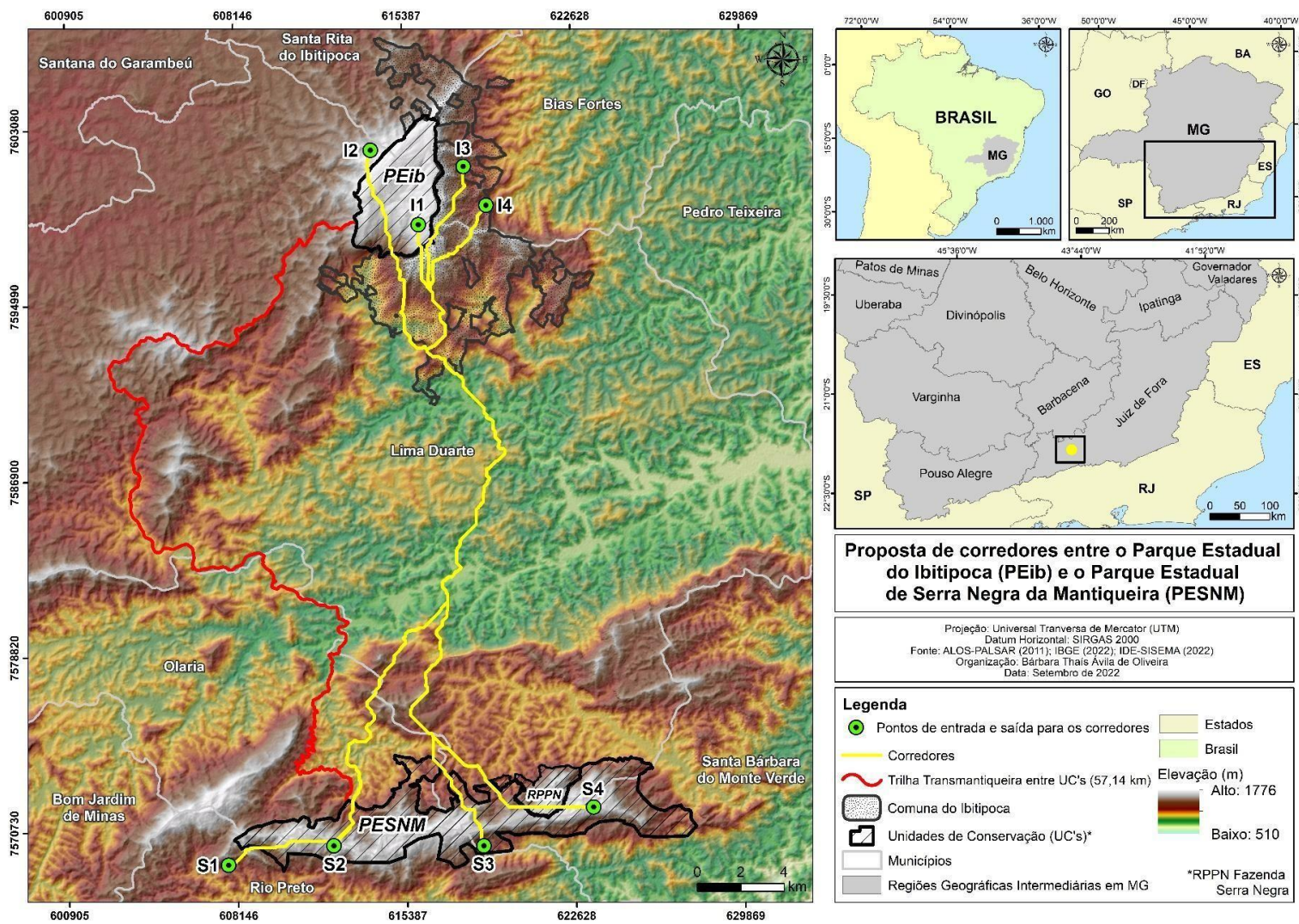
Figura 25 – Mapa com os pontos de entrada e saída de conexão na região da Serra Negra da Mantiqueira.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

Através das análises de uso e cobertura do solo por *pixels* com o valor 1 em branco, 10 em rosa e *background* em verde, a determinação dos 4 pontos em Ibitipoca e dos 4 pontos na Serra Negra, a seguinte proposta de corredores surgiu como opção de conectividade entre as duas UCs (Figura 26). Apesar das opções de partida e chegada, todos os corredores possuem caminho comum entre as UCs.

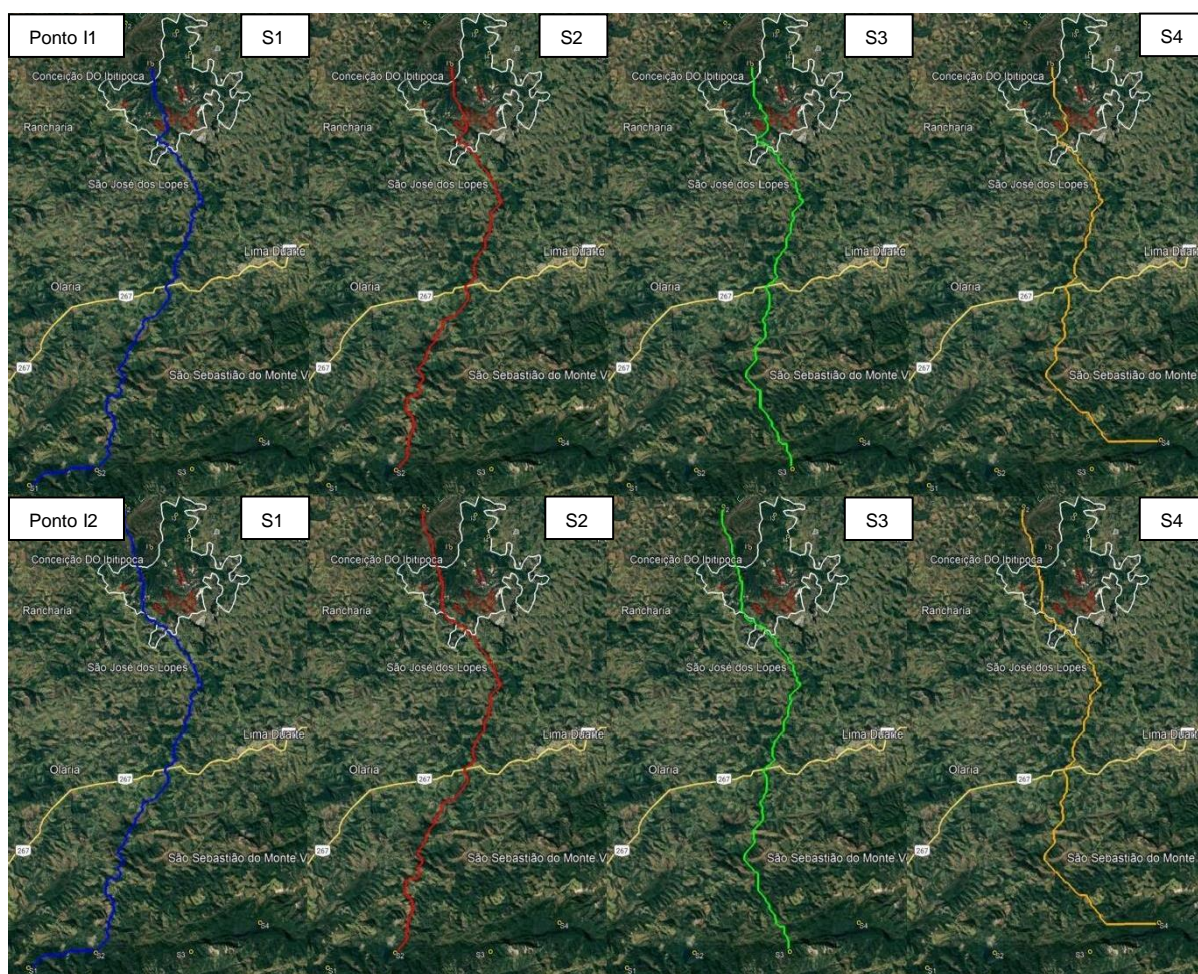
Figura 26 - Proposta de corredores entre o PEib e o PESNM.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomas 2020.

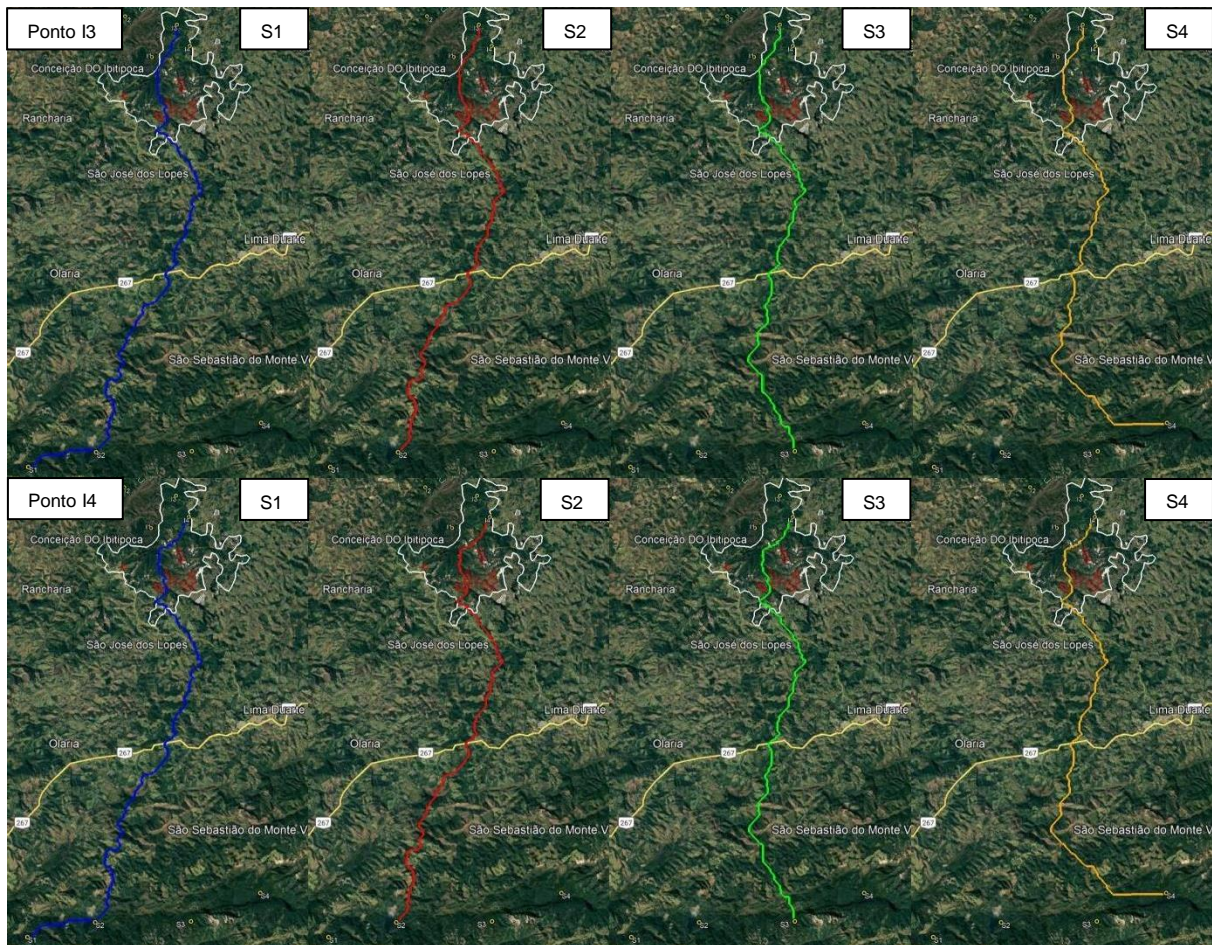
As propostas de corredores individualizadas estão mostradas na Figura 27 e na Figura 28. Ao todo, foram 16 propostas de corredores a partir de 4 pontos de saída e 4 pontos de chegada nas UCs e arredores. As imagens foram arranjadas de forma que os pontos de Ibitipoca (I1, I2, I3 e I4) estão como saída e distribuídas em linhas, e os pontos da Serra Negra (S1, S2, S3 e S4), nas colunas, como pontos de chegada das conexões. A distribuição das cores dos corredores está disposta da seguinte forma: corredores que chegam ao ponto S1 estão demarcados de azul; aqueles que chegam ao ponto S2 estão de vermelho; ao ponto S3, de verde claro; e os que chegam até o ponto S4, demarcados de laranja.

Figura 27 – Corredores individuais conectando os Pontos I1 e I2 de Ibitipoca até os 4 pontos propostos no PESNM.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

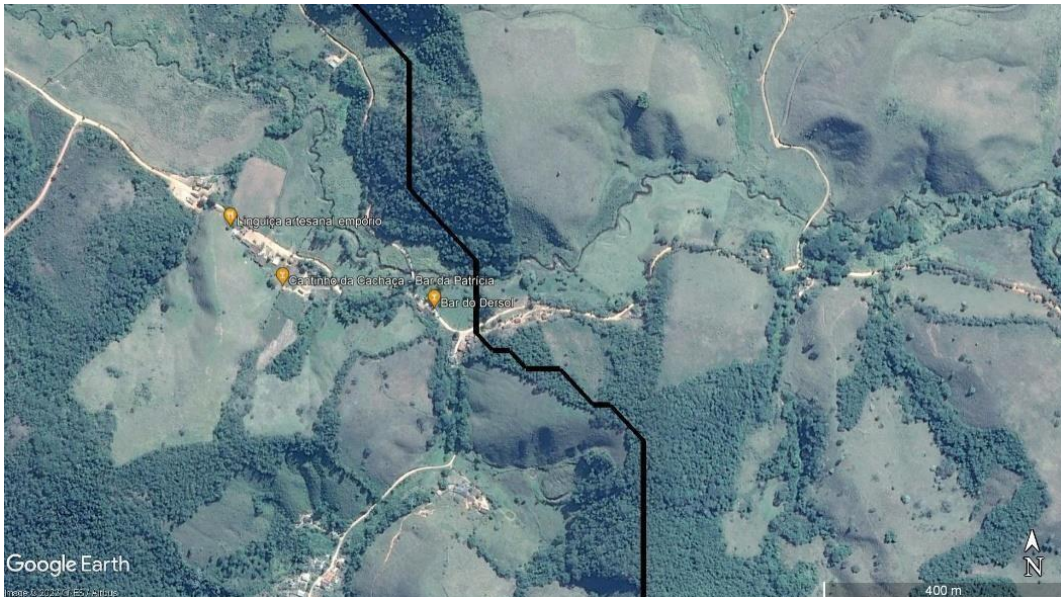
Figura 28 – Corredores individuais conectando os Pontos I3 e I4 de Ibitipoca até os 4 pontos propostos no PESNM.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

Para chegar ao ponto S1, todos os corredores que partem de Ibitipoca devem passar pelo ponto S2 da Serra Negra, podendo-se desconsiderar esse ponto para conexão. É possível observar que, em todas as propostas, mesmo partindo do ponto I2 na Figura 24, que se conecta a noroeste do PEIb, os corredores passam pela área da Comuna do Ibitipoca. Todos os corredores cruzam a estrada de Lima Duarte até Conceição do Ibitipoca e a rodovia BR-267, no mesmo local, independentemente dos pontos de partida e chegada. O ponto de interseção da estrada é uma localização com algumas construções na beira da rodovia (Figura 29). O ponto de interseção com a BR é um local em que as copas de algumas árvores estão próximas (Figura 30) e que possui uma passagem de curso d'água sob a estrada (Figura 31).

Figura 29 – Ponto de interseção entre as propostas de corredores entre as UCs e a estrada Lima Duarte – Conceição, mostrando as construções na estrada.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth.

Figura 30 – (A) Ponto de interseção entre as propostas de corredores entre as UCs e a BR-267, (B) foto da interseção com copas de árvores próximas.



Fonte: Imagem do autor, elaborada a partir do aplicativo GoogleEarth e fotografia própria.

Figura 31 – Interseção da proposta com a BR-267 com passagem inferior de água.



Fonte: Fotografias do autor.

Na tabela 1, são indicados o quantitativo, a classificação e o percentual por tamanho das propriedades na base de dados do CAR, segundo o MF (24 ha), para os municípios que compõem a área de estudo. Foram considerados os imóveis rurais sob os quais passam os corredores propostos, com exceção da Comuna do Ibitipoca, que é enquadrada como uma grande propriedade, tendo sido notado que a maior parcela é constituída por pequenas propriedades, somando sessenta dessas propriedades rurais, pelas quais passam os propostos corredores.

Tabela 1 – Propriedades rurais do CAR sob os corredores.

Classificação	Quantidade	Percentual
Minifúndio (até 24 ha)	9	15
Pequena Propriedade	32	53,33
Média Propriedade	19	31,66
Total	60	100

Fonte: Dados do autor extraídos do CAR.

Para os imóveis rurais sob os quais passam os corredores, foram mensuradas as reservas legais e a vegetação nativa existentes, as quais são demonstradas na Tabela 2. Observou-se uma média de 30,12% dos corredores passando sobre área de reserva legal e 53,15% sobre o que a base do CAR indica como vegetação nativa.

Através da Tabela 1 pode-se inferir o custo de implantação deste projeto, seja adquirindo terras ou não, uma vez que temos em mãos dados como extensão do corredor, áreas já em vegetação nativa, valor da terra e valor de restauração por hectare.

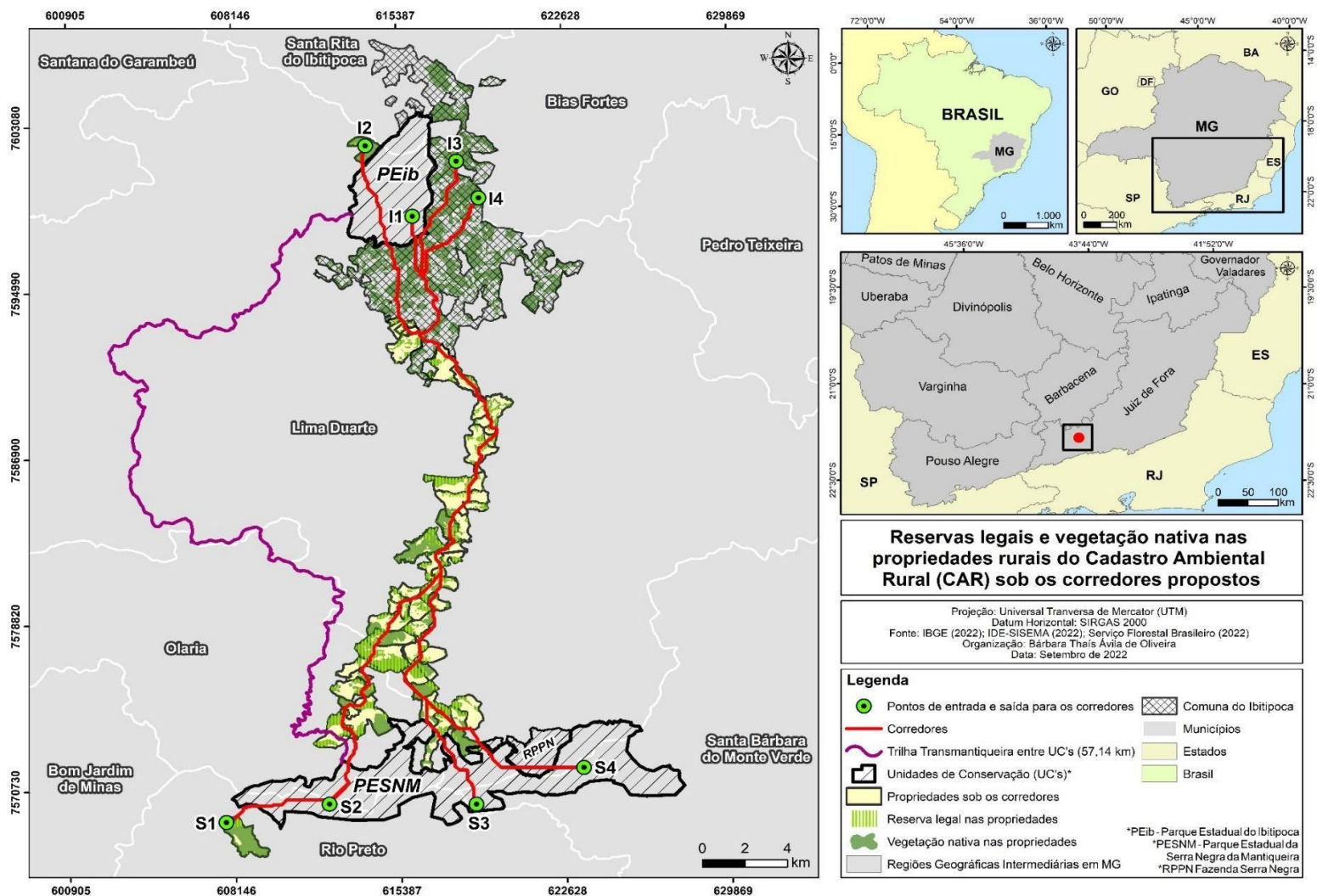
Tabela 2 - Reservas legais e vegetação nativa nas propriedades rurais do CAR sob os corredores propostos.

Corredor	Extensão Total (km)	Extensão sob Reserva Legal (km)	Percentual sob Reserva Legal (%)	Extensão sob Vegetação Nativa (km)	Percentual sob Vegetação Nativa (%)
I1toS1	41,915	13,584	32,408	21,709	51,793
I1toS2	37,035	12,953	34,975	21,078	56,914
I1toS3	35,676	10,71	30,020	17,412	48,806
I1toS4	38,127	10,966	28,762	18,054	47,352
I2toS1	45,951	14,193	30,887	23,622	51,407
I2toS2	41,071	13,562	33,021	22,991	55,979
I2toS3	39,712	11,319	28,503	19,325	48,663
I2toS4	42,163	11,575	27,453	19,967	47,357
I3toS1	45,178	13,584	30,068	25,95	57,439
I3toS2	40,298	12,953	32,143	25,319	62,829
I3toS3	38,939	10,71	27,505	21,653	55,607
I3toS4	41,389	10,966	26,495	22,295	53,867
I4toS1	43,985	13,584	30,883	23,53	53,496
I4toS2	39,105	12,953	33,124	22,899	58,558
I4toS3	37,746	10,71	28,374	19,233	50,954
I4toS4	40,196	10,966	27,281	19,875	49,445
Médias	40,530375		30,119		53,154

Fonte: Dados do autor extraídos do CAR.

Na Figura 31, são representadas as reservas legais, com exceção da área da Comuna do Ibitipoca (considerada uma área já protegida), e a vegetação nativa nas propriedades rurais do CAR sob os corredores propostos.

Figura 32 – Reservas legais e vegetação nativa nas propriedades rurais do CAR sob os corredores.



Fonte: Mapa do autor, elaborado a partir de informações do MapBiomas 2020.

6 DISCUSSÃO

A região em que foi desenvolvido este trabalho tem uma forte atividade voltada para a pecuária de subsistência e vendas para pequenas cooperativas. Por ter uma paisagem extremamente recortada, com fragmentos de mata isolados na paisagem, de pastagens e campos de agricultura, o tráfego de animais entre as manchas de habitats ficou prejudicado. Com o intuito de retomar o fluxo de animais entre os habitats para a manutenção da biodiversidade da região, este estudo gerou 16 diferentes propostas de conexões ecológicas entre duas importantes UCs na região, o PEIb e o PESNM.

As áreas privadas são apontadas atualmente como grandes aliadas para a conservação da biodiversidade além das UCs já estabelecidas (LIMA & FRANCO, 2014; SILVA, 2017). Apesar de não ser uma RPPN formal, a Comuna do Ibitipoca, antiga Reserva do Ibitipoca, forma um cinturão de proteção no entorno do PEIb, sendo um dos principais parceiros para a manutenção da biodiversidade existente na UC. Esse projeto socioambiental de conservação e recuperação da Mata Atlântica, já com 40 anos, serve como área de amortecimento do parque e contribui para a preservação da fauna na região, sendo relevante em todas as propostas de conexões para chegar até o PEIb.

Vale ressaltar os inúmeros projetos ambientais como o do Mercado Livre®, o dos produtores de leite de aveia NAVEIA®, que adquiriram 200 ha, e o da Organização Não Governamental (ONG) Menos 1 Lixo, adquirindo 140 ha, todos na região entre Serra Negra e Ibitipoca, visando à restauração e à conservação ambientais. Foram atraídos pelas belezas naturais da região, por seu potencial turístico, por sua proximidade dos grandes centros e principalmente pelo baixo preço da terra, com valor médio de R\$10.000,00/ha quando da execução deste trabalho. Por haver a necessidade das áreas particulares para a conservação da biodiversidade, há uma demanda por trabalho e por discussões sociopolíticas e econômicas acerca das conexões entre fragmentos que irão permear áreas privadas.

A matriz na qual estão inseridos os fragmentos florestais é de grande importância para o sucesso de uma conectividade funcional da paisagem (VACCARO & FILLOY & BELLOCQ, 2022). Há uma grande massa de áreas de

agricultura e pastagens, características da região, que, por sua vez, é composta por diversas famílias rurais que possuem essa forma de sustento econômico (DOS SANTOS *et al.*, 2012). Conectar as ARLs dessas propriedades seria uma maneira ideal de conexão da paisagem, propondo ao produtor rural a regulamentação da sua condição no CAR, como feito no Mapa dos Sonhos, e incentivando a exploração das conexões para o turismo ambiental, que cada vez mais tem crescido no Brasil e no mundo, sendo uma estratégia chave para o incentivo à conservação de fauna e flora (KARANTH; DEFRIES, 2011).

As visitas demonstram fragmentos que podem ser conectados entre si, o que se confirmou nas análises de conexão por imagens. Foram percebidas, também, diversas áreas de pastagem em abandono, cruciais para a conexão de fragmentos isolados. Por, historicamente, não ter havido mecanização, uso de herbicidas e destocas, e pelo fato de haver numerosos fragmentos florestais (em especial em topos de morro), que servem como matrizes propagadoras de sementes, as áreas em pastagens dessa região possuem grande resiliência e capacidade de regeneração natural. Sendo assim, a avaliação da situação legal das propriedades privadas pode gerar mais opções de conectividade e aumentar a largura do corredor proposto, visto que a proposição da área a ser restaurada pelo produtor pode ser associada ao caminho encontrado pela nossa análise.

Pela Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, a restauração que deve ser feita em APPs de cada propriedade está condicionada ao seu tamanho, através de seus módulos fiscais. É possível observar a grande quantidade de APPs entre as duas UCs, com uma grande riqueza de detalhes. Mesmo sabendo da defasagem no sistema CAR, por ser autodeclarado (KORTING, 2018), é possível a busca das propriedades com as áreas obrigatórias de restauração, para tentar a construção da conexão dos fragmentos, com o mínimo impacto para os proprietários que se encontram entre as duas UCs.

Um dos desafios para a conectividade das paisagens e das UCs é a existência de rodovias entre os parques. Além de serem uma causa de perda de habitat, fragmentação e degradação (VAN DER REE *et al.*, 2011), as rodovias são umas das principais causadoras de mortes de animais silvestres por colisão com veículos, limitando e pondo em risco a movimentação de animais, prejudicando sua reprodução e sobrevivência (RILEY *et al.*, 2014).

A rodovia que liga Lima Duarte a Conceição de Ibitipoca é uma estrada rural, que, no entanto, possui grande fluxo de veículos em face ao turismo na localidade de Conceição do Ibitipoca, onde está localizado o PEIb. Parte da população local que está estabelecida na estrada até Conceição do Ibitipoca tem como fonte de renda a exploração do turismo, auxiliando na conservação da flora e fauna locais para não perder a renda desse tipo de negócio. Porém, a rodovia que liga Lima Duarte até Olaria é a BR-267, que possui grande movimentação de carros e caminhões de carga, visto que conecta Minas Gerais, São Paulo, indo até Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul. Considerando essas questões, a rodovia é um grande empecilho para a circulação de vida selvagem entre os fragmentos e as UCs.

A partir das análises, um ponto da rodovia já cortado por um curso d'água foi considerado o mais promissor para a passagem de animais. Para tal, a necessidade de cada animal deve ser levada em consideração. Por já ter uma passagem de água por baixo da rodovia, animais que precisam de maior umidade nos habitats, como os anuros, já possuem um local de passagem. Os primatas têm a sua movimentação segura de predadores feita pelas copas das árvores, precisando, dessa forma, de alternativas de conexões que ligam tais estruturas, como pontes, cordas, cabos de aço e afins (TEIXEIRA *et al.*, 2013; LAIDLAW & BROADBENT & EBY, 2021).

A BR-267 possui, em sua margem, copas de árvores propícias para esses tipos de conexão, permitindo que esses animais de locomoção mais específica possam cruzar a rodovia, garantindo as trocas genéticas com outras populações. Um corredor elevado com vegetação é recomendado tanto para grandes mamíferos terrestres quanto para pequenos animais que necessitam estar protegidos por alguma vegetação a fim de serem resguardados da predação. Passagens inferiores na rodovia, através de manilhas e galerias ou viadutos, por exemplo, são alternativas mais baratas, além de muito funcionais. É crucial que haja um mínimo de vegetação em algumas dessas passagens, com o intuito de garantir cobertura para pequenos animais atravessarem o local (BEIER *et al.*, 2008).

Apesar de alternativas para a translocação da biodiversidade de um lado ao outro da rodovia existirem, elas são interferências extremamente custosas,

como no caso das passagens suspensas, sendo necessário escolher o tipo de estrutura que irá atender ao maior número de espécies com o menor custo (DENNEBOOM & BAR-MASSADA & SCHWARTZ, 2021). Por outro lado, a construção de uma passagem suspensa em uma rodovia federal de grande importância é um excelente marketing ambiental, destacando a movimentação da fauna, servindo de instrumento de educação ambiental e de sensibilização dos usuários dessa rodovia.

Recentemente, há uma discussão a respeito das trilhas de longo curso, estabelecidas a partir de trilhas regionais já existentes, que podem auxiliar na conservação da biodiversidade, conectando áreas fragmentadas e fomentando o ecoturismo (OMENA *et al.*, 2020). A TT, que possui um circuito ligando a Serra Negra até a Serra de Ibitipoca, tem amplas manchas de floresta ao longo da sua extensão. Entretanto, observa-se uma grande altitude e um terreno bastante declivoso na maior parte do percurso, o que pode ser limitante para o processo de conexão desses fragmentos e para os tipos de espécies que circulariam por essa paisagem, visto que a altitude e a declividade possuem influência na biodiversidade da área (NUNES; DOS SANTOS, 2011; SILVA, 2015; VALE, 2015). Tal fato torna essa TT uma alternativa mais longa, distante, de menor viabilidade de conexão entre as duas UCs, até o momento, demonstrado na análise dos *pixels*. Contudo, não será descartada, pois espera-se que seja uma opção de conectividade no futuro com o amadurecimento e o uso mais disseminado dessa trilha, haja vista que ambientes distintos em função das diferenças de altitudes e cobertura vegetal levam o corredor a servir para a movimentação de outras espécies.

Por todas as propostas passarem pela Comuna do Ibitipoca, com uma grande extensão de terra em matas preservadas, os pontos partindo de lá, I3 e I4, não precisam ser considerados, pois irão encontrar as outras propostas ainda dentro das suas terras, onde há trânsito livre da biodiversidade. O ponto I2 tem todos os caminhos passando por dentro do PEIb, tornando o ponto I1, saindo do PEIb, mais adequado, por estar dentro da UC, do lado da Mata Grande (o maior fragmento de mata e com maior dossel dentro do parque), e na altitude similar ao caminho inicial do corredor. Da mesma forma, todos os caminhos para conexão até o ponto S1, na Serra Negra, devem passar pelo ponto S2, o que permite

desconsiderá-lo como um ponto de conexão e focar esforços nos corredores dos pontos S2, S3 e S4.

Os corredores que chegam ao ponto S3 da Serra Negra passam por um dos pontos de sobrevoo com o drone. Essa área possui grande atividade de silvicultura com o objetivo de extração madeireira. Por um lado, a silvicultura pode ser uma solução para áreas extremamente fragmentadas (PINTO, 2020), por outro, com a extração dessas árvores de cultivo, a fragmentação pode ser intensificada. Assim, pode-se pensar em soluções como desviar corredores para que não passem por áreas com exploração florestal ou propor uma exploração sob regime de manejo, de forma a preservar a estrutura da floresta, com manutenção do sub-bosque.

Por estar inserido em uma área de intensa atividade agropastoril, o trabalho de discussão e elaboração de propostas deve ser executado junto aos moradores da região, produtores rurais, donos de empreendimentos, o Ministério Público e a classe política. A motivação para conservação e incremento de áreas protegidas vem através da educação ambiental e de fatores como: a percepção dos serviços ecossistêmicos, a geração de renda oriunda do ecoturismo na comunidade e possíveis incentivos fiscais (ALARCON & FANTINI & SALVADOR, 2016; NOVELLI & SILVA, 2013). É fundamental a atuação do Ministério Público de forma não muito coercitiva, porém, cumprindo seu papel legal, inclusive na alocação de recursos advindos de multas e acordos (visto que é da alçada desse poder), para fins de restauração.

Buscando a conexão de áreas de conservação, Pinto (2020) também propôs um corredor, dessa vez entre o PESNM e o Parque Nacional do Caparaó, que enfrenta dificuldades políticas e estruturais, visto que a distância entre as duas UCs é bem maior que a proposta do presente trabalho.

A necessidade de conectar fragmentos isolados de habitats para a manutenção da biodiversidade torna os corredores ecológicos a ferramenta mais eficiente para esse objetivo. Os caminhos propostos por este trabalho devem ser discutidos junto aos proprietários, à comunidade, aos órgãos ambientais, aos investidores, às ONGs e à Academia, no intuito de ter mais pluralidade no debate e consequente engajamento, cumplicidade e parcerias. Existe também a necessidade de pesquisas sociológicas e de estudos sobre conflitos com os

moradores para que a instauração do corredor entre o PEIb e o PESNM, com sugestão do nome Corredor Entre Serras, seja abraçado por grande parte da comunidade, como uma solução para a conservação da biodiversidade e economia locais, ambas ameaçadas pelo modelo atual de exploração da terra.

7 CONCLUSÃO

A proposta principal desta dissertação foi analisar e diagnosticar a paisagem e possíveis conectividades entre o PEIb e o PESNM, a fim de encontrar os meios mais efetivos para conectar os parques no futuro. Conforme ressaltado, ambos estão localizados no mesmo município, Lima Duarte, contudo, estão separados por cerca de 28km. A fauna e flora existentes nos parques privilegiam a região. No entanto, a separação dos parques coloca em risco suas populações.

A sinergia com a TT proporciona uma conectividade com grande fração dos fragmentos em elevadas altitudes, podendo prejudicar a circulação de algumas espécies no mosaico. Conexões em baixas altitudes podem ser mais benéficas por atender uma gama maior de espécies para circulação.

Todas as propostas de corredores passam por área particular da Comuna do Ibitipoca, tornando-a um ponto chave para a implementação do corredor PEIb-PESNM. Os fragmentos em matriz de pastagem têm grande potencial de conexão, seja por corredores, seja por *stepping stones*, e devem ser estudados com maior profundidade para reconhecer as melhores espécies para restauração e implementação do corredor.

Em suma, para a manutenção da biodiversidade na região de Ibitipoca e Serra Negra da Mantiqueira através das UCs, é necessário um grande esforço dos órgãos ambientais em conjunto com a comunidade local, órgãos públicos e iniciativas privadas, a fim de garantir a efetividade e a implantação dos corredores ecológicos.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, Ramiro *et al.* Habitat fragmentation reduces plant progeny quality: a global synthesis. **Ecology Letters**, v. 22, n. 7, p. 1163-1173, 2019.

ALARCON, Gisele Garcia; FANTINI, Alfredo Celso; SALVADOR, Carlos H. Benefícios locais da Mata Atlântica: Evidências de comunidades rurais do sul do Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 87-112, 2016.

ALHARBI, W.; PETROVSKII, S. Effect of complex landscape geometry on the invasive species spread: Invasion with stepping stones. **Journal of Theoretical Biology**, v. 464, p. 85–97, 7 mar. 2019.

ARAÚJO, J. C. L., *et al.* Passivo ambiental das Áreas de Proteção Permanentes (APPs) ripárias do Sudoeste Paulista. In: Silva, N. F. N. Santos, L. L. Martensen, A. C. Ferreira, I. E. P. (Org.). **Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável do Sudoeste Paulista**. Editora Científica Digital. p. 138-155. 2021.

AYRES, J. M. *et al.* Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil. [s.l.] **Sociedade Civil Mimirauá**, Belém, PA (Brasil), 2005.

BEDNÁŘ, Marek *et al.* Connectivity modelling with automatic determination of landscape resistance values. A new approach tested on butterflies and burnet moths. **Ecological Indicators**, v. 116, p. 106480, 2020.

BEIER, Paul *et al.* Best management practices for wildlife corridors. **Northern Arizona University**, v. 1, n. 3, 2008.

BORDA-NINO, Monica *et al.* Integrating farmers' decisions on the assessment of forest regeneration drivers in a rural landscape of Southeastern Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 338-344, 2021.

BOSCOLO, Danilo; FERREIRA, Patricia Alves; LOPES, Luciano Elsinor. Da matriz à matriz: em busca de uma abordagem funcional na Ecologia de Paisagens. **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 2, p. 157-187, 2016.

BRASIL (2012) **Lei nº 12.651** de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166–67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União 149 (102): 1–8.

BRASIL. **Decreto nº 5.758**, de 13 de abril de 2006. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:
<<https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/511/Documentos/SNUC.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2022

CADAVID-FLOREZ, Liliana; LABORDE, Javier; MCLEAN, Donald James. Isolated trees and small woody patches greatly contribute to connectivity in highly fragmented tropical landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 196, p. 103745, 2020.

USDA. Chapter 4: Corridor Benefits. Natural Resources Conservation Service (NRCS) p.4-1. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_014927.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

CHETCUTI, Jordan; KUNIN, William E.; BULLOCK, James M. Habitat fragmentation increases overall richness, but not of habitat-dependent species. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 468, 2020.

COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: Implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, n. 1, p. 59–77, 1 out. 1996.

CURY, Roberta T. S; CARVALHO JR., Oswaldo. **Manual para restauração florestal: florestas de transição**. IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Série boas práticas; v. 5, Belém, 2011.

D'ACAMPORA, Bárbara HA; HIGUERAS, Ester; ROMÁN, Emilia. Combining different metrics to measure the ecological connectivity of two mangrove landscapes in the Municipality of Florianópolis, Southern Brazil. **Ecological Modelling**, v. 384, p. 103-110, 2018.

DA CUNHA, Héli da Ferreira; MOREIRA, Fabiane Geralda Alves; DE SOUSA SILVA, Silvania. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum*. **Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 257-263, 2010.

DA SILVEIRA, Natalia Stefanini *et al.* Effects of land cover on the movement of frugivorous birds in a heterogeneous landscape. **PloS one**, v. 11, n. 6, p. e0156688, 2016.

DAMSCHEN, Ellen I. *et al.* Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. **Science**, v. 365, n. 6460, p. 1478-1480, 2019.

DEBINSKI, Diane M.; HOLT, Robert D. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conservation biology**, v. 14, n. 2, p. 342-355, 2000.

DENNEBOOM, Dror; BAR-MASSADA, Avi; SHWARTZ, Assaf. Factors affecting usage of crossing structures by wildlife—A systematic review and meta- analysis. **Science of the Total Environment**, v. 777, p. 146061, 2021.

DO NASCIMENTO, SANDRO MUNIZ. **Efeitos da fragmentação de habitats em populações vegetais**. 2007. Disponível em <<https://docplayer.com.br/16628896->

Efeitos-da-fragmentacao-de-habitats-em-populacoes-vegetais-sandro-muniz-do-nascimento.html>. Acesso em: 26 abr. 2021

DOS SANTOS, Altair Sancho Pivoto *et al.* Conhecimentos e saberes no entorno do Parque Estadual do Ibitipoca, MG: a realidade da comunidade do Mogol e os desafios para uma nova política de gestão territorial. **Revista Geografias**, p. 42-59, 2012.

FAHRIG, Lenore *et al.* Is habitat fragmentation bad for biodiversity?. **Biological Conservation**, v. 230, p. 179-186, 2019.

FAHRIG, Lenore. Ecological responses to habitat fragmentation per se. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 48, p. 1-23, 2017.

FAHRIG, Lenore. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual review of ecology, **evolution, and systematics**, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.

FLETCHER JR, Robert J. *et al.* Is habitat fragmentation good for biodiversity? **Biological Conservation**. Science Direct. Volume 226, October 2018, Pages 9-15.

GALVÃO, Antonio Paulo Mendes; MEDEIROS, AC de S. **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE), 2002.

GERHARDT, J.; BECKER, F. G. Uso de conectividade florestal e aplicação da legislação ambiental para o planejamento da conservação de remanescentes da Mata Atlântica em área de uso agrícola. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117647>> Acesso em: 26 abr. 2021

GONZAGA, D. R. *et al.* Cactaceae in the Serra Negra, Minas Gerais, Brazil. **Rodrigues**, v. 65, n. 2, p. 443–453, 2014.

GRASS, Ingo *et al.* Past and potential future effects of habitat fragmentation on structure and stability of plant–pollinator and host–parasitoid networks. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, n. 9, p. 1408-1417, 2018.

GRELLE, C. E. V. *et al.* Sustainability issues in a tropical mega trail. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 3, p. rsos.201840, 10 mar. 2021.

HAMAIDE, Valentin; HAMAIDE, Bertrand; WILLIAMS, Justin C. Nature Reserve Optimization with Buffer Zones and Wildlife Corridors for Rare Species. **Sustainability Analytics and Modeling**, p. 100003, 2022.

ICMBIO/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Volume 1. Brasília, DF. 2018

KARANTH, Krithi K.; DEFRIES, Ruth. Nature-based tourism in Indian protected areas: New challenges for park management. **Conservation Letters**, v. 4, n. 2, p.

137-149, 2011.

KORTING, Matheus Sehn. O Cadastro Ambiental Rural e seus efeitos: Política pública de regularização ambiental no território. In: **VI Conference of BRICS Initiative of Critical Agrarian Studies**. 2018.

LAIDLAW, Katra; BROADBENT, Eben; EBY, Stephanie. Effectiveness of aerial wildlife crossings: Do wildlife use rope bridges more than hazardous structures to cross roads? **Revista de Biologia Tropical**, v. 69, n. 3, p. 1138-1148, 2021.

LIMA, Priscylla Cristina Alves de; FRANCO, José Luiz de Andrade. As RPPNs como estratégia para a conservação da biodiversidade: o caso da Chapada dos Veadeiros. **Sociedade & Natureza**, v. 26, p. 113-125, 2014.

LUO, Y. *et al.* Using stepping-stone theory to evaluate the maintenance of landscape connectivity under China's ecological control line policy. **Journal of Cleaner Production**, v. 296, p. 126356, 10 maio 2021.

MACDONALD, M. A. *et al.* The role of corridors in biodiversity conservation in production forest landscapes: a literature review. **Tasforests-Hobart**-, v. 14, p. 41-52, 2003.

MARTINS, Éder de Souza *et al.* **Ecologia de Paisagem**: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. 2004.

METZGER, Jean Paul. O que é ecologia da paisagem? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, 2001.

NAVEH, Zev; LIEBERMAN, Arthur S. **Landscape ecology**: theory and application. Springer Science & Business Media, 2013.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 páginas. 2013.

NOBRE, P. H. *et al.* Similarity of the bat fauna (Mammalia) in Serra Negra, Rio Preto and Santa Bárbara do Monte Verde municipalities, Minas Gerais, with other localities of Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 151–156, 2009.

NOVELLI, Fabiano Z; SILVA, Ary G. As Áreas de Preservação Permanente como evidências de conectividade de fragmentos florestais no Corredor Ecológico Duas Bocas–Mestre Álvaro. **Natureza on-line**, v. 11, n. 3, p. 102-117, 2013.

NUNES, Gleisse Meneses; DOS SANTOS, Sonia Barbosa. Gradiente de altitude e riqueza de espécies: como o estudo dos moluscos terrestres contribui com esta questão? **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 854-868, 2011.

OMENA, Michel Tadeu *et al.* A Importância das Trilhas Regionais para

Viabilização da Rede Brasileira de Trilhas de Longo Curso. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.

PEREIRA, Vítor Hugo Campelo; CESTARO, Luiz Antonio. Corredores Ecológicos no Brasil: Avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PINTO, Dayane Lopes. **Estudo da paisagem e aplicação da lógica Fuzzy na criação de corredores ecológicos entre fragmentos florestais e áreas protegidas na Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. 2020.** 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020.

PIVELLO, Vânia Regina *et al.* Chuva de sementes em fragmentos de Floresta Atlântica (São Paulo, SP, Brasil), sob diferentes situações de conectividade, estrutura florestal e proximidade da borda. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 845-859, 2006.

PLISCOFF, P. *et al.* Defining corridors for movement of multiple species in a forest-plantation landscape. **Global Ecology and Conservation**, v. 23, p. e01108, 2020.

RATHORE, Chinmaya S. *et al.* Opportunities of habitat connectivity for tiger (*Panthera tigris*) between Kanha and Pench National Parks in Madhya Pradesh, India. **PLoS One**, v. 7, n. 7, p. e39996, 2012.

RILEY, Seth PD *et al.* Wildlife friendly roads: the impacts of roads on wildlife in urban areas and potential remedies. In: **Urban Wildlife Conservation**. Springer, Boston, MA, p. 323-360, 2014.

RIMAZE, Deus *et al.* Diversity and abundance of wild mammals between different accommodation facilities in the Kwakuchinja Wildlife Corridor, Tanzania. **Scientific African**, v. 9, p. e00480, 2020.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLFI, Sergius; BRANCALION, Pedro Henrique Santin. **Restauração florestal**. Oficina de Textos, 2015.

ROGAN, Jordan E.; LACHER JR, Thomas E. Impacts of habitat loss and fragmentation on terrestrial biodiversity. In: **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**. 2018.

RYBICKI, Joel; ABREGO, Nerea; OVASKAINEN, Otso. Habitat fragmentation and species diversity in competitive communities. **Ecology Letters**, v. 23, n. 3, p. 506-517, 2020.

SALIMENA, F. R. G. *et al.* Phanerogamic flora of Serra Negra, Minas Gerais, Brazil. **Rodrigues**, v. 64, n. 2, p. 311–320, 2013.

SANDERSON, James *et al.* **Biodiversity Conservation Corridors**. Washington: Conservation International, 2003.

SEOANE, C. E. S. *et al.* Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207–216, 2010.

SHI, F. *et al.* Ecological network construction of the heterogeneous agro-pastoral areas in the upper Yellow River basin. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 302, 15 out. 2020.

SILVA, Ernandes Fernandes da. Influência da altitude na diversidade e distribuição de insetos da caatinga na serra da engabelada, Paraíba (Nordeste do Brasil). UFPB. **Revnebio**, V. 28 N. 1 (2020). Disponível em <<https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/revnebio/article/view/45957#:~:text=contudo%2c%20a%20serra%20da%20engabelada,e%20distribui%c3%a7%c3%a3o%20das%20fam%c3%adlias%20coletadas.>>

SILVA, José Irivaldo Alves Oliveira. Desenvolvimento e meio ambiente no semiárido: contradições do modelo de conservação das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) na Caatinga. **Sociedade e Estado**, v. 32, p. 313-344, 2017.

SILVA, Thaise Sousa da; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde; FREIRE, Eliza Maria Xavier. Conceitos, percepções e estratégias para conservação de uma estação ecológica da Caatinga nordestina por populações do seu entorno. **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 23-37, 2009.

SOARES, Victor Ribeiro *et al.* Análise do novo código florestal brasileiro e sua implicação na conservação de solo e água. UFU. 2021. Disponível em <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32287/4/An%C3%A1liseNovoC%C3%B3digo.pdf>> Acesso em: 26 abr. 2021

SODHI, N. S. *et al.* Bird use of linear areas of a tropical city: Implications for park connector design and management. **Landscape and Urban Planning**, v. 45, n. 2–3, p. 123–130, 30 out. 1999.

SOUZA, F. S. *et al.* Ferns and lycophytes of Serra Negra, Minas Gerais, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 378–390, 2012.

TABARELLI, Marcelo *et al.* Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 695-700, 2005.

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann *et al.* Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 117-123, 2013.

TERESA, Rafaela Marques. A importância dos corredores ecológicos na redução do número de atropelamentos de animais nas rodovias. **Acervo da Iniciação Científica**, n. 1, 2014.

THIAGO, Carlos Roberto Lima; MAGALHÃES, Ivo Augusto Lopes; SANTOS, A. R. Identificação de Fragmentos Florestais Potenciais para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 595- 612, 2020.

TORGGLER, BIANCA FELIPPE. **Efeitos da Fragmentação de Hábitats por Infraestrutura Linear**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 73. 2015.

TRAPP, Stephanie E. *et al.* Modeling impacts of landscape connectivity on dispersal movements of northern flying squirrels (*Glaucomys sabrinus griseifrons*). **Ecological Modelling**, v. 394, p. 44-52, 2019.

UM PONTAL BOM PARA TODOS - o mapa dos sonhos à luz do novo código florestal. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281972970_UM_PONTAL_BOM_PARA_TODOS_-_o_mapa_dos_sonhos_a_luz_do_novo_codigo_florestal>. Acesso em: 15 jun. 2021.

VACCARO, Anahí S.; FILLOY, Julieta; BELLOCQ, M. Isabel. Bird taxonomic and functional diversity in urban settlements within a forest biome vary with the landscape matrix. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 1, p. 9-17, 2022.

VALE, Victor. **Influência do Gradiente Altitudinal na Composição da Fauna de Pequenos Mamíferos em Áreas de Mata Atlântica**. UFES, 2015. Disponível em <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFES_7c2074988eb37afb042468effc899451>

VALENTE, A. S. M. *et al.* Composition, structure and floristic similarity of Atlantic Forest, Serra Negra, Rio Preto - MG. **Rodrigues**, v. 62, n. 2, p. 321–340, 2011.

VAN DER REE, Rodney *et al.* Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. **Ecology and society**, v. 16, n. 1, 2011.

VON THADEN, Juan *et al.* Arboreal elements of the agricultural matrix as structural connecting devices in fragmented landscapes—A case study in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve. **Ecological Engineering**, v. 179, p. 106633, 2022.

ZHANG, Y.; SONG, W. Identify Ecological Corridors and Build Potential Ecological Networks in Response to Recent Land Cover Changes in Xinjiang, China. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 8960, 28 out. 2020.

ZHANG, Z. *et al.* Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modeling and design. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 38, p. 305–317, 1 fev. 2019.