

Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai: modelagem, mapeamento e aplicação em políticas públicas para sustentabilidade



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 175

**Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai:
modelagem, mapeamento e aplicação em políticas públicas para
sustentabilidade**

*Walfrido Moraes Tomás
Maxwell da Rosa Oliveira
Adriana Maria Espinoza Fernando
André Restel Camilo
Guellity Marcel Fonseca Pereira
Thaishi Leonardo da Silva*

Embrapa Pantanal
Corumbá, MS
2022

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal
Rua 21 de Setembro, 1880
Bairro Nossa Senhora de Fátima
CEP 79320-900, Corumbá, MS
Fone: (67) 3234-5800
Fax: (67) 3234-5815
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
https://www.embrapa.br/pantanal

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Pantanal

Presidente
Adriana Mello de Araújo

Membros
Agostinho Carlos Catella
Ana Helena B Marozzi Fernandes,
José Aníbal Comastri Filho,
Márcia Divina de Oliveira,
Viviane de Oliveira Solano

Supervisão editorial
Adriana Mello de Araújo

Revisão de texto
Adriana Mello de Araújo

Normalização bibliográfica
Viviane de Oliveira Solano

Tratamento das ilustrações
Adriana Mello de Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Adriana Mello de Araújo

Foto da capa:
Imagem Google Earth (2022)

1ª edição
Versão digital PDF (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Pantanal

Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai: modelagem, mapeamento e aplicação em políticas públicas para sustentabilidade [recurso eletrônico] / Walfrido Moraes Tomas ... [et al.]. - Corumbá : Embrapa Pantanal, 2022.

PDF (55 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223; 175).

1. Biodiversidade. 2. Recurso Natural. 3. Conservação. 4. Políticas públicas. I. *Tomas*, Walfrido Moraes. II. *Oliveira*, Maxwell da Rosa. III. *Fernando*, Adriana Maria Espinoza. IV. *Camilo*, André Restel. V. *Pereira*, Guellity Marcel Fonseca. VI. *Silva*, Taishi Leonardo da. VII. Série. VIII. Embrapa Pantanal.

CDD 333.7 (21.ed.)

Viviane de Oliveira Solano CRB 1-2210

© Embrapa, 2022

Autores

Walfrido Moraes Tomas

Veterinário, Mestre em Ciências de Vida Selvagem, Doutor em Ecologia e Conservação
Embrapa Pantanal
Rua 21 de Setembro, 1880
CEP 79320.900 Corumbá, MS
walfrido.tomas@embrapa.br

Maxwell Da Rosa Oliveira

Biólogo, Mestre em Biologia Vegetal, Doutorando em Biologia vegetal
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627
CEP 31270-901 Belo Horizonte, MG
max.oliveira2102@gmail.com

Adriana Espinoza

Bióloga, Mestra em Ecologia e Conservação, Doutoranda em Ecologia e Conservação
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Av. Costa e Silva -
CEP 79070-900 Campo Grande, MS
adrianaespinoza@hotmail.com

André Restel Camilo

Biólogo, Mestre em Ecologia e Conservação
Smithsonian Conservation Biology Institute
Conservation Ecology Center
National Zoological Park
1500 Remount Road, Front Royal, VA 22630
camiloa@si.edu / andrerestel@gmail.com

Guellity Marcel Fonseca Pereira

Biólogo, Mestre em Ecologia e Conservação
ECOSEV Consultoria Ambiental
Rua Alexandre Fleming 1760, Vila Bandeirantes
CEP 79006-570 Campo Grande, MS.
guellitymarcel@hotmail.com

Thaishi Leonardo da Silva

Bacharela em Geografia
WWF Brasil
CLS 114 Bloco D - 35, Asa Sul,
CEP 70377-540 Brasília - DF
thaishi8105@gmail.com

Apresentação

A busca por estratégias de desenvolvimento sustentável é uma tarefa que permeia todas as atividades econômicas humanas, em todos os países, em função da crise que ameaça não apenas a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e o clima, mas também a economia e a qualidade de vida das pessoas. Nenhum país, nenhum setor da economia e nenhuma escala geográfica está livre das consequências destas ameaças. Nesta realidade, talvez o maior desafio atual da humanidade é a busca por formas de uso da terra que minimizem, mitiguem ou previnam uma piora da situação.

O ajuste de setores econômicos a esta nova realidade e aos desafios de desenvolvimento sustentável, bem como as novas exigências do mercado, é um processo inescapável na busca da humanidade por um convívio mais harmonioso com a natureza. Para o Brasil, um país considerado referência em biodiversidade, e também um player global na produção de alimentos, este desafio é ainda maior, uma vez que os produtos nacionais enfrentam uma forte competição constante no mercado internacional. Além disso, o capital natural do país é a base da sua econômica, de sua resiliência frente às mudanças que o planeta vem experimentando, e também a garantia do futuro sustentável. Não é por acaso que a comunidade internacional elaborou uma lista de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, orientando aos países e comunidades ao redor do mundo o que precisa ser abordado e quais problemas devem ser equacionados para que a vida e a economia no planeta possam se adequar aos desafios socioambientais que se avizinham.

Neste contexto, na escala nacional e regional, ainda carecemos de estratégias robustas para servir de base a nossa rota de desenvolvimento, especialmente quando o uso sustentável dos recursos é uma das bases da nossa economia. Carecemos mais de ferramentas e estratégias que ajudem no planejamento territorial, na definição de boas práticas agropecuárias e em esquemas que premiam quem produz e ao mesmo tempo conserva. E sendo o Brasil um país de dimensões continentais, essas estratégias precisam abordar os desafios em escala geográfica condizente, saída de escalas locais e escalas piloto para buscar soluções em escala regional, quando não nacional. O Brasil, além de potência agrícola, pode ser facilmente transformado numa potência ambiental. As bases legais para isso já estão colocadas, com a promulgação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, ou o “Novo Código Florestal”, de 2012. O advento do cadastro Ambiental Rural também veio como uma proposição moderna e capaz de estabelecer um patamar avançado de planejamento, monitoramento e incentivo à sustentabilidade.

Os resultados apresentados neste Documento, portanto, vêm convergir com a necessidade de construção de estratégias de planejamento territorial e uso da terra, uma vez que abordam um dos pontos fundamentais para a conservação da biodiversidade, que é a conectividade das paisagens para a flora e a fauna. A conservação da biodiversidade, além de uma necessidade estratégica para a humanidade, está entre os pilares do desenvolvimento sustentável, ou ainda do uso ecologicamente sustentável de recursos naturais e de uso da terra.

Assim, esperamos que a leitura desta publicação possa despertar a atenção para o potencial do uso do espaço rural, especialmente o do Pantanal, em atividades complementares à agropecuária e que podem gerar riqueza ao mesmo tempo que inclui pessoas e fortalece a manutenção da biodiversidade pantaneira.

Suzana Maria Salis

Chefe-Geral da Embrapa Pantanal

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução | 7 |
| Metodologia | 9 |
| 2.1. Mapeamento dos nodos | 9 |
| 2.2. Matriz de resistência para grupos de espécies focais..... | 10 |
| 2.3. Modelo do Caminho de Menor Custo | 11 |
| 2.4. Aplicação da Teoria dos Circuitos Elétricos na análise de resistência das paisagens | 12 |
| 2.4.1. Métricas quantitativas e qualitativas complementares | 13 |
| 2.5. Workshop para prospectar estratégias e políticas públicas no lado brasileiro da BAP | 13 |
| Resultados e discussão | 13 |
| 3.1 Identificação e seleção de áreas nodos | 13 |
| 3.2. Matriz de resistência multi-espécies..... | 15 |
| 3.3. Barreiras | 17 |
| 3.4. Corredores baseados em Caminhos de Menor Custo | 19 |
| 3.5. Densidade de fluxo de corrente nas faixas dos corredores de biodiversidade..... | 20 |
| 3.6. Métricas quantitativas e qualitativas complementares | 26 |
| 3.7. Nodos e de corredores de biodiversidade no lado brasileiro da Bacia do Alto Paraguai | 28 |
| 3.8. Prospecção participativa sobre políticas públicas e estratégias para conservação e restauração dos corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai no Brasil | 31 |
| 3.9. Contexto atual das políticas públicas e estratégias para a manutenção e melhoria da conectividade dos corredores ecológicos na Bacia do Alto Paraguai (Brasil, Bolívia e Paraguai)..... | 42 |
| Considerações Finais..... | 46 |
| Agradecimentos | 47 |
| Referências..... | 47 |
| ANEXO | 53 |

Introdução

A expansão do uso e ocupação antrópica desordenados do solo tem levado à perda e fragmentação de habitats naturais, resultando em severos efeitos sobre a biodiversidade, afetando a manutenção de populações de espécies nativas, diminuindo a amplitude e a diversidade da cadeia trófica e alterando as interações intra e interespecíficas (Forero-Medina; Vieira, 2007; Hilty et al. 2006). Um dos efeitos mais negativos da fragmentação das áreas naturais e a perda de conectividade entre populações de espécies silvestres é o isolamento reprodutivo, haja visto que o mosaico de habitats resultantes das atividades antrópicas reduz consideravelmente as taxas de dispersão e colonização (Janzen, 1990; Santos Filho, 1995). Além disso, indivíduos isolados têm menos probabilidade de reproduzir e, caso consigam, a reprodução acontecerá entre poucos indivíduos presentes no fragmento de habitat, reduzindo a variabilidade genética, gerando “depressão endogâmica”, podendo levar à perda da adaptabilidade da espécie e até mesmo à extinção (Young et al., 2000).

O fator mais relevante para a desfragmentação de habitats é restaurar ou manter a conectividade na paisagem (Hirsh, 2003a, 2003b; Crooks; Sanjayan, 2006; Hilty et al. 2006; Davies; Pullin, 2007), ou seja, recuperar e manter a habilidade de indivíduos em uma população se locomover entre os elementos da paisagem em um mosaico de tipos de habitats (Hilty et al., 2006). Nesse sentido, os corredores ecológicos, elementos da paisagem que aumentam a habilidade de organismos de se locomoverem entre manchas de seu habitat, têm sido cada vez mais adotados como ferramenta na busca da manutenção e restauração da conectividade (Noss, 1987; Vieira et al., 2002; Damschen et al., 2006; Hilty et al., 2006).

Corredores se mostram eficientes porque podem reduzir os principais efeitos da fragmentação de áreas naturais, como o isolamento de populações em pequenos fragmentos, que resulta em perda de variabilidade genética natural no curto prazo, devido ao gargalo genético imposto a populações isoladas e, no longo prazo, em função da deriva genética aleatória (Hall et al. 1996; Seoane et al., 2005). Por meio da implementação de corredores, é possível resguardar o fluxo genético entre as populações, evitando tais processos demográficos negativos, ao passo em que a adaptação das espécies às paisagens antropizadas é favorecida (Mueller et al, 2014).

Neste contexto, o mapeamento e a priorização de corredores de biodiversidade constituem em ferramentas relevantes na tomada de decisões na busca da sustentabilidade, já que a conservação da biodiversidade está entre os pilares do uso conservacionista da terra e dos recursos naturais (Hilty et al. 2006). Em paisagens altamente fragmentadas em função do uso intensivo da terra, como no lado brasileiro da Bacia do Alto Paraguai (BAP), o mapeamento e adoção de corredores de biodiversidade para definição de políticas públicas podem constituir estratégias cruciais para garantir a conservação da biodiversidade.

A Bacia do Alto Paraguai está localizada na região central da América do Sul, abrangendo os territórios do Brasil, Bolívia e Paraguai. Possui uma área de aproximadamente 622.000 km², sendo responsável por uma porção significativa da drenagem do continente. A BAP é coberta, em grande parte de seu território, por vegetação de quatro domínios fitogeográficos distintos: Cerrado, a norte e a leste; o Chaco no oeste e sudoeste, a Floresta Chiquitana decidual da Bolívia, localizada na porção oeste e noroeste da BAP, e o Pantanal, na região central. Além disso, a BAP também apresenta, em menor proporção, elementos de Mata Atlântica ao sul e sudoeste, na região da Serra da Bodoquena, e ainda a Floresta Amazônica em pequenas porções do norte e noroeste da bacia.

A região do Cerrado é a mais modificada pelo uso da terra na BAP, com mais de 60% de perda de vegetação nativa (Monitoramento..., 2015) e abrange uma área de aproximadamente 217.000 km². Esta região está localizada em altitudes acima de 200 m, onde se encontram as nascentes dos principais rios formadores do

Pantanal, como o Paraguai, Jauru, o Cuiabá, o São Lourenço, o Piquiri, o Taquari e o Miranda, sendo responsável pelo fornecimento de 70% da água na planície de inundação do Pantanal (áreas mais baixas). A vegetação dominante é o Cerrado, com áreas de cerradão (savana florestada) e cerrado aberto, as quais apresentam diferentes níveis de integridade de vegetação, decorrentes de ações antrópicas (Pott et al., 2014).

Já a planície pantaneira abrange uma área de aproximadamente 150.000 km² (Padovani, 2010), caracterizada por baixa declividade e um mosaico com diversos tipos de vegetação (Pott. A; Pott. V, 2009). Além das áreas de matas secas, matas semidecíduas, cerrado, cerradão e formações monodominantes, também estão presentes as matas alagáveis, que são florestas estruturalmente simples, que ocorrem circundando lagos ou margeando rios, e os campos limpos, com vegetação predominante de gramíneas e alguns sub-arbustos (Marimon; Lima, 2001, Pott. A.; Pott. V., 2009). O Pantanal ainda mantém cerca de 80% da sua vegetação nativa (Roque et al., 2016), contrastando com as áreas de planalto circundante da BAP. A região coberta pela Mata Chiquitana e Chaco na Bolívia se mantém bem conservada, quase sem intervenções humanas caracterizadas pela alteração da configuração da paisagem (Plumpton et al. 2020; Portillo-Quintero; Sánchez-Azofeifa, 2009; Killeen et al. 2002, Miles et al. 2006). Por outro lado, a região do Chaco no Paraguai está submetida a uma rápida expansão da ocupação da terra para uso agrícola e pecuário, sendo a região com as maiores taxas de desmatamento observadas atualmente no planeta (Velasco-Aceves et al. 2021; Hansen et al. 2013). Como resultado, a perda e a fragmentação de habitats tem sido uma preocupação, e o tradicional desenho sistemático para abertura de novas áreas inclui a manutenção de “corredores”, gerando uma paisagem profundamente alterada. No entanto, apesar deste cenário, não existem mecanismos transnacionais que regulamentem ou orientem a abertura de novas áreas para uso agrícola e pecuário.

No Brasil, a BAP ainda possui lacunas e desafios em relação a políticas públicas direcionadas à gestão e preservação de ambientes e recursos naturais, já que grande parte do que vem sendo discutido no âmbito das leis, decretos e resoluções federais e estaduais não são necessariamente adequadas aos desafios de conservação em uma região caracterizada por complexa heterogeneidade ambiental. Por esta razão, há uma necessidade de elaboração de diretrizes claras sobre as formas de uso e ocupação do solo e de conservação dos ambientes e dos recursos naturais. As diretrizes necessárias, por outro lado, precisam considerar as especificidades das diferentes regiões, bem como marcos legais como a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) no Brasil. Nesta peça de legislação, a mais importante do país, o bioma Pantanal é considerado uma região de uso restrito, como determinado pelo Artigo 10º da LPVN, mas há uma lacuna indesejável quando a legislação não provê os parâmetros para definir o conceito de “uso restrito”. Complementarmente, os instrumentos estaduais vigentes para o bioma, a Lei 328/1982 e o Decreto 14.273/2015 de Mato Grosso do Sul e a Lei 8.830/2008 de Mato Grosso não provêm orientações quanto à manutenção da conectividade da paisagem ou não mencionam os corredores de biodiversidade. Neste contexto, a modelagem de corredores, sua priorização e proposição como instrumento de definição de políticas públicas tornam-se objetivos essenciais na busca da sustentabilidade ambiental na região.

Os resultados apresentados pela pesquisa encontram-se alinhados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 15 - Vida Terrestre. Dada a relevância do desafio, bem como a necessidade de complementar as bases para o planejamento territorial na BAP, a conservação da diversidade biológica em escala regional, a necessidade de uma priorização de áreas para restauração da conectividade em regiões altamente modificadas, a carência de bases para elaboração de políticas públicas e processos de licenciamento ambiental, foi estabelecida uma parceria estratégica entre a Embrapa Pantanal e a WW–Brasil, em 15 de junho de 2021 (Brasil, 2021a) visando a oferecer aos estados e países envolvidos um mapa abrangente dos principais corredores de biodiversidade na bacia do Alto Paraguai, cujos resultados são apresentados neste Documento.

Metodologia

O método utilizado para a determinação dos corredores foi o de Caminho de Menor Custo (*Least cost path*) (Knaapen et al. 1992). Esse método calcula as rotas de maior eficiência de locomoção de uma ou mais espécies entre dois locais. Para isso, a modelagem considera a distância entre essas áreas e os custos de percorrer este caminho (Etherington, 2012; McRae, 2006). Deste modo, ao considerar como custo os valores de resistência ou permeabilidade que uma paisagem oferece a uma espécie ou grupo de espécies em seu deslocamento, esse método fornece uma medida ecologicamente realista de conectividade entre as áreas (McRae, 2006; Knaapen et al. 1992).

A modelagem do Caminho de Menor Custo requer a seleção das áreas a serem conectadas e das espécies-alvo. A seleção das áreas a serem conectadas (nodos) foi realizada seguindo alguns critérios específicos. Para as espécies-alvo, foi utilizada uma base de informações obtida de especialistas, relativas à dispersão destas espécies através de diferentes matrizes na paisagem que circunda os nodos. Essas informações foram utilizadas para a construção de uma matriz de resistência para definir as melhores rotas de conectividade baseada no método Caminho de Menor Custo. Além disso, definiu-se determinadas condições da paisagem como barreiras à dispersão de espécies-alvo, nas quais a permeabilidade foi considerada nula (áreas urbanas, por exemplo). Finalmente, os corredores identificados foram submetidos a uma modelagem baseada na teoria dos circuitos (McRae, 2006) para identificar trechos que apresentam maior resistência à dispersão em áreas de paisagens muito antropizadas.

2.1. Mapeamento dos nodos

Em função da alta complexidade e heterogeneidade da vegetação na Bacia do Alto Paraguai, a vegetação nativa foi separada em dois grupos gerais para o processo de identificação, seleção e mapeamento de nodos: as formações florestais e as formações savânicas. Utilizamos categorias ou fitofisionomias mais amplas baseadas em estrutura da paisagem de habitats arbóreos uma vez que as variações regionais (florestas estacionais semidecíduas, matas ciliares, florestas inundáveis, entre outras) tornariam impossível uma modelagem pormenorizada na escala geográfica que o trabalho foi realizado. Além disso, essas categorias estão presentes em toda a área da BAP. O mapa de vegetação adotado para o lado brasileiro da BAP foi produzido pelo MaPBiomias (Projeto MapBiomias, 2020) para o ano de referência de 2018, enquanto para a Bolívia e Paraguai estes mapas foram confeccionados de forma independente. Para isso, foi utilizado um conjunto de imagens do satélite Landsat 8, obtidas no USGS (www.usgs.gov), datadas para o ano de 2019. As imagens foram classificadas pelo método de classificação supervisionada orientada ao objeto, utilizando as classes de Formações Savânicas, Formações florestais, Formações campestres, Floresta plantada, Pastagens, Áreas de cultivo. A data e o satélite de aquisição das imagens, assim como, as classes utilizadas na classificação foram selecionadas para manter a compatibilidade entre os mapas de vegetação em toda a área de trabalho.

Para a seleção dos nodos de remanescentes florestais e savânicos, foram utilizados filtros baseados no tamanho da área núcleo dos fragmentos, fornecendo uma dimensão mais realista da área menos impactada por distúrbios externos à mancha. Além disso, para a definição da área núcleo foram definidas áreas marginais (buffers) suficientemente largos que resultaram na exclusão de estruturas lineares contínuas, como vegetação ripária, por exemplo. Assim, esta solução geométrica ajudou a priorizar nodos com áreas mais compactas e descartar faixas de vegetação com formato linear e/ou dendrítico, constituídos praticamente de ambientes de ecótonos. Assim, a seleção das áreas de nodo baseou-se apenas na extensão das áreas núcleos dos remanescentes de vegetação nativa. Na planície do Pantanal, por outro lado, onde as paisagens estão em grande parte conservadas em sua estrutura e composição e, principalmente, por apresentar mosaicos de vegetação arbórea anastomosada e com tendências lineares, este processo de identificação de

nodos através do tamanho de áreas núcleo foi desconsiderado, exceto em áreas contínuas maiores que 10.000 hectares. Nestas áreas, os desenhos dendríticos foram também eliminados (Tabela 1).

Além dos remanescentes florestais e savânicos, foram incluídas também como nodos áreas protegidas públicas e privadas bem como terras indígenas localizadas dentro na BAP. No entanto, como foi detectado um número muito alto de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) e monumentos naturais que possuem poucos hectares de área, o que poderia levar à modelagem de corredores entre áreas com menor relevância para a biodiversidade, optou-se por considerar como nodos apenas as áreas protegidas maiores que 500 ha. Na Bolívia e no Paraguai os nodos correspondem à integridade das áreas protegidas e dos remanescentes de vegetação nativa, especialmente na região correspondente à Mata Chiquitana, a qual se mantém na condição de não fragmentação.

Tabela 1 - Critérios para seleção de remanescentes de vegetação nativa para identificação de nodos a serem conectados pelos corredores ecológicos no lado brasileiro da Bacia do Alto Paraguai.

| Tamanho do fragmento | Planalto | | Planície | |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Formações Florestais | Formações Savânicas | Formações Florestais | Formações Savânicas |
| Fragmentos menores que 10.000 ha | Borda de 250 m | Borda de 250 m | Sem área de borda | Sem área de borda |
| | Área núcleo acima 1000 ha | Área núcleo acima de 1000 ha | Área núcleo acima de 2000 ha | Área núcleo acima de 2000 ha |
| Fragmentos maiores que 10.000 ha | Borda de 500 m | Borda de 500 m | Borda de 500 m | Borda de 500 m |
| | Área núcleo acima 1000 ha | Área núcleo acima 1000 ha | Área núcleo acima 1000 ha | Área núcleo acima 1000 ha |

2.2. Matriz de resistência para grupos de espécies focais

O primeiro passo na construção da matriz de resistência é definir quais espécies serão utilizadas como alvos da modelagem. Nesse projeto foi escolhida uma abordagem multi-espécie, o que impõe desafios relevantes em função da variedade de áreas de vida, uso do espaço e capacidade de dispersão. Em função dos objetivos de definir corredores capazes de atender à conectividade entre populações e subpopulações do maior número possível de espécies, foi utilizada uma lista de espécies candidatas elaborada durante a construção do Zoneamento Econômico Ecológico de Mato Grosso do Sul, com a participação de especialistas em vida selvagem. Os especialistas definiram, para cada espécie, os valores de permeabilidade para 152 espécies de diferentes grupos taxonômicos para diferentes classes de uso do solo (Mato Grosso do Sul, 2015).

A partir dessa lista foram removidas as espécies pertencentes a grupos taxonômicos consideradas não condizentes com a escala da modelagem, priorizando apenas as espécies dos grupos de mamíferos não voadores e aves. Foram excluídas espécies dependentes de ambientes aquáticos, já que este tipo de ecossistema não foi alvo da modelagem proposta. Em um segundo momento foram removidas as espécies que possuíam informações incompletas, ou seja, foram consideradas apenas as espécies que possuíam um valor de permeabilidade para todas as classes de uso do solo. Após essas duas etapas, a lista de espécies-alvo foi reduzida a 56 táxons (Anexo 1).

O maior desafio enfrentado em modelagem multi-espécies é a necessidade de lidar com espécies de escalas de vida, uso diferencial de habitats e capacidade de dispersão díspares. Para contornar o problema da heterogeneidade entre escalas de vida, uso e seleção de habitats e capacidade de dispersão, foi realizada uma análise de agrupamento com base nos valores de permeabilidade das espécies para cada uma das classes de ocupação do solo. Para o agrupamento, nós calculamos o índice de similaridade de Jaccard e uma análise de cluster utilizando o método de agrupamento de pares com média aritmética não ponderada (*unweighted arithmetic average clustering* - UPGMA; (Legendre P.; Legendre L., 1998).

Posteriormente, para verificar se os grupos são realmente diferentes, foi realizado o teste post-hoc pairwise.Adonis, utilizando os pacotes Vegan e pairwise.adonis do software R (Oksanen et al., 2022; Arbizu, 2019). Para cada um dos grupos formados, foram calculados os valores médios de permeabilidade para cada classe de uso do solo. A partir desses valores, o grupo com os maiores valores de permeabilidade foi selecionado para ambientes florestais e o grupo com maior permeabilidade para ambientes savânicos. Estes valores foram utilizados para construir as matrizes de resistência.

Na construção da matriz de resistência também foi inserida uma camada de barreiras potenciais à dispersão. Essa camada foi composta por áreas urbanas, áreas de mineração, assentamentos rurais densos e áreas com declividades extremamente acentuadas. Devido uma ausência de banco de dados que incorpore áreas urbanas pequenas, vilas e distritos, assim como áreas de mineração e garimpo, estes foram mapeados a partir de uma vetorização manual, com o auxílio do Google Earth. Ao contrário dessas áreas, os assentamentos rurais possuem bancos de dados disponíveis tanto por órgão estaduais quanto federais a nível estadual e nacional, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - www.ibge.gov.br) e o Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE - www.inde.gov.br), então estes bancos de dados foram utilizados para a construção dessa camada.

Para a declividade foram utilizados os dados das imagens de elevação SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponíveis no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS - www.usgs.gov). Estas imagens foram utilizadas para calcular a declividade, utilizando um limiar de corte de 45°. Esse procedimento foi conduzido utilizando o programa QGIS (<http://qgis.osgeo.org>). A intenção de usar este limiar de declividade foi a de garantir que estejam incluídas na matriz de resistência eventuais escarpas, as quais são virtualmente impossíveis de serem identificadas nesta escala de abordagem. Em função dessa dificuldade, foi definido então um grau de resistência mediano, já que não se espera que a declividade a partir de 45° não imponha barreira à dispersão para a grande maioria das espécies, exceto em situações próximas da vertical. Assim, este limiar inclui paredões rochosos, comuns em diversas áreas da borda do Pantanal, bem como em outras áreas da BAP, tanto na Bolívia quanto no Brasil, as quais podem ser consideradas barreiras pontuais intransponíveis para muitas espécies.

2.3. Modelo do Caminho de Menor Custo

A modelagem de Caminho de Menor Custo (LCP) foi realizada separadamente para cada um dos ambientes (florestal e savânico). Deste modo, para modelar corredores de ambientes florestais foram utilizados apenas os nodos de ambientes florestais e uma matriz de resistência construída a partir dos valores de permeabilidade do grupo de espécies dependentes deste tipo geral de habitat. O mesmo critério foi utilizado para os modelos de ambientes savânicos.

Todas as análises realizadas na etapa de modelagem foram realizadas em ambiente R (R core team 2019). Inicialmente a matriz de resistência foi convertida em uma matriz de transição, utilizando a média dos valores de resistência dos pixels vizinhos como função de transição e considerando oito direções. Após essa conversão, foi realizada uma correção geográfica utilizando o comando *'geoCorrection'* do pacote *gdistance* do R (Van Etten, 2017). Todos esses passos foram realizados utilizando o pacote *gdistance* do R (Van Etten, 2017). Em seguida, foi construída uma matriz de vizinho mais próximo, utilizando como base a camada de nodos. Essa matriz define quais os nodos serão conectados durante a modelagem, com base na distância

entre eles e em um número de conexões pré-determinadas pelo usuário. Para essa modelagem foram definidas 4 conexões para cada nodo. Para a construção dessa matriz foi utilizado o comando 'cost matrix' do pacote *leastcostpath* (Lewis, 2020). Essas duas matrizes foram utilizadas para a construção dos corredores, a partir do comando 'create_lcp_network' do pacote *leastcostpath* (Lewis 2020).

O planalto e a planície da BAP possuem grandes diferenças, principalmente em seu nível de conservação e tipos de vegetação predominantes. Essas diferenças entre as regiões podem promover comportamentos distintos nos resultados da modelagem de menor custo. Por esse motivo, foi realizada uma correção que consiste na remoção de corredores inconsistentes e na inserção de corredores adicionais buscando uma complementação da cobertura oferecida pelos corredores oriundos da modelagem. Essa correção foi realizada manualmente com o auxílio do Google Earth. Da mesma forma, alguns nodos foram complementados com áreas adicionais, corrigindo erros ou distorções originadas da imprecisão dos mapas de vegetação utilizados, bem como perdas de vegetação ocorridas após o estudo ser concluído.

2.4. Aplicação da Teoria dos Circuitos Elétricos na análise de resistência das paisagens

A Teoria dos Circuitos Elétricos tem sido aplicada à conectividade nos campos de química, neurologia, economia e sociologia, e passou também a ser aplicada para modelar o fluxo genético em paisagens heterogêneas (McRae, 2006; McRae; Beier 2007). Uma vez que a conectividade aumenta por muitas vias de conexão em redes de circuitos elétricos, métricas de distância baseadas em conectividade são aplicáveis a processos que respondem positivamente ao aumento de conexões e à redundância (McRae et al 2008). Há estudos mostrando que corrente, voltagem e resistência em circuitos elétricos apresentam relações precisas com deslocamentos ao acaso realizados animais numa paisagem, por exemplo (Doyle; Snell, 1984; Chandra et al., 1997). Assim, a teoria dos circuitos pode ser comprada à Teoria do Movimento ao Acaso do campo da ecologia do movimento, oferecendo interpretações concretas de parâmetros e predições (McRae et al., 2008)

McRae (2006) desenvolveu o conceito de que a distância genética entre subpopulações de interesse pode ser estimada pela representação da paisagem como uma placa de circuitos onde cada pixel em um arquivo raster é uma resistência, e o fluxo genético entre duas subpopulações ocorre por todas as rotas possíveis ligando-as, não apenas ao longo de um único caminho apresentando a mais baixa soma de resistência. Caminhos simples, neste caso, podem ser exemplificados como o LCP. Assim, para McRae (2006) o isolamento por resistência tem consequências práticas no contexto da conservação. A fundamentação teórica e eficiência computacional fizeram com que a teoria dos circuitos se tornasse um instrumento poderoso e defensável para o entendimento de potencial de fluxo gênico, rotas de movimentação animal e conectividade na paisagem, podendo ser aplicável em uma variedade de situações apresentando alterações de origem antropogênicas (Dickson et al., 2019).

Entre as métricas adotadas para a avaliação da resistência está a densidade de corrente ou fluxo de corrente cumulativa, a qual fornece uma estimativa na probabilidade de movimento em uma paisagem, enquanto a resistência efetiva permite uma medição pareada baseada em distância para análise do isolamento entre sítios ou áreas de interesse (McRae; Beier 2007). Em função da capacidade de expressar o isolamento e a resistência da paisagem para subpopulações, a teoria dos circuitos passou a ser cada vez mais utilizada em modelagem voltada para a conservação de biodiversidade e serviços ecossistêmicos (Dickson et al., 2019).

Neste estudo, a modelagem baseada na Teoria dos Circuitos Elétricos foi utilizada de forma complementar à modelagem LCP. A integração dessas duas abordagens permite identificar corredores de maior ou menor resistência à movimentação das espécies focais, assim como a identificação de trechos críticos nos corredores mapeados, ajudando a identificar áreas de estreitamento do movimento ou áreas a serem alvo de restauração da conectividade. Para tanto, foi definida uma faixa de 1 km de largura ao longo de todos os corredores identificados pelos modelos LCP. Nestas faixas, foi realizada uma análise de resistência separadamente para os ambientes savânico e florestal, utilizando também a matriz de vizinho mais próximo elaborada durante a modelagem de LCP. A modelagem da resistência, definida pelo cálculo do fluxo de

corrente cumulativa, foi conduzida utilizando o programa Circuitscape v4.0.5 (Shah; McRae, 2008; McRae et al. 2013), configurado para analisar oito células vizinhas.

2.4.1. Métricas quantitativas e qualitativas complementares

Foram utilizados como métrica quantitativa para priorização o número de conexões realizadas por cada corredor mapeado, além da intersecção de corredores com rodovias e ferrovias. Para o cálculo de número de conexões foi utilizado o comando “creat_lcp_density” do pacote “leastcostpath” no programa R (Lewis 2020). Para a construção da camada de informações sobre rodovias e ferrovias utilizadas na análise foram elaboradas com base nos dados disponibilizados pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão através do site de Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). A partir destas camadas foi realizada uma correção manual, pois estas apresentavam rodovias e ferrovias ainda em projeto, ou seja, não construídas, assim como erros de posicionamento geográfico. Para a região da BAP na Bolívia e Paraguai, as rodovias e ferrovias foram mapeadas a partir da vetorização manual com o auxílio do Google Earth.

2.5. Workshop para prospectar estratégias e políticas públicas no lado brasileiro da BAP

Visando a uma consulta à comunidade científica, terceiro setor e órgãos públicos, foi organizado um workshop para apresentação dos resultados do mapeamento e realizar uma consulta sobre problemas, barreiras e soluções para a implementação de corredores de biodiversidade. O evento “Workshop - Corredores de Biodiversidade – Bacia do Alto Paraguai” foi realizado em 25 de fevereiro de 2021, foi realizado em ambiente virtual, utilizando a plataforma gratuita Jamboard, do Google, para colher, organizar e compilar as sugestões dos participantes. As sugestões foram categorizadas em Temas, Problemas/Obstáculos e Soluções. Participaram do evento 44 pessoas de 20 instituições do Brasil, incluindo tomadores de decisão de órgão públicos federais, estaduais e municipais, cientistas, representantes do terceiro setor e órgão de planejamento e fiscalização.

Resultados e discussão

3.1 Identificação e seleção de áreas nodos

Foram consideradas 97 unidades de conservação como nodos de áreas protegidas como alvos de conexão nas modelagens, das quais 26 são terras indígenas e 71 estão distribuídas em diversas categorias de unidades de conservação. Dentre as categorias as mais representativas estão as Reservas Particular do Patrimônio Natural (RPPN), com 31 unidades, concentradas principalmente na planície pantaneira e no Paraguai (uma categoria similar, mas não com o mesmo nome). A segunda categoria mais representativa foi a dos Parques Nacionais e Estaduais, totalizando 19 nodos (Figura 1); 41,5% dos nodos de áreas protegidas apresentam áreas menores que 100 km², 39,4% possuem área entre 100 e 1.000 km², e 19% correspondem a áreas acima de 1.000 km². O Brasil concentra a maior parte das unidades de conservação, porém estas são substancialmente menores, com uma área média de 450 km². Em contraste, a Bolívia apresenta o menor número de UCs, porém estas possuem uma área média de 10.485 km².

Foram identificados 437 fragmentos de formações florestais considerados nodos (Figura 2), os quais apresentaram uma área média de 192 km², sendo 71,4% delas entre 10 e 40 km² de área, 24,3% entre 40 e 70 km² e apenas 4,3% com área acima de 70 km². Para as formações savânicas, foi obtido um total de 215 fragmentos (Figura 2), os quais apresentaram uma área média de 127,3 km², 64% correspondendo a áreas entre 10 e 50 km², 21% entre 50 e 100 km² e 15% com área superior a 100 km². Considerando as unidades de conservação e os remanescentes de vegetação nativa, foram identificados 882 nodos alvo para a modelagem de corredores de biodiversidade na BAP.

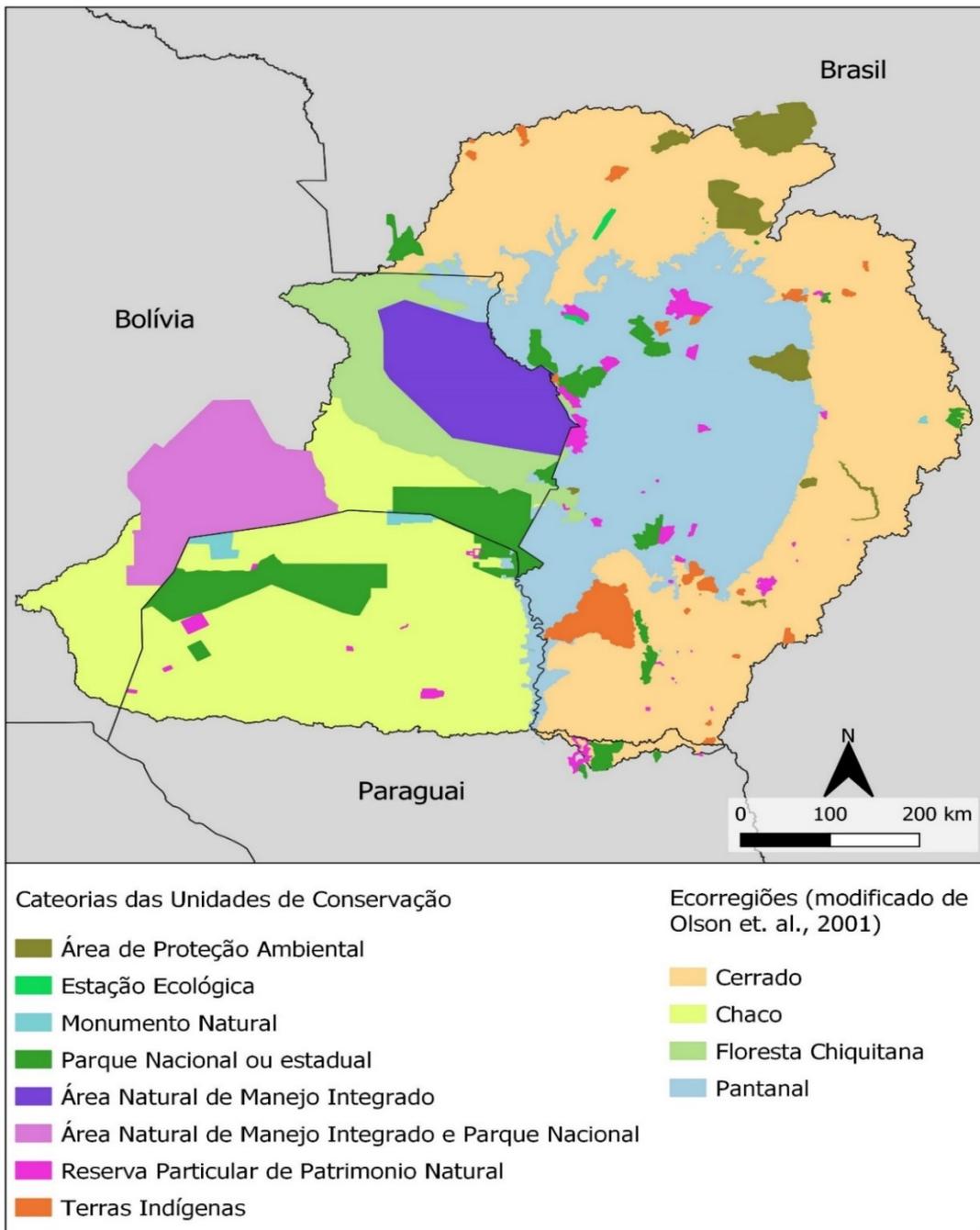


Figura 1. Unidades de conservação da Bacia do Alto Paraguai, de acordo com suas categorias, consideradas como nodo para a modelagem de corredores de biodiversidade no Brasil, na Bolívia e no Paraguai. Fonte: Elaborada pelos autores.

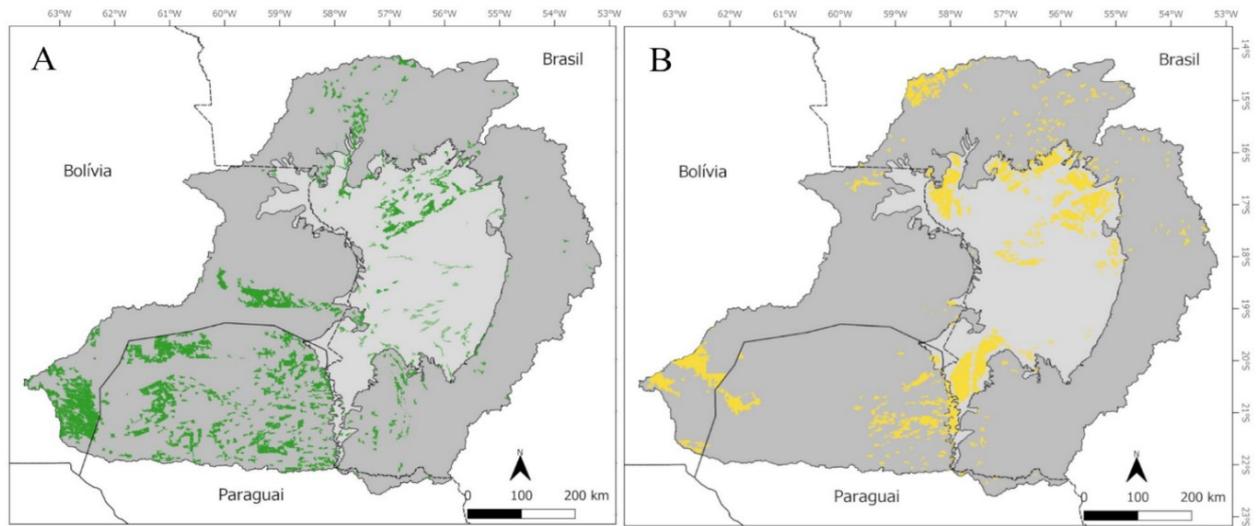


Figura 2. Remanescentes de vegetação nativa considerados como nodos para a modelagem de corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, na Bolívia e no Paraguai, onde A = remanescentes de formações florestais e B = remanescentes de formações savânicas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2. Matriz de resistência multi-espécies

As 56 espécies incluídas na análise formaram 10 grupos distintos (permanova $P= 0.01$). Dentre esses grupos o grupo 10 foi desconsiderado por ser composto por animais associados a áreas úmidas e corpos d'água, como o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) e a lontra (*Lutra longicaudis*) (Figura 3 e Tabela 2). O grupo 4 foi o grupo selecionado como representante das espécies florestais, sendo formado por 12 espécies, como o bugio (*Alouatta caraya*), o veado mateiro (*Mazama americana*) e o pula-pula amarelo (*Myiothlypis flaveola*). Para as formações savânicas foi selecionado o grupo 1 como representante, o qual é formado por 5 espécies, com representantes como a cigarra do campo (*Neothraupis fasciata*) e o meia-lua do cerrado (*Melanopareia torquata*).

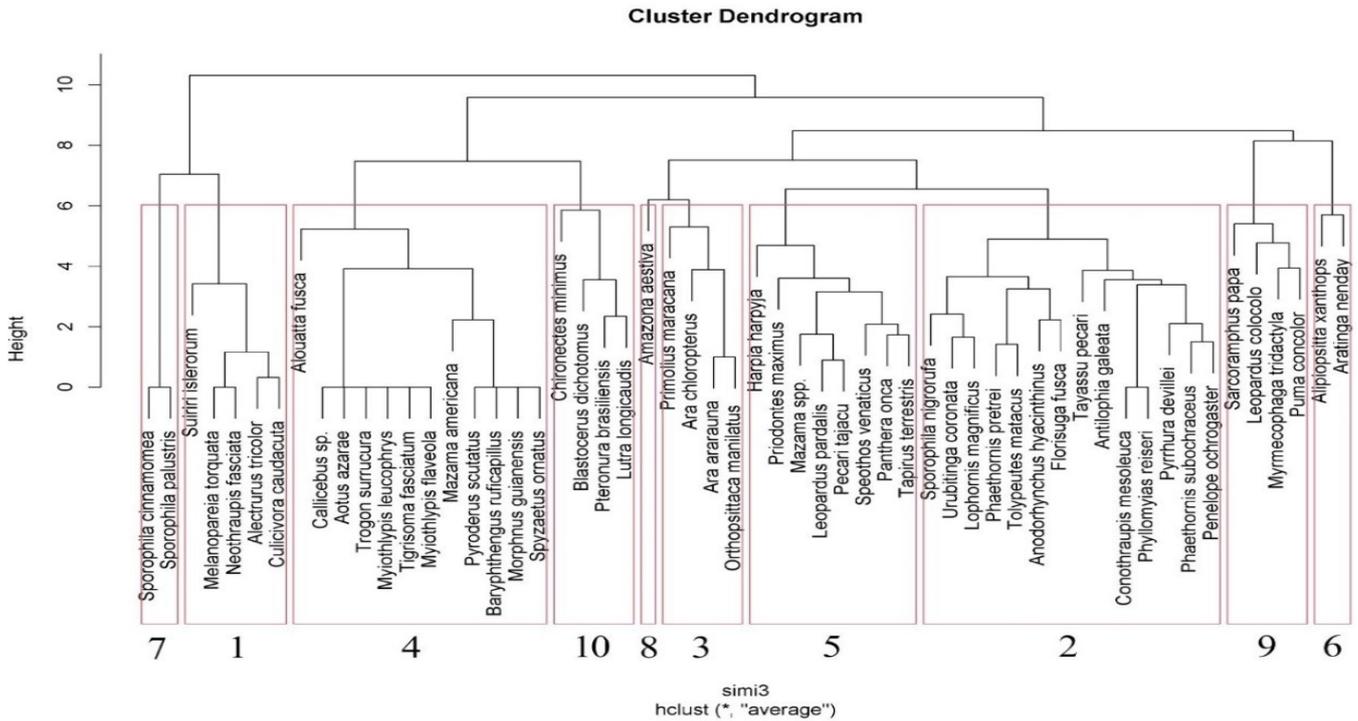


Figura 3. Agrupamento de espécies-alvo com base na similaridade dos valores de permeabilidade de categorias da matriz de habitats. Os números na parte inferior do dendrograma representam cada um dos grupos formados. Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2. Média de permeabilidade da matriz para os diferentes grupos de espécies e diferentes classes de uso e ocupação do solo, utilizadas na construção da matriz de resistência para modelagem de corredores ecológicos da Bacia do Alto Paraguai. Os grupos estão organizados do mais florestal (verde escuro) ao grupo restrito de cerrado (amarelo claro). O grupo 10 (azul) é o grupo composto por espécies associadas a ambientes aquáticos.

| Grupos | Florestas | Savanas | Pastagens | Áreas urbanas | Agricultura | Florestas plantadas |
|--------|-----------|---------|-----------|---------------|-------------|---------------------|
| 4 | 10.0 | 2.7 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.0 |
| 5 | 9.9 | 8.6 | 3.9 | 1.0 | 4.3 | 3.6 |
| 9 | 10.0 | 9.8 | 9.5 | 1.8 | 4.5 | 4.3 |
| 2 | 9.1 | 9.3 | 3.8 | 1.5 | 1.2 | 1.1 |
| 3 | 8.5 | 9.0 | 7.0 | 6.1 | 1.5 | 1.5 |
| 6 | 5.0 | 10.0 | 5.8 | 3.8 | 5.0 | 5.0 |
| 8 | 5.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 | 1.0 | 1.0 |
| 7 | 3.0 | 10.0 | 9.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 1 | 1.0 | 10.0 | 2.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 10 | 3.6 | 4.0 | 2.2 | 1.0 | 1.4 | 1.4 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.3. Barreiras

A camada de barreiras complementar à matriz de resistência, visando sua aplicação na modelagem dos Caminhos de Menor Custo, resultou em 572 situações, sendo 225 de áreas urbanas/urbanizadas, 241 assentamentos rurais e 106 áreas de mineração e de garimpo (Figuras 4 e 5). As áreas urbanas incluem desde pequenos distritos a grandes cidades, apresentando áreas de 4 a mais de 5000 ha. As áreas de assentamento rural variaram de 100 a mais de 40 camadas consideradas como barreira se apresentaram em maior número no território brasileiro (Figura 4 e 5). As áreas de mineração e de garimpo variaram de 1 ha até áreas com mais de 1000 ha. Todas as camadas consideradas como barreira se apresentaram em maior número no território brasileiro (Figura 4 e 5).

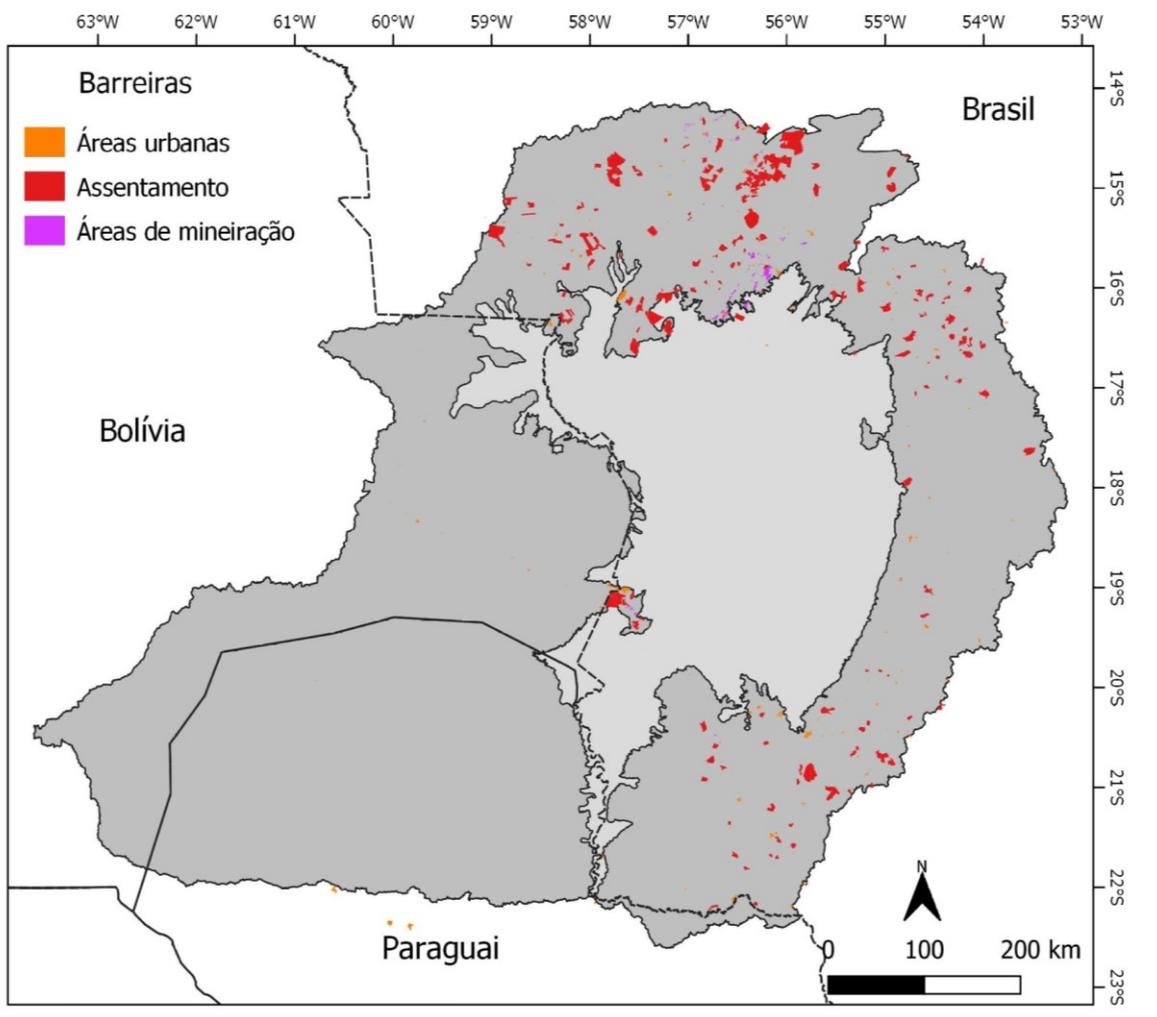


Figura 4. Áreas urbanas, mineração/garimpo e assentamentos rurais consideradas como barreiras na matriz de resistência utilizada na modelagem de corredores de biodiversidade para a Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, na Bolívia e no Paraguai.

Fonte: Elaborada pelos autores.

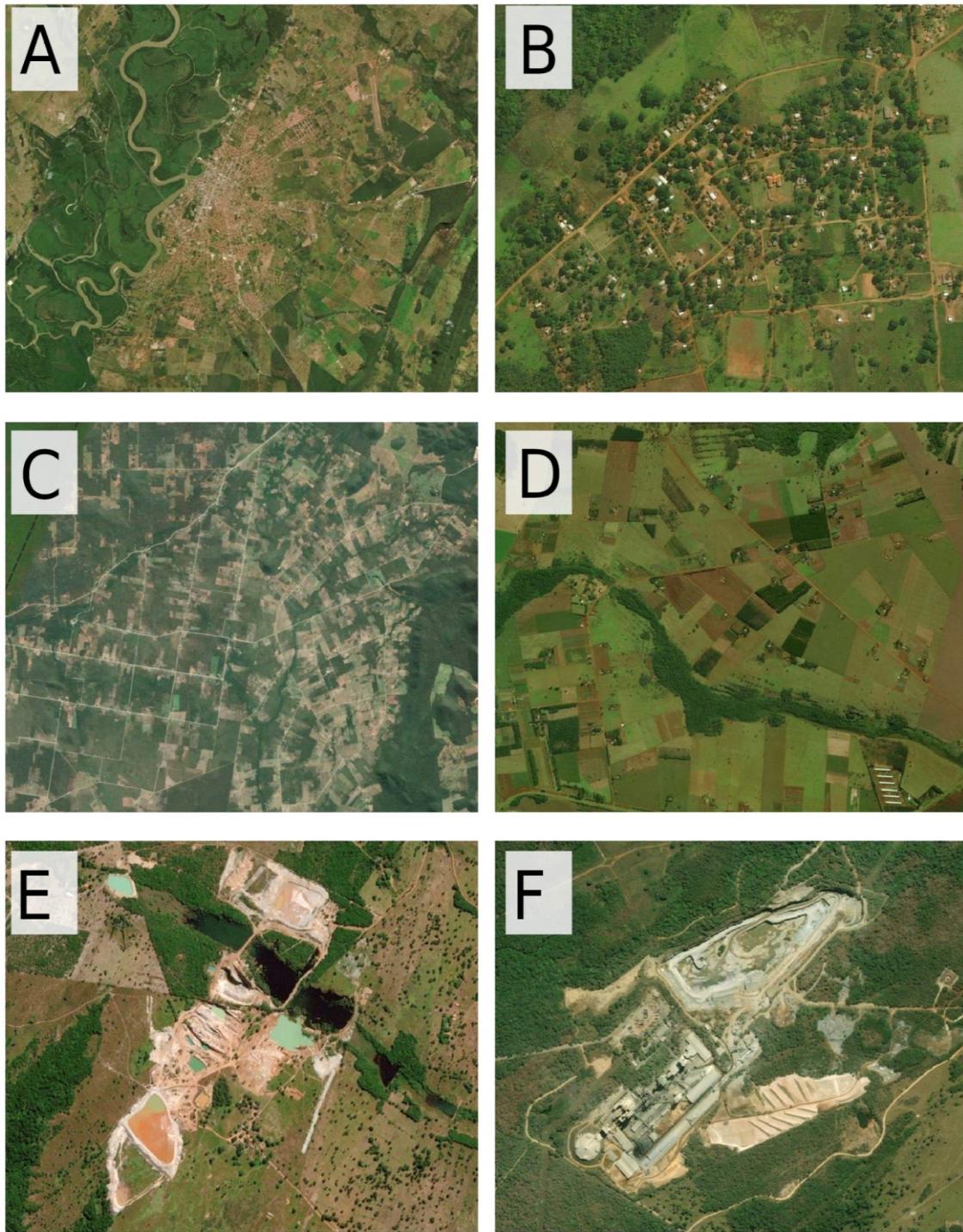


Figura 5: Imagens de satélites mostrando exemplos de áreas consideradas como barreiras na matriz de resistência utilizada na modelagem de corredores ecológicos para a Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, na Bolívia e no Paraguai. Imagens A e B correspondem a exemplos de área urbana, C e D exemplos de assentamentos rurais, e E e F exemplos de áreas de mineração.
Fonte: Elaborada pelos autores.

3.4. Corredores baseados em Caminhos de Menor Custo

A modelagem de corredores baseada em caminhos de menor custo, realizada após a correção manual, apresentou um total de 3018 corredores, sendo 2916 provenientes da análise de menor custo e 102 (3.5% do total de corredores) adicionados durante a correção manual (Figura 6). Considerando todos os corredores, a distância média entre nodos conectados por estes corredores foi 29,52 km (de 1 km a 389 km). Para os ambientes florestais obtivemos um total de 1993 corredores, com distância média entre nodos de 27,74 km (de 1,5 a 302 km) (Figura 6). Para os ambientes savânicos foram identificados 1025 corredores com distância média entre nodos de 32,9 km (de 1 a 389 km) (Figura 6).

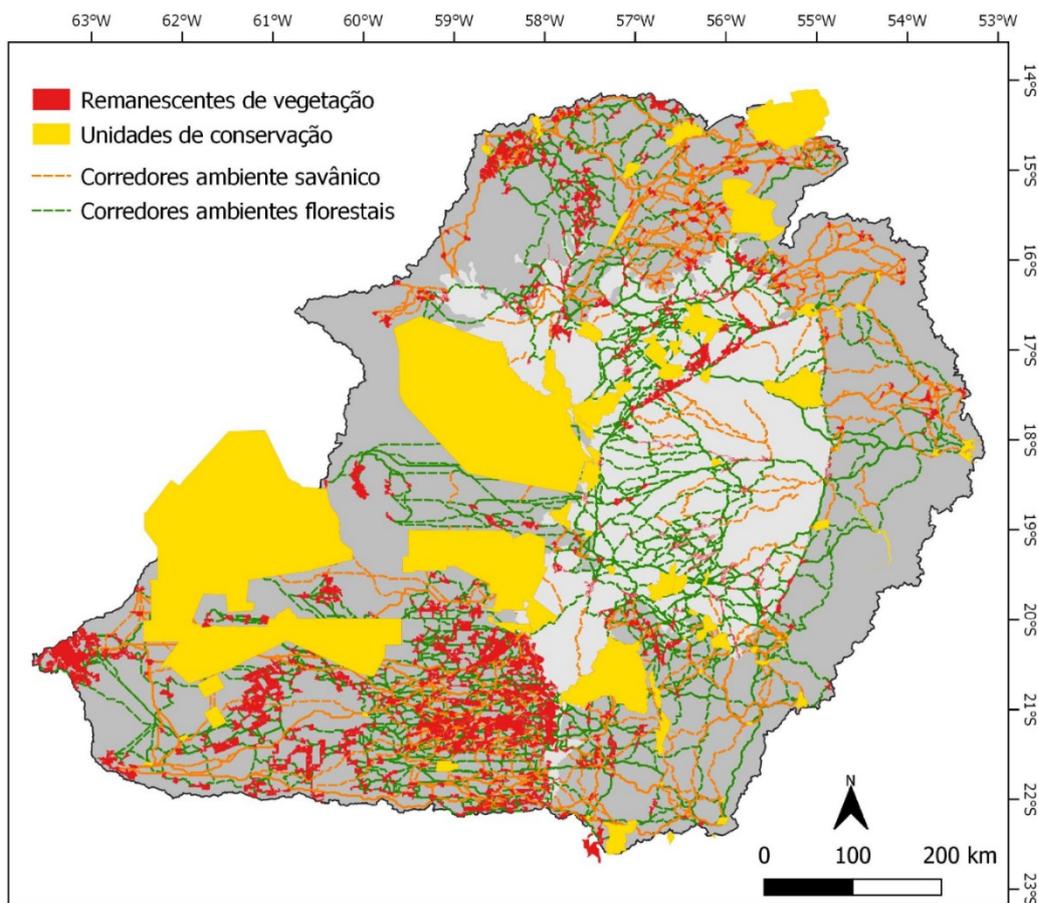


Figura 6. Corredores de biodiversidade para ambientes florestais e savânicos para Bacia do Alto Paraguai (BAP), no Brasil, na Bolívia e no Paraguai, identificados a partir de uma análise de Caminho de Menor Custo. Em cinza claro está a planície do Pantanal e em cinza escuro as áreas de terras altas da BAP.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme esperado, a modelagem de LCP apresentou comportamentos distintos nas diferentes regiões da BAP. Para a planície pantaneira vários corredores de ambientes savânicos apresentaram-se retilíneos em função do fato de que a maior parte da matriz de ambientes savânicos encontra-se praticamente inalterada. Ou seja, praticamente não há nenhuma resistência na busca de corredores savânicos na planície, exceto em áreas já extensamente modificadas, como na borda leste da planície. Nessa situação o caminho de menor custo para nodos é a menor distância entre eles, gerando caminhos retilíneos. Em função deste efeito indesejável, estes corredores foram removidos durante a correção manual. Padrão semelhante foi encontrado para os corredores de ambientes florestais na região da Floresta Chiquitana da Bolívia (região oeste da BAP fora do Pantanal), onde a matriz predominante florestal encontra-se em alto grau de conservação (Figura 6).

Contudo, nessa região, o efeito de linearidade dos corredores foi menor devido à presença de algumas regiões de pastagem, áreas urbanas e de declividade elevada, consideradas de alta resistência em nossas análises.

A região do Chaco no Paraguai apresentou uma alta densidade de corredores para os dois tipos de ambiente. Esse resultado ocorreu principalmente devido ao seu alto nível de fragmentação neste bioma, especialmente em sua região leste, gerando assim um grande número de nodos agrupados, provenientes de remanescentes de vegetação nativa (Figura 7). Outra região que apresentou padrão diferenciado foi a do Cerrado nos planaltos que circundam o Pantanal, na porção brasileira da BAP. Essa região apresenta em altíssimo grau de fragmentação da vegetação nativa, com remanescentes pequenos, resultando em um número reduzido de nodos e, conseqüentemente, em poucos corredores identificados. Em algumas situações, especialmente no sudoeste da BAP, no estado de Mato Grosso do Sul, houve uma quase completa ausência de corredores e nodos (Figura 6).

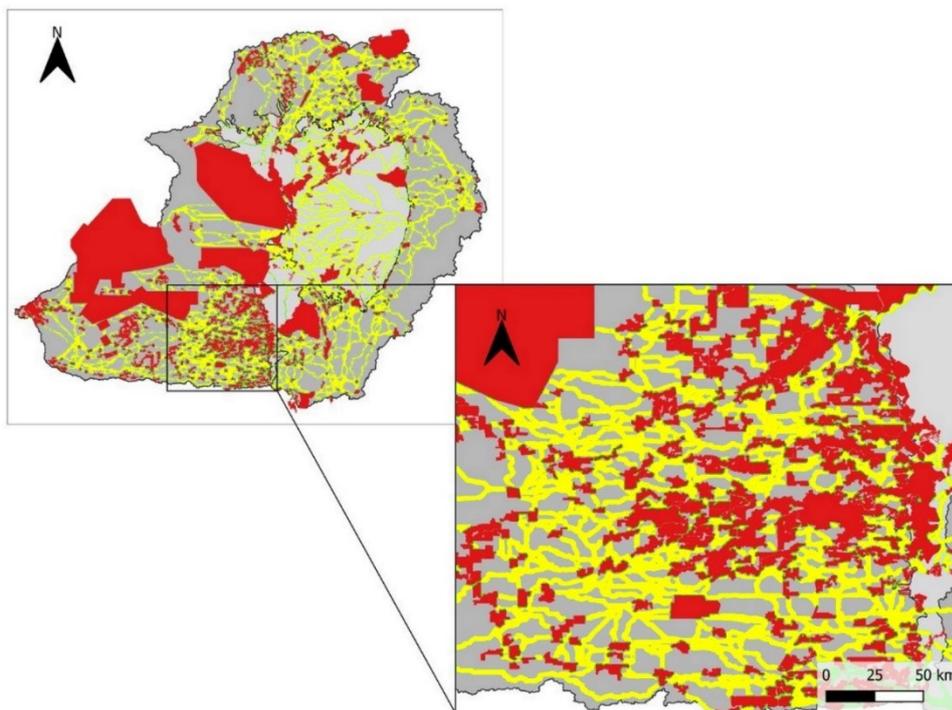


Figura 7. Limite leste do Chaco na fronteira entre Paraguai e Brasil, representando uma área com densidade elevada de nodos (em vermelho) e de corredores de biodiversidade (em amarelo).

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.5. Densidade de fluxo de corrente nas faixas dos corredores de biodiversidade

A média nos valores de densidade de fluxo de corrente foi de 4,31 nas faixas de 1 quilômetro ao longo dos corredores identificados pela análise de caminho de menor custo (Figura 8). Quando consideramos os corredores por ambiente, o resultado mostrou uma média de 3,97 para os corredores de ambientes florestais e de 4,96 para corredores de ambientes savânicos. Essa diferença entre os corredores nos diferentes ambientes pode estar associada à predominância de matriz savânica e campestre em toda BAP. Outro fato que também pode estar associado a essa diferença é a menor resistência das espécies de ambiente savânicos às áreas de mosaicos de ambientes naturais, pastagens e agricultura, que são também predominantes na matriz (ver valores na Tabela 2). No entanto, como os valores de fluxo de corrente vão de 1 a 20, sendo 1 os valores de maior resistência e 20 a menor resistência, essas médias relativamente baixas

que foram obtidas na modelagem indicam que, mesmo ao longo dos corredores identificados a partir da técnica de LCP há considerável fragmentação dos remanescentes. Isso significa que grande parte dos corredores não possuem vegetação nativa contínua, sugerindo que há a necessidade de restauração ou melhoria da conectividade ao longo destes corredores.

Por outro lado, nas paisagens praticamente não modificadas do Pantanal, o contexto é de um mosaico natural de manchas de vegetação, o que também pode estar influenciando essas médias. No caso das paisagens conservadas do Pantanal, a restauração não é uma estratégia a ser indicada. No entanto, nas áreas do Pantanal onde houve modificação extensiva da paisagem, como em sua borda leste, podem haver áreas nos corredores que requeiram melhorias na conectividade.

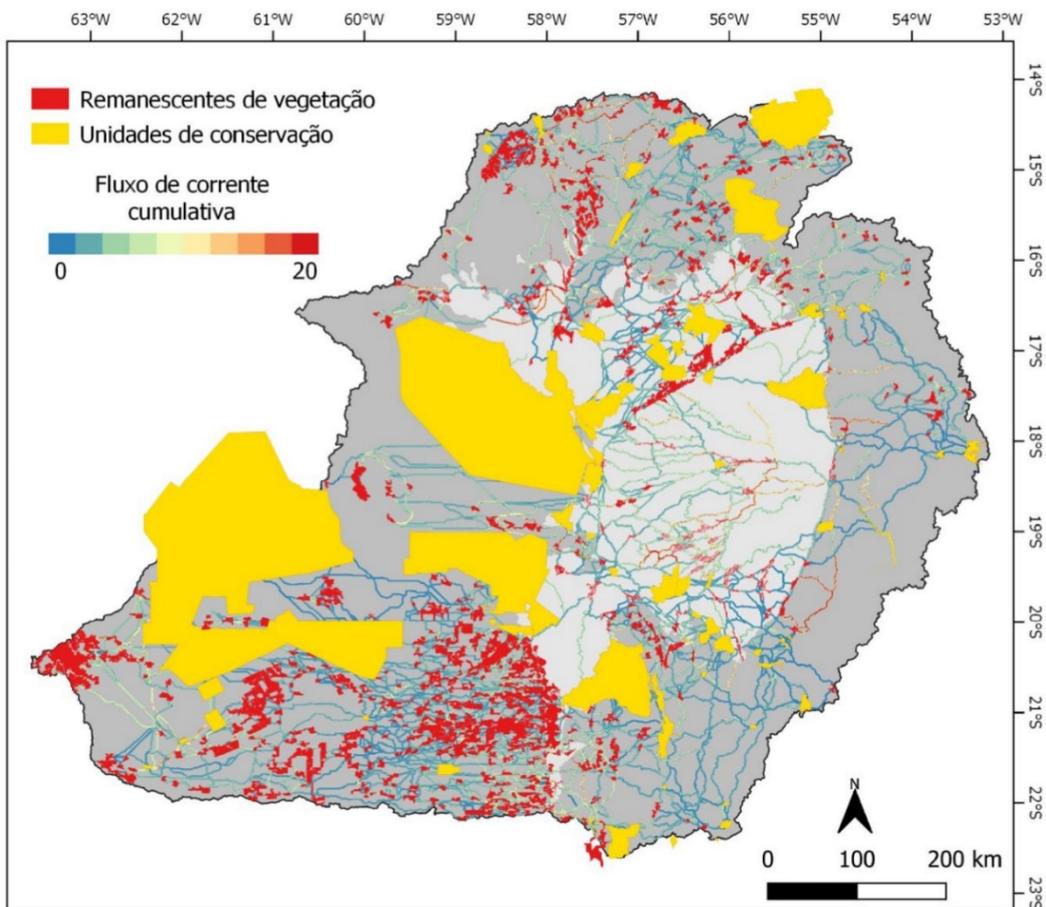


Figura 8. Valores de fluxo de corrente cumulativa, indicadora de resistência na dispersão de espécies, obtidos através de modelagem baseada na Teoria dos Circuitos Elétricos, usando o software Circuitscape em corredores de biodiversidade em ambientes florestais e savânicos para Bacia do Alto Paraguai (BAP), no Brasil, na Bolívia e no Paraguai.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise baseada na Teoria dos Circuitos Elétricos também apresentou variações em seus resultados de acordo com a região da BAP (Figura 8 e 9). Os corredores de ambientes florestais, com os valores de densidade de fluxo de corrente abaixo da média (3.97), se concentraram na região do Cerrado e Chaco (Figura 10) indicando que a alta fragmentação e distanciamento entre remanescentes de vegetação florestal influencia a permeabilidade para as espécies utilizadas como alvo. Desta forma, isso indica as regiões onde estratégias de restauração visando aumento da conectividade devem ser mais necessárias. Por outro lado, os corredores com os valores de densidade de fluxo de corrente acima da média se concentraram na planície

pantaneira e em uma região ao norte da BAP (Figura 10). Este padrão reflete o maior grau de conservação das paisagens, mesmo que estas naturalmente se constituem de mosaicos formados por manchas de habitats de diversos tipos de vegetação, bem como o relevo mais acidentado na porção norte da BAP, no Mato Grosso, o que resulta em maior grau de conservação de vegetação em encostas.

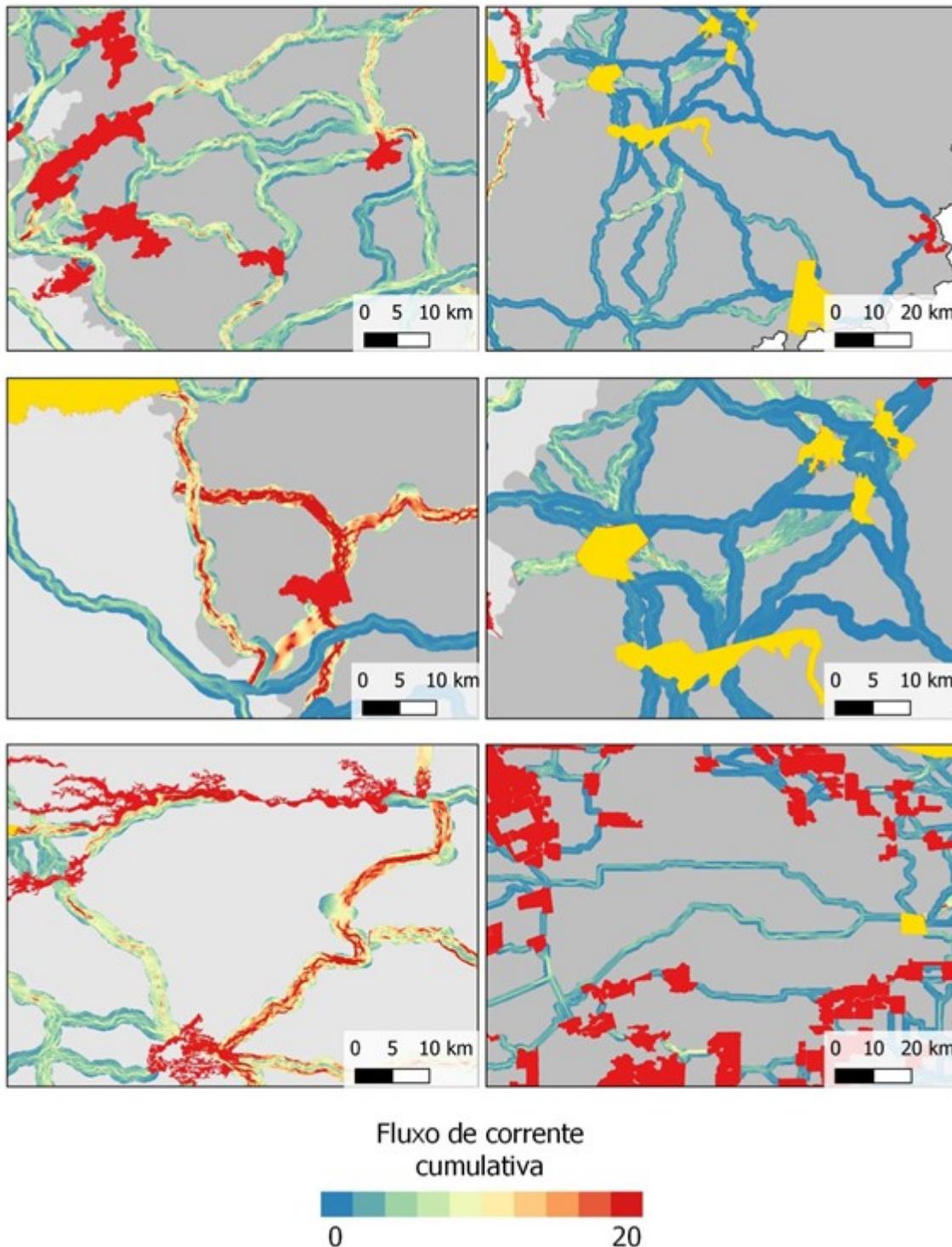


Figura 9. Exemplos de variação nos valores de fluxo de corrente cumulativa entre corredores de biodiversidade de ambientes florestais e savânicos na Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, na Bolívia e no Paraguai.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O mesmo padrão foi encontrado nos corredores de ambientes savânicos com os corredores com valores abaixo da média localizados principalmente no Cerrado e Chaco e corredores acima da média na planície pantaneira (Figura 10). Como esperado, a conectividade na região do Pantanal e na Floresta Chiquitana da Bolívia são as que oferecem melhor conectividade no contexto da BAP em função do maior grau de conservação das paisagens nestas regiões.

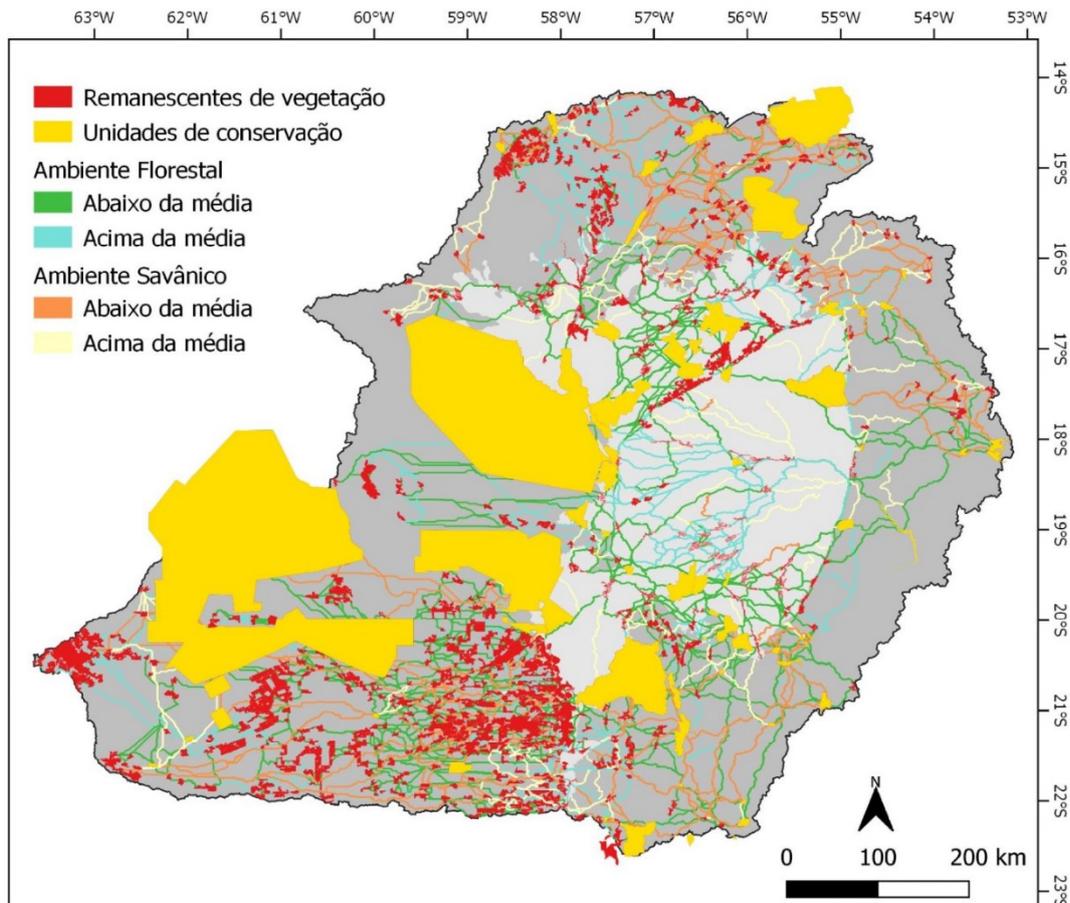


Figura 10: Valores médios de fluxo de corrente cumulativa abaixo ou acima da média geral em corredores de biodiversidade mapeados na Bacia do Alto Paraguai, no Brasil, na Bolívia e no Paraguai. Em vermelho estão representados os nodos de remanescentes de vegetação nativa; em amarelo estão representados os nodos de unidades de conservação e Terras Indígenas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A adoção dos corredores para a priorização de alvos de restauração da conectividade é uma etapa necessária para a definição de políticas públicas e estratégias de uso conservacionista da terra, e deve considerar o valor de fluxo de corrente cumulativa do corredor como indicador de permeabilidade à dispersão de espécies e o tipo de ambiente que se busca conectar (e.g. Lechner et al. 2015). As opções de corredores indicadas no processo de modelagem não necessariamente representam um caminho sem dificuldades para a movimentação animal ou outros processos ecológicos dependentes da conectividade na paisagem. Portanto, os valores do fluxo de corrente cumulativa indicam, dentro da faixa de um corredor, áreas favoráveis para a movimentação da fauna e áreas onde esta movimentação é restringida, seja por fragmentação de ambientes contínuos em função de atividades humanas, seja em ambientes de mosaicos naturais. Considerando os

valores de fluxo de corrente, pode-se diferenciar corredores que oferecem baixa ou alta resistência ao movimento, em áreas muito modificadas por intervenções antrópicas na paisagem (Figura 11). Entretanto, corredores com baixos valores de fluxo de corrente cumulativa em áreas em que as paisagens foram alteradas e fragmentadas podem ser considerados corredores que apresentam baixa qualidade (maior resistência) e, portanto, devem ser considerados prioritários para restauração. Essa baixa qualidade não significa, entretanto, que não sejam corredores funcionais, já que foram identificados através da modelagem de Caminhos de Menor Custo dentre todas as possibilidades existentes nas paisagens. Assim, são consideradas as melhores opções dentro do contexto em que se encontram. Nesses casos, a modelagem da permeabilidade desses corredores, baseada na Teoria dos Circuitos Elétricos, permite identificar os pontos críticos para a melhoria da conectividade (Figura 12). Em paisagens naturalmente compostas por um mosaico de ambientes florestais e savânicos, muito comuns no Pantanal, é preciso interpretar corretamente esta condição, já que a restauração não é uma estratégia aplicável neste caso (Figura 13). Em suma, é preciso diferenciar o contexto em que cada corredor está inserido e o que a análise de qualidade indica.

Finalmente, uma certa flexibilização pode ser adotada para identificar rotas alternativas em escala local em função de limitações, decisões tomadas por proprietários rurais e objetivos específicos dos tomadores de decisão públicos e privados no sentido de selecionar rotas mais desejáveis localmente. Um exemplo pode ser observado na Figura 12 onde, além de estarem apontados os locais do corredor que requerem ações para restaurar e melhorar a conectividade, pode-se também examinar uma rota alternativa através de fragmentos maiores à direita (leste) do corredor modelado. Nestes casos, é preciso entender que o caminho de menor custo selecionou a melhor rota baseando-se na resistência de matriz, incluindo a priorização de menores distâncias entre fragmentos. No entanto, nada impede que o corredor seja desviado para os fragmentos maiores, caso esta decisão vier acompanhada de melhoria de conectividade entre estes fragmentos de vegetação nativa. Para tanto, estes desvios localizados devem ser examinados para identificar trechos que requeiram restauração ou melhoria da conectividade de modo a torná-los boas alternativas ao que a modelagem já identificou como um caminho de menor custo. Essa flexibilidade deve ser aplicada apenas pontualmente para que não se perca a objetividade com que a escolha das rotas de conexão foi realizada pela modelagem, numa escala mais ampla que a local.

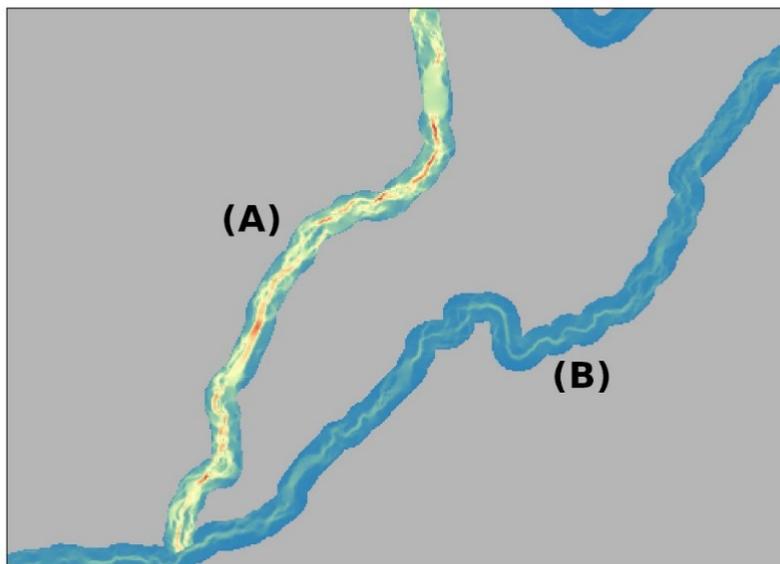


Figura 11. Exemplo de trechos de corredores ecológicos com diferentes valores de fluxo de corrente cumulativa, indicando a “qualidade do corredor”. Corredor A com alto fluxo de corrente cumulativa e corredor B com baixo fluxo de corrente cumulativa, teoricamente com poucas áreas favoráveis para a movimentação da fauna e outros processos ecológicos.

Fonte: Elaborada pelos autores.

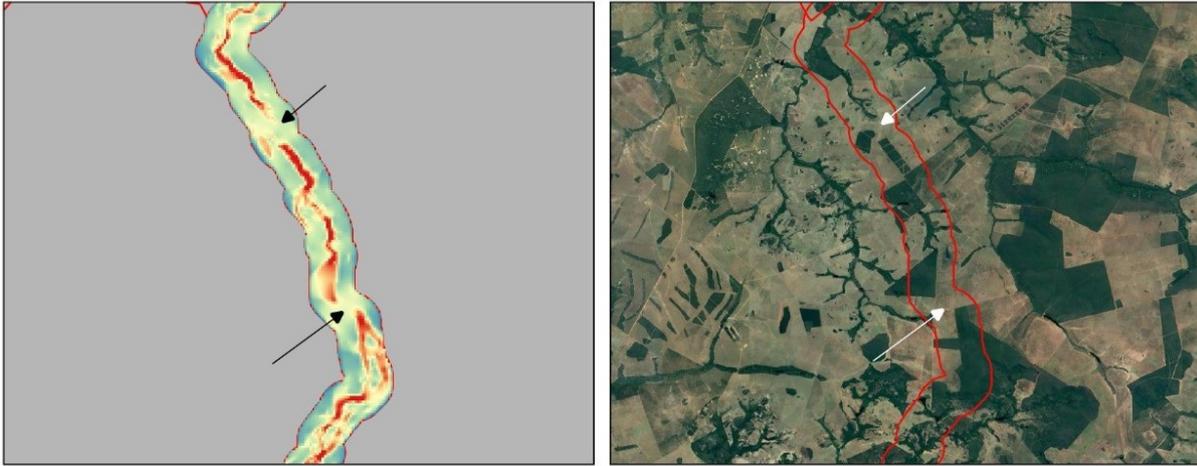


Figura 12. Áreas de interrupção para a passagem de fauna dentro de um corredor de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai, em função da fragmentação da vegetação nativa. À esquerda o fluxo de corrente cumulativa do corredor e, à direita, a representação da área desmatada, indicando áreas-alvo para restauração ou melhoria da conectividade (áreas mais claras).

Fonte: Elaborado pelos autores.

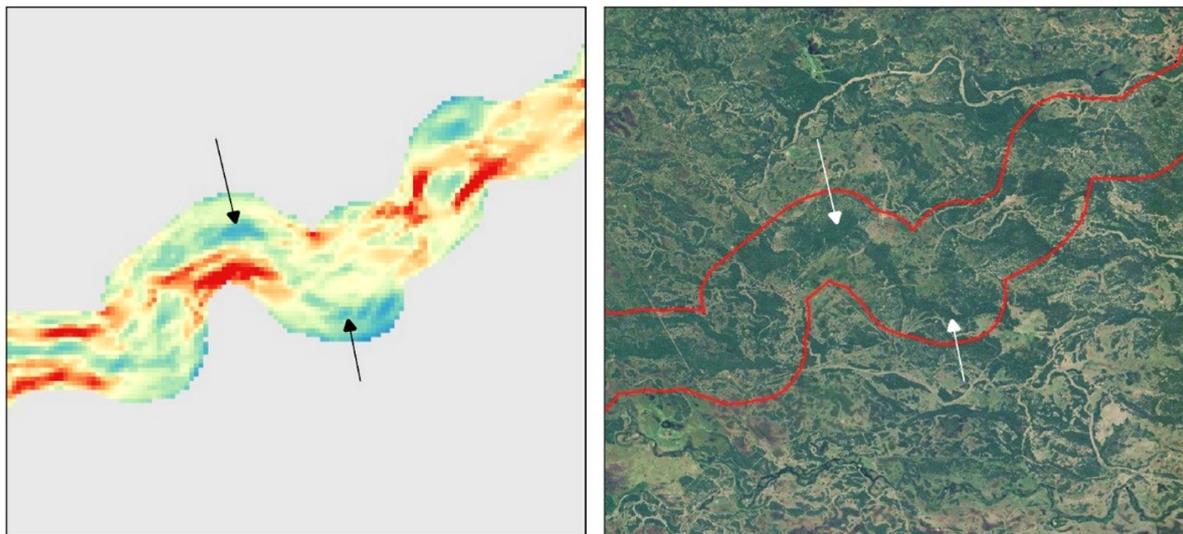


Figura 13. Corredor de biodiversidade para ambientes savânicos em paisagem natural em mosaico e conservada no Pantanal, com as setas indicando áreas florestais apresentando baixo fluxo de corrente cumulativa (à esquerda) para espécies de savanas. À direita, a representação deste corredor sobre uma imagem de satélite. Estas condições naturais não são alvos indicados para ações de aumento de conectividade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para uso prático, nas regiões da BAP onde as paisagens foram extensivamente alteradas e os diferentes tipos de vegetação encontram-se fragmentados, a aplicação da modelagem baseada na Teoria dos Circuitos Elétricos deve ser aplicada para identificar pontos ou trechos onde a restauração deve ser priorizada. Esse diagnóstico pode compor estratégias de boas práticas voltadas para certificação, programas de incentivo à restauração, processo de compensação ambiental e avaliação de impactos ambientais. Desta forma, órgão públicos ligados ao meio ambiente e desenvolvimento podem se beneficiar deste tipo de diagnóstico, assim como empreendedores de obras viárias, hidrelétricas, de mineração e outros tipos de empreendimentos causadores de impactos que vão além da área de influência direta, contribuindo com a otimização de recursos e ganho em efetividade nos processos de compensação ambiental, restauração e conservação.

3.6. Métricas quantitativas e qualitativas complementares

Grande parte dos corredores de biodiversidade identificados através do método de Caminho de Menor Custo (LCP) propicia um número relativamente pequeno de conexões com o conjunto de nodos selecionados como alvo. De um modo geral, 87,2% dos corredores oferecem até quatro conexões entre nodos, dos quais 49% são restritos a apenas uma conexão; 10,8% de todos os corredores mapeados oferecem de 5 a 10 conexões e apenas 2% mais de 10 conexões entre nodos. Os corredores de ambientes florestais possuem um cenário semelhante, com 95% dos corredores oferecendo até quatro conexões e 59,4% com apenas uma conexão. Para os ambientes savânicos 28,8% dos corredores oferecem apenas uma conexão, 72,1% apresentam até quatro conexões, 22,2% oferecem de cinco a dez conexões, e apenas 5,7% apresentam mais de 10 conexões entre nodos.

Um total de 683 corredores são intersectados por rodovias asfaltadas ou melhor estruturadas, sendo que 406 são corredores de ambiente florestal e 277 de ambiente savânico (Figura 14). Por outro lado, 81 corredores, sendo 59 de ambientes florestais e 22 de ambientes savânicos, são intersectados por ferrovias (Figura 14). Isso indica que estratégias de mitigação de impactos gerados pela infraestrutura de transporte (atropelamento e efeito de barreira) sejam priorizadas utilizando, entre outras informações, os pontos de intersecção com os corredores.

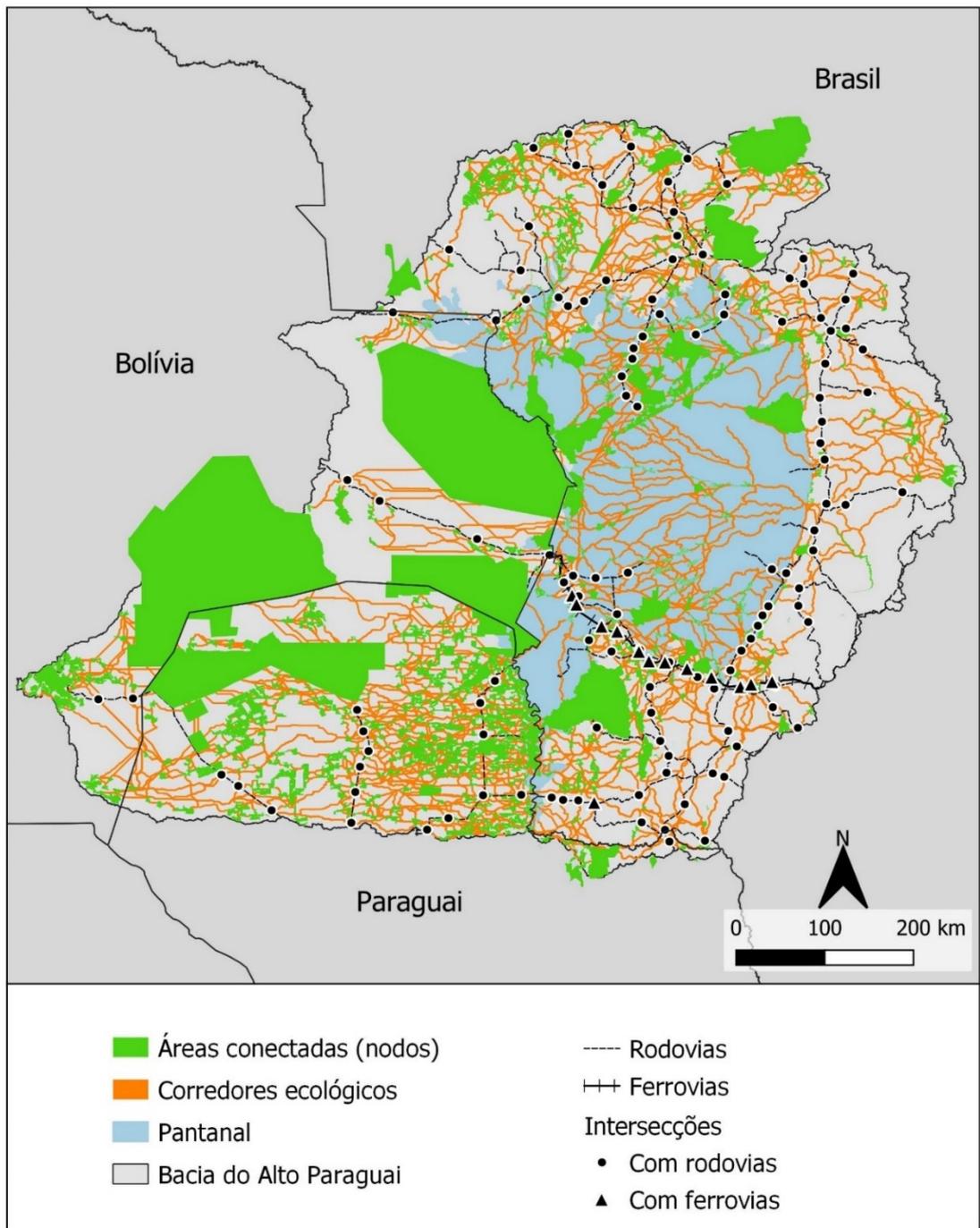


Figura 14. Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai (BAP), no Brasil, na Bolívia e no Paraguai, identificados a partir de uma análise de Caminho de Menor Custo (LCP) e sua intersecção com a infraestrutura de transporte. Em verde estão os alvos de conectividade (áreas protegidas, terras indígenas e remanescentes de vegetação nativa) cinza claro está a planície do Pantanal, em azul a planície do Pantanal e em cinza claro as terras altas da Bacia do Alto Paraguai.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

3.7. Nodos e de corredores de biodiversidade no lado brasileiro da Bacia do Alto Paraguai

No lado brasileiro, os nodos e corredores finais propostos formam uma malha cobrindo de forma equilibrada a Bacia do Alto Paraguai (Figura 15). Os nodos, alvos a serem conectados, constituem a base para o estabelecimento de uma estratégia que busque garantir a conectividade na escala regional, sem os quais os corredores identificados perdem a relevância, já que estes são os conectores entre estas áreas-nodo. Neste sentido, os nodos que não correspondem a áreas formalmente protegidas atuais podem ser considerados como áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade na BAP, fundamentalmente porque correspondem às maiores áreas de remanescentes de vegetação nativa, tanto florestais quanto savânicos. Como áreas prioritárias para a conservação, elas devem ser alvo de políticas públicas de incentivo à proteção, não necessariamente para o estabelecimento de unidades de conservação públicas. No entanto, outras estratégias podem ser adotadas e incentivadas visando a sua proteção, como o estabelecimento de RPPNs, localização de áreas reserva legal e programas de incentivo.

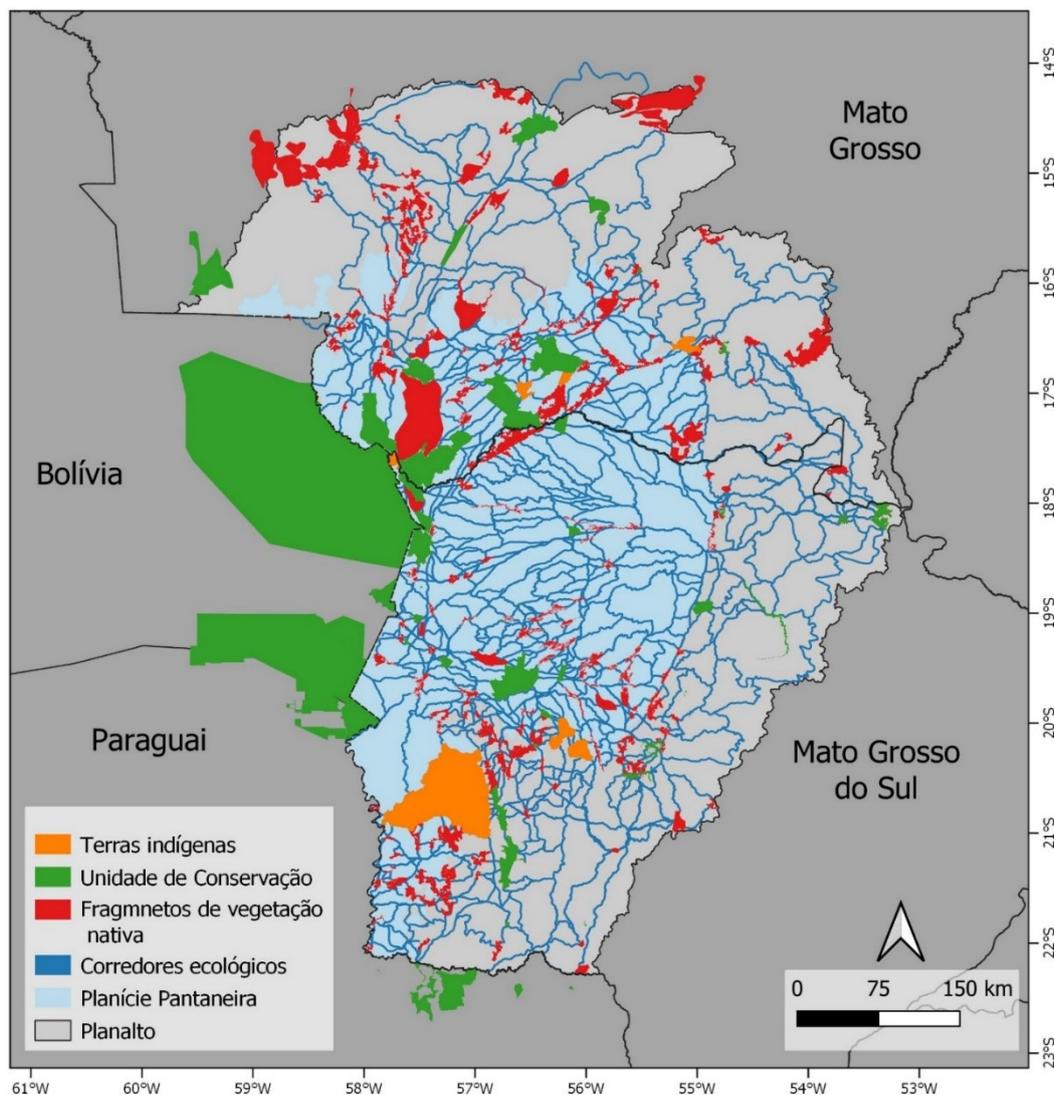


Figura 15. Nodos e corredores de biodiversidade propostos para o lado brasileiro da Bacia do Alto Paraguai, onde os nodos de unidades de conservação (verde), Terras Indígenas (laranja) e remanescentes de vegetação nativa (vermelho) estão discriminados. Os corredores estão representados em faixas de 1 km (em azul escuro). Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto aos corredores de biodiversidade indicados na Figura 15, é preciso esclarecer que não se constituem uma nova forma de Área de Preservação Permanente (APP). Na verdade, muitos destes corredores são constituídos de faixas de APP ao longo de drenagens e encostas, as quais permitem naturalmente a conectividade entre nodos. Fora esta condição já legalmente protegida como APP, os demais corredores podem ser protegidos de várias formas, incluindo priorização de localização de Áreas de Reserva Legal, estabelecimento de RPPNs, programas de incentivo à sua conservação e uso sustentável, bem como induzidas por critérios de certificação da unidade produtiva (propriedade rural) e/ou seus produtos. Além disso, podem também ser adotados como camadas de informação adicional para processos de licenciamento, ajudando no julgamento das melhores opções para intervenções na paisagem rural, como a supressão da vegetação nativa. Os nodos e corredores podem também serem usados como parâmetros para definir valor ecológico em sistemas de compensação ambiental, seja através de identificação e de negócios através de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) ou arrendamento. Finalmente, em paisagens já modificadas por atividades antrópicas, esses corredores podem servir de base para priorizar áreas para restauração ecológica, incluindo trechos em que as faixas de preservação permanente estejam degradadas. Neste sentido, o mapa de corredores apresentado na Figura 15 constitui um instrumento de gestão territorial capaz de otimizar o uso de recursos e ajudar a compatibilizar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental.

A iniciativa de se estabelecer corredores de biodiversidade como uma base de apoio para estratégias de desenvolvimento sustentável não é nova, já que mesmo na região do Pantanal esse aspecto foi inserido do zoneamento ecológico-econômico (ZEE) do Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2015), com a indicação de um Corredor Central correspondente à Serra de Maracaju, atravessando todo o estado ao longo da borda leste do Pantanal, dois Corredores Transfronteiriços (Paraná, a leste, Paraguai a oeste), sete Corredores Arteriais (Maracaju-Paraná, Rio Amambai, Rio Ivinhema, Rio Pardo, Rio Verde, Rio Sucuriú e Rio Aporé), e o corredor Maracaju-Paraguai composto por 3 corredores secundários (Rio Taquari, Rio Miranda e Rio negro) (Mato Grosso do Sul, 2015). Estes corredores, no entanto, abordam a escala regional da conectividade, e apenas 5 deles incidem sobre a Bacia do Alto Paraguai e Pantanal. Apesar de sua relevância como proposta para abordar a conservação na escala estadual, eles não se adequam à conectividade na escala da paisagem de forma a contemplar as propriedades individuais, que são a instância básica de tomada de decisão no meio rural. Desta forma, os corredores propostos neste Documento servem de apoio a esta escala de tomada de decisões, e estão mais aderentes ao desafio de manutenção de populações locais de espécies da fauna e da flora. Além disso, somando-se à sua escala de paisagem, os corredores agora propostos formam uma malha que atinge a escala regional, dada sua abrangência e conectividade para toda a bacia do rio Paraguai no Brasil. Portanto, é fundamental considerar estes dois planejamentos territoriais como absolutamente complementares, mas atuando em escalas diferentes das estratégias de conservação. Neste sentido, os corredores propostos no ZEE do Mato Grosso do Sul servem ao planejamento do desenvolvimento em escala estadual, enquanto os corredores propostos neste Documento servem de apoio às decisões mais locais, incluindo licenciamento de atividades rurais, obras de infraestrutura, esquemas de certificação da produção agrícola e pecuária, elegibilidade de propriedades para programas de incentivos à sustentabilidade e para linhas de crédito diferenciadas, entre outros processos indutores da compatibilização entre conservação da biodiversidade e atividades econômicas.

As faixas de corredores propostos não significam que sejam áreas que não possam ser utilizadas para atividades econômicas. Se o fossem, se equiparavam a áreas de APP, o que não é o seu objetivo. No entanto, há diversas situações em que os Caminhos de Menor Custo selecionados na modelagem correspondem às APPs nos planaltos e mesmo no Pantanal, ao longo de cursos d'água. Por outro lado, em paisagens complexas e heterogêneas como a do Pantanal, os corredores buscam rotas que oferecem a melhor probabilidade de movimentação pelo conjunto de espécies utilizadas como alvo na modelagem (ver exemplo na Figura 18). Assim, as atividades pecuárias podem perfeitamente continuar a ser desenvolvidas nestas faixas, desde que a paisagem não seja modificada, por exemplo, para a implantação de pastagens cultivadas que, necessariamente, pressupõe a supressão da vegetação nativa e simplificação da paisagem. Assim, essas faixas de corredores podem servir de orientação para a localização da Área de Reserva Legal (ARL), por exemplo. Adicionalmente, em situações em que a propriedade rural necessite substituir a vegetação nativa para implantação de pastagens cultivadas, essas faixas servem de referências para a seleção de áreas alternativas dentro da propriedade, preservando os corredores de biodiversidade. Essa pode ser uma estratégia relevante na compatibilização da produção pecuária com a conservação, uma vez que oferece parâmetros objetivos para a tomada de decisões e para o planejamento das intervenções nas propriedades rurais.



Figura 16. Faixa de corredor de biodiversidade (faixa em amarelo) em paisagem natural no Pantanal. Notar a conectividade maior entre manchas de ambientes florestais na rota selecionada pela modelagem.
Fonte: Elaborado pelos autores sobre imagem do GoogleEarth (2022)

Embora os corredores ecológicos tenham reconhecida eficácia na manutenção da biodiversidade (Hilty et al. 2006), especialmente em áreas relevantes como o Pantanal, é necessário entender melhor as barreiras à sua implantação, conservação e restauração, bem como as formas como estes podem, de fato, ser convertidos em leis e adotados pelo poder público como parâmetros para planejamento territorial. O envolvimento dos principais atores no âmbito das atividades econômicas no meio rural (proprietários, populações tradicionais, órgãos ambientais, comunidade científica, setor de transporte, sistema financeiro e certificadoras, entre outros) é um passo fundamental para a efetiva compreensão, reconhecimento, adoção e conservação dos corredores de biodiversidade como um instrumento chave na busca do desenvolvimento sustentável.

No cenário atual, em que o Brasil e o mundo enfrentam um desafio enorme em relação às questões ambientais, principalmente em função do aumento das diversas formas de poluição, emissão de carbono e o consequente aquecimento climático global, bem como a perda da biodiversidade (Baste; Watson, 2022; Bradshaw et al. 2021; Pettorelli et al. 2021; Bustamante et al. 2019; Essel et al. 2017), será cada vez mais necessário o estabelecimento de estratégias que ajudem a mitigar os impactos das atividades humanas, inclusive por questões mercadológicas. Para tanto, torna-se estratégico estabelecer estratégias de desenvolvimento sustentável com base em critérios auditáveis, cientificamente embasados e providos de suficiente credibilidade para enfrentar a crescente competição nos mercados internacionais. Neste contexto, a adoção de critérios de planejamento do uso da terra com vistas a garantir a manutenção de serviços ecossistêmicos, da biodiversidade e de estoques de carbono, entre outros, será fundamental para o país abordar as fragilidades que possam existir associadas à sua produção agrícola e pecuária. Neste sentido, os corredores propostos podem contribuir com o enfrentamento tanto da crise ambiental global como dos desafios crescentes frente aos mercados e consumidores.

3.8. Prospecção participativa sobre políticas públicas e estratégias para conservação e restauração dos corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai no Brasil

Os participantes do workshop “Workshop - Corredores de Biodiversidade – Bacia do Alto Paraguai” listaram 15 temas relacionados com os corredores de biodiversidade, para os quais foram identificados 42 problemas ou obstáculos à divulgação, ao reconhecimento, à adoção, à implementação, à restauração e à conservação dos corredores. Foram sugeridas 73 soluções e/ou estratégias para promover a implementação dos corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai no Brasil (Tabela 3). Vale ressaltar que algumas soluções indicadas pelos participantes antecederam a aprovação da Lei Federal nº 14.119/2021, que estabeleceu a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA) (Brasil, 2021b). Além disso, o estado de Mato Grosso do Sul estabeleceu sua Política de pagamento de serviços ambientais em 2018 (Mato Grosso do Sul, 2018) e, em 2019, implementou o Comitê Gestor e Regulador do Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (Mato Grosso do Sul 2019). Estas políticas públicas, então, dão respaldo às proposições feitas pelo grupo de participantes.

Tabela 3. Sugestões de temas, problemas/obstáculos e soluções/estratégias para implementação, conservação e restauração dos corredores de biodiversidade, compilados durante o evento, realizado virtualmente em 25 de fevereiro de 2021:

| Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|-----------------|--|---|
| 1 Ambientais | 1.1. Dificuldade de implementação de medidas mitigadoras durante o processo de licenciamento ambiental para mitigar impactos em áreas de corredores de biodiversidade que são intersectados por rodovias e ferrovias | 1.1.a. Exigência de apresentação de bons diagnósticos ambientais por parte de empreendedores, com a inclusão desse tipo de impactos na AIA e realização de monitoramento ambiental da fauna nestes trechos, direcionado aos impactos específicos. |
| | | 1.1.b. Estabelecer estratégias de compensação ambiental dentro do processo de licenciamento de obras de infraestrutura de transporte |
| | | 1.1.c. Governos adotarem o mapa de corredores para priorização na alocação de áreas prioritárias para compensações ambientais |
| | | 1.1.d. Desenvolvimento de políticas públicas que reconheçam/priorizem o papel dos corredores em processos de licenciamento, compensações, PSA, critérios de cálculo de ICMS ecológicos, entre outros. |
| | | 1.1.e. Inclusão da análise dos impactos potenciais da infraestrutura de transporte sobre a vida selvagem, com a exigência de medidas funcionais e estruturais para mitigar impactos |
| | 1.7. Disponibilidade de informações georreferenciadas sobre os corredores e nodos | 1.2.a. Disponibilizar uma base de dados completa e autoexplicativa sobre os corredores, os nodos, as áreas protegidas, as barreiras, a estrutura de transporte e as demais informações relevantes, incluindo as áreas prioritárias para restauração, para uso por órgão ambientais, iniciativa privada, academia, consultores ambientais, entre outros. |

| | Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|---|---------------------------------------|--|--|
| 2 | Incentivos Fiscais e outros | 2.1. Falta de claros incentivos econômicos para proprietários rurais implementarem e/ou manterem corredores, além do mínimo estabelecido para APP e ARL. | 2.1.a. Estabelecer programas e políticas de financiamento da produção, incentivos fiscais e outras formas de remuneração para propriedades rurais que conservam e/ou restauram os corredores de biodiversidade** |
| | | 2.2. A maioria dos corredores está dentro de áreas privadas e fora de áreas de reserva legal ou RPPNs | 2.2.a. Estabelecer programas e políticas de financiamento da produção, incentivos fiscais e outras formas de remuneração para propriedades rurais que conservam e/ou restauram os corredores de biodiversidade** |
| | | 2.3. Falta de um Programa "corredores na BAP" com financiamento de longo prazo, para implementar os corredores e garantir sua conservação e recuperação. | 2.3.a. Criação de um comitê internacional (Brasil, Bolívia e Paraguai) sobre corredores na BAP, que pode estar "vinculado" ao UNEP-WCMC e IUCN, particularmente. |
| | | | 2.3.b. Articular as iniciativas através da iniciativa Protected Planet (www.protectedplanet.net), por ser importante ter captação financeira de longo prazo |
| | | | 2.3.c. Estabelecer parcerias com institutos internacionais para apoio à implementação/conservação dos corredores |
| | | | 2.3.d. Incluir a criação (adoção e proteção) dos corredores como parâmetros para definição de cotas do ICMS ecológico |
| | | 2.3.e. Desenvolvimento de políticas públicas que reconheçam e priorizem o papel dos corredores em processos de licenciamento, compensações, PSA, entre outros. | |
| 3 | Áreas prioritárias para a conservação | 3.1. Falta de legislação específica para garantir a oficialização, proteção e restauração dos corredores de biodiversidade | 3.1.a. Elaborar legislação específica para a conservação e restauração dos corredores de biodiversidade |

| Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|-------|--|--|
| 3 | | <p>3.1.b. Implementar os corredores no ZEE ou instrumento semelhante na escala da BAP, envolvendo diferentes países e os estados de MT e MS.</p> <p>3.1.c. Implementar o ZEE na escala municipal com integração ao Plano Diretor, e inserindo os corredores de biodiversidade</p> <p>3.1.d. Adotar os nodos e os corredores de biodiversidade como áreas prioritárias para a conservação, restauração e compensação ambiental, tanto nas esferas estadual e federal quanto municipal**</p> |
| 4 | <p>3.2. Indisponibilidade de informações georreferenciadas sobre os corredores e nodos</p> <p>4.1. Não há política específica que priorize os corredores de biodiversidade como áreas prioritárias ou mais valorizadas para a compensação de déficits de reserva legal*</p> <p>4.7. Indisponibilidade de informações georreferenciadas sobre os corredores e nodos</p> | <p>3.2.a. Disponibilizar uma base de dados completa e autoexplicativa sobre os corredores, os nodos, as áreas protegidas, as barreiras, a estrutura de transporte e as demais informações relevantes, incluindo as áreas prioritárias para restauração, para uso por órgão ambientais, iniciativa privada, academia, consultores ambientais, entre outros.</p> <p>4.1.a. Governos adotarem o mapa de corredores para priorização na alocação de RL e de compensação</p> <p>4.1.b. Inserir os corredores de biodiversidade na priorização de áreas visando compensação ambiental via <i>offsetting</i> baseado na equivalência ecológica** (Tomas et al. 2018)</p> <p>4.2.a. Disponibilizar uma base de dados completa e autoexplicativa sobre os corredores, os nodos, as áreas protegidas, as barreiras, a estrutura de transporte e as demais informações relevantes, incluindo as áreas prioritárias para restauração, para uso por órgão ambientais, iniciativa privada, academia, consultores ambientais, entre outros.</p> |
| 5 | <p>Localização de Reserva Legal</p> <p>5.1. Potencial baixa adesão de proprietários rurais na aceitação, instalação de corredores e na manutenção da integridade e conservação da estrutura dos mesmos.</p> | <p>5.1.a. Desenvolvimento de políticas públicas que reconheçam/priorizem o papel dos corredores em processos de licenciamento, compensações, PSA, critérios de cálculo de ICMS ecológicos, bem como incentivos fiscais, entre outros.</p> |

| Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|----------|---|---|
| 5 | 5.2. Falta de política para definir a localização prioritária da reserva legal baseada na conectividade da paisagem* | 5.2.a. Governos assumirem o mapa de corredores para priorização na alocação de RL e compensações ambientais |
| | 5.2. Indisponibilidade de informações georreferenciadas sobre os corredores e nodos | 5.2.a. Disponibilizar uma base de dados completa e autoexplicativa sobre os corredores, os nodos, as áreas protegidas, as barreiras, a estrutura de transporte e as demais informações relevantes, incluindo as áreas prioritárias para restauração, para uso por órgão ambientais, iniciativa privada, academia, consultores ambientais, entre outros. |
| 6 | Atividades Extrativistas e Sustentáveis 6.1. Falta de políticas de incentivo e capacitação para uso sustentável de recursos naturais em áreas de corredores de biodiversidade* | 6.1.a. Fomento de atividades de baixo impacto no entorno dos corredores, tais como mel de abelha sem ferrão, coleta de frutos e sementes, envolvendo povos tradicionais e indígenas. 6.1.b. Estruturação de um mercado de sementes de espécies nativas e mudas para uso em processos de restauração e recomposição da vegetação nativa, inclusive em corredores de biodiversidade |
| 7 | Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas 7.1. Falta de cumprimento das metas do acordo de Aichi* | 7.1.a. Cumprimento de acordos internacionais, exemplo metas específicas do acordo de AICHI por parte dos governos 7.1.b. Vincular os corredores de biodiversidade a projetos em parcerias na execução de planos de recursos hídricos, recuperação de bacias hidrográficas e garantia da segurança hídrica |
| 8 | Governança 8.1. Falta de Governança e harmonização legal sobre corredores ecológicos na BAP 8.2. Não há uma plataforma de monitoramento de uso e cobertura do solo em escala nacional ou estadual que forneça dados "on the fly" e em tempo real. | 8.1.a. Criação de um comitê internacional e comitês nacionais e estaduais sobre corredores na BAP. 8.2.a. Unificar toda plataforma de dados espaciais em uma estrutura similar à INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do IBGE, para apoiar a tomada de decisão 8.2.b. Convênios com órgãos e institutos que fazem monitoramento da vegetação e observação da Terra. Investimento em uso de dados |

| Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|-------|--|---|
| 8 | 8.3. Falta de governança sobre áreas privadas onde estão localizados os corredores | de satélites. 8.3.a. Adicionar corredores ecológicos como uma categoria de área protegida de uso sustentável (sem necessidade de desafetação, como APA ou RDS) dentro da legislação federal, estadual ou municipal |
| | 8.4. Instâncias de tomada de decisão atuam isoladamente. | 8.4.a. Fusão/integração da legislação ambiental com a inclusão de corredores de biodiversidade. |
| | 8.5. Baixa efetividade dos mecanismos de pagamento de multas ambientais | 8.5.a. Conversão de multas ambientais (via PASP do IBAMA) para viabilizar a restauração e manutenção dos corredores. 8.5.b. Criar mecanismos conciliatórios que deem maior celeridade nos processos de pagamento de multas |
| | | 8.5.c. Adotar programas de governo voltados para a biodiversidade, como o BIOTA MS, como base de dados para tomada de decisões |
| | | 8.5.d. Implementar o ZEE na escala municipal com integração ao Plano Diretor, incluindo a observância dos corredores de biodiversidade e os corredores de escala regional |
| | | 8.5.e. Desenvolvimento de políticas públicas que reconheçam/priorizem o papel dos corredores em processos de licenciamento, compensações, PSA, critérios de cálculo de ICMS ecológicos, entre outros. |
| | | 8.6. Ausência de planejamento visando a garantir a conectividade aquática e pulso de inundação |
| | 8.7. Indisponibilidade de informações georreferenciadas sobre os corredores e nodos | 8.2.a. Disponibilizar uma base de dados completa e autoexplicativa sobre os corredores, os nodos, as áreas protegidas, as barreiras, a estrutura de transporte e as demais informações relevantes, incluindo as áreas prioritárias para restauração, para uso por órgão ambientais, iniciativa privada, academia, consultores ambientais, entre outros. |
| 9 | Pagamento de Serviços Ambientais 9.1. PSA não há procedimentos legais para efetivar pagamento dos serviços ecossistêmicos na BAP*** (ver rodapé desta tabela) | 9.1.a. Regulamentar programas de pagamento por serviços ambientais na BAP, incluindo os corredores como estratégia de manutenção de serviços*** |

| | Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|----|------------------------------|---|--|
| 9 | | 9.2. Ausência de editais para pagamentos de serviços ambientais | 9.2.a. Elaborar projetos de captação de recursos e elaboração de editais para pagamento de serviços ambientais |
| | | | 9.2.b. Priorizar a implantação de programas de PSA em áreas identificadas como prioritárias, como corredores e nodos de remanescentes de vegetação nativa, a fim de focar os recursos que venham a ser disponibilizados para este fim. |
| | | | 9.2.c. Desenvolvimento de políticas públicas que reconheçam/priorizem o papel dos corredores em processos de licenciamento, compensações, PSA, critérios de cálculo de ICMS ecológicos, entre outros. |
| 10 | Comunicação e Sensibilização | 10.1. A falta de reconhecimento político sobre a importância dessas áreas de corredores | 10.1.a. Divulgar por meios adequados o desafio e a relevância dos corredores para a sustentabilidade ambiental, junto a tomadores de decisão e definidores de políticas públicas, nos âmbitos municipal, estadual e federal. |
| | | 10.2. Dificuldade em estabelecer contato e construir soluções viáveis que resultem numa boa aceitação por parte do setor produtivo. | 10.2.a. Criar um canal de diálogo com proprietários rurais e ouvir suas sugestões. Levantar quais benefícios aqui listados são mais atrativos para este público. |
| | | 10.3. Resistência/falta de recursos dos governos municipais para implementar políticas públicas para corredores. | 10.3.a. Incluir criação dos corredores no ICMS ecológico |
| | | | 10.3.b. Incentivos para educação ambiental e maior participação de diversos atores (empreendedores, agronegócio) na discussão em workshops e em dias de campo |
| | | | 10.3.c. Fortalecer a divulgação/promoção dos corredores de biodiversidade como aliados de atividades econômicas locais. |
| | | | 10.3.d. Mapear e priorizar stakeholders para plano de comunicação e engajamento. |
| | | 10.3.e. Publicação de documento técnico sobre políticas públicas e instrumentos financeiros para a BAP orientadas para Corredores de Biodiversidade | |

| | Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|----|---|---|---|
| 11 | Temas Gerais | | 10.3.f. Articular o Executivo e o Legislativo, ouvindo a comunidade local para o estabelecimento das recomendações de uso e implementação das zoneamento ecológico-econômico. |
| | | 11.1. Matriz com atividades agropecuárias intensivas no entorno dos corredores em grandes áreas da BAP | 11.1.a. Identificar formas e estratégias voltadas para compatibilizar a atividade agrícola intensiva com a conservação, restauração e manutenção de corredores, incluindo estratégias de certificação, incentivos e financiamento da produção |
| | | 11.2. A falta de estudos integrando os corredores propostos (baseados em biodiversidade terrestre) com sistemas aquáticos e socioculturais ainda devem ser vistos como um problema/desafio. | 11.2.a. Parcerias com a academia para avaliar a integração de eixos de conectividade terrestre e aquática, e definir estratégias de conservação |
| | | 11.3. Não há um programa nacional ou estadual de monitoramento de biodiversidade que abranja um número minimamente adequado de amostras em escala de paisagem. | |
| | | 11.4. Falta de carteira de projetos para adesão do autuado por problemas ambientais, de forma a direcionar recursos oriundos de multas e outros mecanismos | |
| | | 11.5. Falta de integração da academia com o executivo municipal. | 11.5.a. Promover o diálogo e soluções integradas entre instâncias governamentais municipais e as Universidades, instituições de pesquisa e ministério público. |
| | | 11.6. Falta de uma estratégia que vise maior integração do agronegócio com a dimensão ambiental* | |
| | 11.7. Falta de engajamento dos stakeholders | 11.7.a. Promover o diálogo e soluções integradas entre stakeholders e as universidades, instituições de pesquisa e ministério público | |
| 12 | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2030 | 12.1. Falta de demonstração sobre como os corredores podem se adequar aos objetivos de desenvolvimento sustentável para 2030* | 12.1.a. Demonstrar como os corredores se aderem à agenda 2030 para os ODS |

| | Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|----|--------------------|---|---|
| 12 | | | 12.1.b. Redução de desigualdades sociais, melhoria do acesso a bens, serviços, programas e políticas públicas que promovam a qualidade de vida e reduzam os desequilíbrios regionais 12.1.c. Promover a cultura regional e valorização de produtos e serviços vinculados aos Corredores de Biodiversidade |
| 13 | Avanço Científico | 13.1. Faltam estudos sobre os requerimentos ecológicos de espécies chave para construir uma base de dados que permitam entender melhor os processos ligados à conectividade da paisagem e corredores. * | 13.1.a. Incentivar, apoiar e induzir estudos sobre os requerimentos ecológicos de espécies chave para construir uma base de dados que permitam entender melhor os processos ligados à conectividade da paisagem e corredores. * |
| | | 13.2. Falta de carteira de projetos para adesão do autuado por problemas ambientais, de forma a direcionar recursos oriundos de multas e outros mecanismos | 13.2.a. Apresentação de projetos no SISPRO/IBAMA por ONGs e instituições científicas em áreas localizadas nos corredores (PASP 1 e PASP 2) 13.2.b. Exigência de apresentação de bons diagnósticos ambientais por parte de empreendedores, com a inclusão desse tipo de impactos na AIA e realização de monitoramento ambiental da fauna nestes trechos, direcionado aos impactos específicos, com amplo envolvimento da academia |
| | | 13.3. Matriz com atividades agropecuárias intensivas no entorno dos corredores | 13.3.a. Incentivar, apoiar e induzir estudos que ajudem a entender os efeitos dos diferentes usos da terra na matriz ao longo dos corredores de biodiversidade* |
| | | 13.4. Falta de estudos de caso investigando quais fatores ambientais criam um corredor viável (funcional) | 13.4.a. Incentivar, apoiar e conduzir estudos de caso de uso de corredores com base na nova análise (separando estudos entre o planície e planalto, e entre as sub-regiões na planície) 13.4.b. Estabelecimento de uma rede de monitoramento de biodiversidade em escalas estaduais e regionais. Múltiplos métodos e participação de ciência cidadã |
| 14 | Planos de Negócios | 14.1. Falta de uma base para planos de negócios com inserção de corredores de biodiversidade | 14.1.a. Dar continuidade neste estudo integrando com aspectos aquáticos, socioculturais, econômicos, bem como serviços e desserviços ecossistêmicos |

| | Temas | Problemas/desafios | Soluções/estratégias |
|----|--------------|--|--|
| 14 | | | 14.1.b. Desenvolver uma economia competitiva e sustentável, com robusta identificação das conexões positivas entre recursos ambientais e setores econômicos de forma a consolidar, fomentar e dinamizar economias voltadas para o mercado externo e interno |
| | | | 14.1.c. Elaborar plano de negócios para iniciativas parceiras com corredores de biodiversidade e sua inserção como critério em avaliações de sustentabilidade ambiental |
| | | | 14.1.d. Promover a cultura regional e valorização de produtos e serviços vinculados aos Corredores de Biodiversidade |
| | | | 14.1.e. Integrar o ecoturismo aos corredores de biodiversidade |
| | | | 14.1.f. Articular o Executivo e o Legislativo, ouvindo a comunidade local para o estabelecimento das recomendações de uso e implementação das zonas ecológicas-econômicas, considerando as áreas prioritárias para conservação e os corredores de biodiversidade como plataformas para a sustentabilidade. |
| | | 14.2. Não existem mecanismos financeiros indutores da proteção e restauração de corredores de biodiversidade no meio rural | 14.2.a. Desenvolver critérios cientificamente embasados, auditáveis e críveis para servir de instrumento para avaliar a elegibilidade para programas de incentivo fiscal e linhas de crédito diferenciadas |
| 15 | Certificação | 15.1. Não existem critérios objetivos em sistemas de certificação da produção que incluam a conservação e a restauração de corredores de biodiversidade* | 15.1.a. Desenvolver indicadores e outros métodos de diagnóstico de propriedade e da produção visando à certificação da produção que incluam a conservação e a restauração de corredores de biodiversidade** |

*Inseridos pela equipe técnica para complementar sugestões dos participantes do workshop

**Sugestões da equipe técnica

*** Indicação anterior à aprovação da Lei Federal nº 14.119/2021, estabelecendo a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais- PNPSA- (Brasil, 2021b)

Tabela 4. Lista de instituições e número de respectivos participantes do evento “Workshop - Corredores de Biodiversidade – Bacia do Alto Paraguai”, realizado em 25 de fevereiro de 2021.

| Instituição | Sigla | Número de participantes |
|--|------------------|-------------------------|
| Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar | SEMAGRO | 2 |
| Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis | IBAMA | 1 |
| Fundação de Meio Ambiente do Pantanal - Corumbá | FMAPA | 3 |
| Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária | Embrapa Pantanal | 3 |
| Universidade Federal de Mato Grosso do Sul | UFMS | 2 |
| Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul | UEMS | 1 |
| Universidade Federal de Mato Grosso | UFMT | 1 |
| Instituto de Pesquisas Ecológicas | IPE | 1 |
| Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade | ICMBio | 1 |
| Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso | SEMA-MT | 1 |
| Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - MS | SEBRAE MS | 3 |
| Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - MT | SEBRAE MT | 1 |
| World Wildlife Fund - Brasil | WWF BR | 4 |
| World Wildlife Fund - Paraguai | WWF PY | 1 |
| World Wildlife Fund - Bolívia | WWF BO | 2 |
| Asociación Guyra Paraguay | GUYRA PY | 1 |
| Associação Onçafari | ONÇAFARI | 1 |
| Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul. | FUNDECT | 1 |
| Ecologia e Ação | ECOA | 1 |
| Consultores independentes | | 4 |

3.9. Contexto atual das políticas públicas e estratégias para a manutenção e melhoria da conectividade dos corredores ecológicos na Bacia do Alto Paraguai (Brasil, Bolívia e Paraguai)

Ainda existem grandes lacunas e desafios no que diz respeito à elaboração de políticas públicas direcionadas para a gestão e proteção de áreas de relevante interesse ambiental e social, tanto no Pantanal quanto em seu entorno. Dentre as leis, decretos e resoluções federais e estaduais brasileiras, percebe-se que ainda há uma dificuldade em se aplicar regras gerais, elaboradas para todas as regiões do país, nas condições específicas de uma planície de inundação com imensa variação espacial e temporal do nível da água, dos limites destes corpos d'água, e com uma paisagem caracterizada por um complexo mosaico de diferentes tipos de habitat, como é o caso do Pantanal. Uma das situações mais evidentes quando se trata de legislação e suas discrepâncias em relação ao Pantanal é a questão das Áreas de Preservação Permanente (APP) que, de acordo com a Lei 12.651/2012, devem ser protegidas nas margens de nascentes, lagos, lagoas, cursos d'água e veredas. A determinação da faixa de preservação permanente ao longo ou ao redor destes ambientes se baseia tanto na largura ou área do corpo d'água quanto na determinação do leito regular, o que é complexo de se determinar numa área úmida caracterizada pela instabilidade intra e interanual e os corpos d'água são, muitas vezes, estabelecidos em gradientes de inundação. Ao considerar a dinâmica do Pantanal, com ciclos de cheia e seca intra- anuais, bem como as imensas variações inter- anuais, é praticamente impossível tentar delimitar as APPs em todas as condições determinadas pela LPVN, dentro da planície do Pantanal. Por esta razão, é papel dos Estados organizar e viabilizar diretrizes e leis que delimitem as formas de uso alternativo do solo no Pantanal, levando em consideração a grande heterogeneidade, diversidade biológica e particularidades deste ecossistema. Adicionalmente, o Pantanal é considerado uma região de uso restrito cujo uso deve ser ecologicamente sustentável, de acordo com o Artigo 10º na Lei de Proteção da Vegetação Nativa - LPVN (o "novo Código Florestal"), inserido dentro do Capítulo das Áreas de Uso Restrito (AUR). No entanto, a legislação não fornece os parâmetros e critérios necessários para a definição da condição de uso restrito em planícies de inundação e nem aqueles que determinam o uso ecologicamente sustentável. Desta forma, a definição e a regulamentação destes parâmetros e critérios acaba sendo responsabilidade dos estados. Atualmente, existem legislações estaduais voltadas para a regulamentação do uso da terra no Pantanal, como a Lei 328/1982 e o Decreto 14.273/2015 do estado de Mato Grosso do Sul, e a Lei 8.830/2008 do estado de Mato Grosso, as quais não explicitam nenhuma orientação relativa à conectividade da paisagem e os corredores de biodiversidade, bem como critérios claros que caracterizem o uso restrito e ecologicamente sustentável (ver Tabela 5).

A legislação do Mato Grosso para o Pantanal, apesar de ser anterior à LPVN, incorporou um conceito inovador, o das Áreas de Conservação Permanente (ACP), as quais podem ser utilizadas para atividades econômicas, mas a supressão da vegetação nativa deve ser permitida apenas parcialmente Lei nº 8.830/2008. No momento em que este Documento está sendo elaborado, o estado de Mato Grosso está propondo regulamentações específicas para a substituição da vegetação nativa por pastagens cultivadas, que carecem de regulamentação detalhada, de forma a estabelecer limites que, ao mesmo tempo em que permitem uma melhoria das condições econômicas nas propriedades rurais, buscam garantir que o manejo das paisagens através da supressão da vegetação nativa atenda aos conceitos de uso restrito e uso ecologicamente sustentável. Isso implica que o uso da terra deve ser diferenciado em relação às propriedades localizadas fora do Pantanal (que não estão sob regime de uso restrito), com limites diferentes para supressão da vegetação nativa e, ao mesmo tempo, que adote estratégias que garantam a manutenção da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e dos processos ecológicos. Assim, a legislação naquele estado pode ser considerada adequada, já que o conjunto das exigências já existentes, como as Áreas de Preservação Permanente, as Áreas de Conservação Permanente e as Áreas de Reserva Legal, em seu conjunto, caracterizam o uso restrito e ecologicamente sustentável, ainda que careça, até o momento, de detalhamento e regulamentação de regras para intervenção nas paisagens. Assim, a adoção dos corredores de biodiversidade como um dos critérios para definir o licenciamento da supressão da vegetação pode, então, constituir um dos parâmetros necessários, garantindo a conectividade das paisagens no Pantanal e auxiliando na tomada de decisão em relação à supressão da vegetação nativa.

Já no Mato Grosso do Sul, o Decreto 14.273/2015, posterior à LPVN, estabelece critérios diferentes, com porcentagens diferenciadas para supressão da vegetação em ambientes campestres (savânicos) e florestais, ou seja, 60% e 50% de sua cobertura na propriedade, respectivamente. Assim, em situações específicas, a supressão pode chegar a 60% da vegetação nativa para a implantação de pastagens cultivadas. Pode-se argumentar que este percentual é comparável com a regulamentação que incide em propriedades fora do Pantanal, que não são de uso restrito, nas quais as Áreas de Preservação Permanente e Áreas de Reserva Legal, somadas, podem chegar a 40%, dependendo do relevo e da drenagem existente na sua área. Nestes casos, fica enfraquecido o conceito de uso restrito em casos em que a possibilidade de supressão da vegetação nativa permitida no Bioma Pantanal se equipare às condições de propriedades que não estão sob regime de uso restrito. A legislação estadual do Mato Grosso do Sul também não estabelece critérios espacialmente explícitos para orientar essas intervenções na paisagem, exceto as APPs e ARLs e, assim, os corredores de biodiversidade propostos neste Documento podem ajudar a minimizar os impactos por propiciar uma funcionalidade, que é a conectividade para espécies da fauna, mesmo em áreas sujeitas a supressões relativamente extensas da vegetação nativa.

Neste contexto, são fundamentais a avaliação e a indicação de estratégias que ajudem os estados na evolução das normas de uso da terra, bem como no atendimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A rede de corredores de biodiversidade propostos neste Documento tem exatamente este objetivo, propiciando apoio na tomada de decisões em diversas instâncias ligadas ao desenvolvimento sustentável e à conservação da biodiversidade no meio rural.

Adicionalmente, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) reconheceu o Pantanal como uma Reserva da Biosfera em novembro de 2000 (Reservas... 2022), cujos contornos definem uma área de 264.176 km² nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e uma pequena área de Goiás (o Parque Nacional da Emas). A categoria de Reservas da Biosfera foi estabelecida pela UNESCO em 1972, a partir do programa "O Homem e a Biosfera" (MAB), estruturado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em parceria com a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e agências internacionais de desenvolvimento. Reservas de Biosfera têm como objetivo o desenvolvimento sustentável, constituindo-se de um ambiente de diálogo, planejamento e busca de soluções para o desenvolvimento e a conservação. No Brasil, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na Lei 9.985/2000 (Brasil, 2000) reconheceu as Reservas da Biosfera como "um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais". Neste contexto, os corredores de biodiversidade podem se constituir numa ferramenta capaz de atender aos preceitos e objetivos estabelecidos quando da implementação da Reserva de Biosfera do Pantanal (RBP), notadamente por garantir uma base para o planejamento e/ou restauração da conectividade das paisagens para a flora e a fauna. Assim, é preciso encontrar mecanismos de inserção dos corredores propostos na agenda e estratégias da RBP, convergindo e harmonizando com aquilo que preconiza a LPVN em seu Artigo 10º.

Para a Bolívia, não foram encontradas leis específicas para o Pantanal, embora a Ley 404/2013 (Bolívia, 2013) aborda, em partes, estratégias de conservação para algumas regiões úmidas do país. Talvez um dos documentos mais representativos, que até o momento não foi convertido em lei específica, é a Estratégia para la Gestión Integral de los Humedales y Sitios Ramsar en Bolivia (Bolívia, 2017), que trata de várias ações e estratégias de médio e longo prazo para reduzir impactos e tornar mais eficiente a gestão ambiental de regiões como o Pantanal naquele país (Humedales). Já no Paraguai, a principal legislação é a Ley 350/1994 (Paraguay, 1994) aprovando a convenção de Ramsar, que trata das áreas úmidas de importância internacional, especialmente como habitat de aves aquáticas, não sendo encontradas outras legislações que tratam particularmente do Pantanal nesse país. Ainda que tais leis sejam relevantes e somem esforços para a conservação do Pantanal, elas não abordam, em nenhum momento, ferramentas e normas técnicas a serem adotados para se estabelecer iniciativas que promovam a conservação da conectividade das paisagens e os corredores de biodiversidade, além de áreas prioritárias para conservação e/ou restauração. Nesse sentido, percebe-se que se faz necessário estabelecer critérios técnicos e fomentar novas estratégias que possam ser aplicadas de forma ampla e que embasam a legislação, tornando-as mais técnicas, menos genéricas e burocráticas, facilitando as tomadas de decisão pelos gestores locais para a gestão das paisagens voltadas à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Tabela 5. Principais leis e decretos vigentes que tratam de forma direta ou indireta sobre os aspectos de conservação e gestão do Pantanal no Brasil, Paraguai e Bolívia.

| País | Legislação | Descrição |
|--------------------------------------|--|--|
| Brasil | Lei 12.651, 25 de maio de 2012 | Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis N.º 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 N.ºs 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 |
| | Reserva da Biosfera do Pantanal | Reconhecida pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco), na Comissão Internacional do Programa Homem e a Biosfera. Paris, 09 de novembro de 2000. |
| Brasil Mato Grosso do Sul | Lei Nº 328, de 25 de fevereiro de 1982 | Dispõe sobre a Proteção e Preservação Ambiental do Pantanal Sul Mato-Grossense |
| | Decreto Nº 1.581, de 25 de março de 1.982 | Regulamenta a Lei Nº 328, de 25 de março de 1982, que dispõe sobre a proteção e preservação do Pantanal Sul-Mato-Grossense. |
| | DECRETO Nº 7.122, de 17 de março de 1993 | Considera Estradas Parque trechos de rodovias estaduais da região do Pantanal. |
| | Decreto Nº 9.938, de 05 de junho de 2000 | Institui o Comitê Gestor da Área Especial de Interesse Turístico, denominada Estrada Parque Pantanal |
| | Decreto Nº 9.941 de 5 de junho de 2000 | Cria o Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro. |
| | Decreto Nº 11.409, de 23 de setembro de 2003 | Altera dispositivos do Decreto nº 1.581, de 25 de março de 1982, que regulamentou a Lei Nº 328, de 25 de fevereiro de 1982, que dispõe sobre a proteção e preservação do Pantanal Sul-Mato-Grossense. |
| | Decreto Nº 14.273, de 8 de outubro de 2015 | Dispõe sobre a Área de Uso Restrito da planície inundável do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul |
| | Decreto Nº 12.897, de 29 de dezembro de 2009 | Dispõe sobre a criação do Geopark Bodoquena-Pantanal |
| | Decreto Nº 12.672, de 8 de dezembro de 2008 | Regulamenta a ocupação, o uso do solo e da água da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro. |

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| | Resolução conjunta SEFAZ/SEMAGRO nº 074, | Institui o programa Produção de Carne Sustentável do Pantanal de 22 de novembro de 2018 |
| Brasil Mato Grosso | Lei Nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008 | Dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso. |
| | Lei Nº 11.861, de 3 de agosto de 2022 | Altera a Lei nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008, que dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso. |
| Bolívia | Ley Nº 404, del 18 de septiembre de 2013 | Ley de recuperación, conservación, uso y aprovechamiento sustentable de los bofedales |
| | Estrategia para la Gestión Integral de los Humedales y sitios Ramsar en Bolivia (2017) | La Estrategia para la gestión integral de los humedales y sitios RAMSAR em Bolivia es un instrumento estratégico en el que se se propone la construcción de una cultura de respetar el Bien Común y el agua como un bien público por excelencia. La Estrategia incluye los siguientes Ejes estratégicos: 1) Gestión Integral de los sistemas de vida; 2) Articulación y complementariedad; 3) Fortalecimiento de capacidades; 4) Gestión de recursos. |
| | Ley Nº 1333, del 27 de abril de 1992, Ley del Medio Ambiente | Tem por objeto a proteção e a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais, regulando as ações do homem com relação à natureza e promovendo o desenvolvimento sustentável com finalidade de melhorar a qualidade de vida da população. |
| Paraguai | Ley Nº 350 de 26 de mayo de 1994 | Aprueba la convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como habitat de aves acuáticas |
| | Resolución nº 1076/11, de 21 de febrero de 2011 | Declara de interesse ambiental nacional as áreas úmidas do Pantanal, do Departamento de Ñeembucu |

Considerações Finais

A modelagem de corredores de biodiversidade fornece uma base robusta e espacialmente explícita capaz de ser utilizada no estabelecimento de políticas públicas mais eficientes para a gestão do Pantanal voltadas para a sustentabilidade e para a delimitação de áreas prioritárias para a conservação do bioma e seu entorno na Bacia do Alto Paraguai. Neste sentido, os nodos e corredores identificados neste trabalho podem servir de apoio para diversas estratégias de conservação e desenvolvimento sustentável como:

a. Definição da melhor opção para a localização e validação das Áreas de Reserva Legal, priorizando áreas de corredores e nodos;

b. Composição de critérios para intervenção nas paisagens naturais do Pantanal, buscando áreas alternativas para eventuais supressões de vegetação nativa, poupando as áreas de corredores e nodos, de forma a atender o conceito de uso restrito e ecologicamente sustentável definido pelo Artigo 10º da LPVN;

c. Implementação de políticas de desenvolvimento econômico sustentável, complementando o conjunto de critérios de elegibilidade para esquemas de certificação, programas de incentivos fiscais e linhas diferenciadas de financiamento da produção em propriedade privadas amigáveis à conservação e à sustentabilidade.

d. Adoção de ações complementares de conservação em ampla escala geográfica tais como o pagamento de serviços ambientais e ecossistêmicos;

e. Ordenamento, uso e ocupação do solo sob a perspectiva da gestão territorial, auxiliando na delimitação geográfica das atividades econômicas de médio e grande potencial de degradação ambiental/poluidor, protegendo as áreas naturais mais relevantes;

f. Definição e priorização de áreas para políticas de recuperação de áreas degradadas e aumento da conectividade nas paisagens, em escala regional, otimizando recursos;

g. Adoção de medidas de gestão e conservação das áreas naturais em escalas menores, aplicáveis tanto no nível Estadual quanto no Municipal, sem a necessidade de desapropriação de terras e sem impedimento às atividades econômicas;

h. Apoio à tomada de decisões em processos de licenciamento ambiental, recomendando-se a adoção do mapa de corredores e nodos durante a elaboração e projetos, visando a identificação de melhores opções de localização de ARLs, áreas e estratégias de compensação ambiental, programas de mitigação e impactos e orientação de melhores escolhas em processos de supressão da vegetação nativa, entre outros.

i. Identificação de locais prioritários para implementação de estratégias de mitigação de impactos decorrentes de infraestrutura de transporte, como atropelamentos de fauna e efeito de barreira, planejando e implementando passagens de fauna e outras técnicas adequadas.

j. Definição de áreas prioritárias para estabelecimento de unidades de conservação públicas e privadas (RPPNs), incluindo estabelecimento de incentivos para este fim.

k. Favorecimento das atividades extrativistas e coletoras de povos tradicionais, indígenas e ribeirinhos, bem como meliponicultura (abelhas nativas sem ferrão) e atividades correlatas, envolvendo comunidades que, além de obterem renda, também podem participar ativamente da gestão e proteção dos corredores;

l. Fortalecimento do setor de turismo ecológico, fomentando o desenvolvimento de atividades turísticas em propriedades inseridas em nodos e corredores ou por eles atravessadas.

m. Aumento da conectividade através de incentivos às práticas agroflorestais, especialmente em comunidades tradicionais.

Agradecimentos

Agradecemos à WWF Brasil pelo estabelecimento da parceria com a Embrapa Pantanal para a condução do trabalho, e à Fundect e à Embrapa pelo apoio ao projeto PRONEX (EMBRAPA/FUNDECT, SEG 42.16.00.006.00.05.001). Agradecemos também à ECOSEV Consultoria Ambiental pelo seu papel fundamental na viabilização das atividades do projeto.

Referências

ARBIZU, P.M. **pairwiseAdonis**: Pairwise multilevel comparison using adonis. R package version 0.3. 2019

BASTE, I. A.; WATSON, R. T. Tackling the climate, biodiversity, and pollution emergencies by making peace with nature 50 years after the Stockholm Conference. **Global Environmental Change**, v. 73, 102466, mar. 2022. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2022.102466.

BEIER, P.; MAJKA D. R.; SPENCER W. D. Forks in the road: choices in procedures for designing wildland linkages. **Conservation Biology**, v. 22, n. 4, p. 836–851, 2018. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.00942.x

BOLIVIA. **Ley n° 1333, del 27 de abril de 1992**. VII. Normativa General del Medio Ambiente. Ley del Medio Ambiente. p. 1440-1455. Disponível em: <https://sea.gob.bo/digesto/CompendioII/N/129_L_1333_01.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BOLIVIA. **Ley n° 404, del 18 de septiembre de 2013**. Disponível em: <<https://www.lexivox.org/norms/BO-L-N404.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BOLIVIA. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. **Estrategia para la Gestión Integral de los Humedales y Sitios**

RAMSAR en Bolivia. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2017. 86 p. Disponível em: <<http://siarh.gob.bo/wp-content/uploads/2018/10/Estrategia-para-la-gesti%C3%B3n-integral-B.R.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRADSHAW, C. J. A.; EHRLICH, P. R.; BEATTIE, A.; CEBALLOS, G.; CRIST, E.; DIAMOND, J.; DIRZO, R.; EHRLICH, A. H.; HARTE, J.; HARTE, M. E.; PYKE, G.; RAVEN, P. H.; RIPPLE, W. J.; SALTRÉ, F.; TURNBULL, C.; WACKERNAGEL, M.; BLUMSTEIN, D. T. Underestimating the challenges of avoiding a ghastly future. **Frontiers in Conservation Science**, v. 1, 615419, 2021. DOI: 10.3389/fcosc.2020.615419.

BRASIL. **Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 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 n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p.1-8, seção 1, 28 maio de 2012. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/05/2012&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=168>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA); e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, edição 9, de 14 de jan. 2021a, seção 1, p. 7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Pantanal: Extrato de contrato. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 113, de 18 junho 2021b, seção 3, p. 6. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/06/2021&jornal=530&pagina=6&totalArquivos=27>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

BUSTAMANTE, M. M. C.; SILVA, J. S.; SCARIOT, A.; SAMPAIO, A. B.; MASCIA, D. L.; GARCIA, E.; SANO, E.; FERNANDES, G. W.; DURIGAN, G.; ROITMAN, I.; FIGUEIREDO, I.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; OLIVEIRA, A.O.; MALHADO, A. C.; ALENCAR, A.; VENDRAMINI, A.; PADOVEZI, A.; CARRASCOSA, H.; FREITAS, J.; SIQUEIRA, J. A.; SHIMBO, J.; GENEROSO, L. G.; TABARELLI, M.; BIDERMAN, R.; SALOMÃO, R.P.; VALLE, R.; JUNIOR, B.; NOBRE, C. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 7, p. 1249-1270, 2019. DOI: 10.1007/s11027-018-9837-5

CALABRESE, J. M.; FAGAN, W. F. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 10, p. 529-536, dec. 2004.

CHANDRA, A.; P RAGHAVAN, K.; RUZZO, W. L.; SMOLENSKY, R.; TIWARI, P. The electrical resistance of a graph captures its commute and cover times. **Computational Complexity**, v. 6, p. 312- 340, 1997.

CROOKS, K. R.; SANJAYAN, M. **Connectivity Conservation**. London: Cambridge University Press, 2006. 710 p.

DAMSCHEN, E. I.; HADDAD, N. M.; ORROCK, J. L.; TEWKSBURY, J. J.; LEVEY, D. J. Corridors increase plant species richness at large scales. **Science**, v. 313, p. 1284-1286, 2006. DOI: 10.1126/science.1130098

DAVIES, Z. G.; PULLIN, A. S. Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 3, p. 333-351, 2007. DOI: 10.1007/s10980-006-9064-4

DICKSON, B. G.; ALBANO, C. M.; ANANTHARAMAN, R.; BEIER, P.; FARGIONE, J.; GRAVES, T. A.; GRAY, M. E.; HALL, K. R.; LAWLER, J. J.; LEONARD, P. B.; LITTLEFIELD, C. E.; MCCLURE, M. L.; NOVEMBRE, J.; SCHLOSS, C. A.; SCHUMAKER, N. H.; SHAH, V. B.; THEOBALD, D. M. Circuit-theory applications to connectivity science and conservation. **Conservation Biology**, v. 33, n. 2, p. 239-249, 2019. DOI: 10.1111/cobi.13230.

DOYLE, P. G.; SNELL, J. L. **Random walks and electric networks**. Washington, DC: Mathematical Association of America, 1984. 156 p. (Carus Mathematical Monographs; 22).

ESSEL, F.; ERB, K. H.; GLATZEL, S.; PAUCHARD, E. A. Climate change, carbon market instruments, and biodiversity: focusing on synergies and avoiding pitfalls. **WIREs Climate Change**, v. 9, n. 1, e486, 2017. DOI: 10.1002/wcc.486

ETHERINGTON, T. R. Least-cost modelling on irregular landscape graphs. **Landscape Ecology**, v. 27, p. 957-968, 2012. DOI: 10.1007/s10980-012-9747-y

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.

HALL, P.; WALKER, S.; BAWA, K. Effect of forest fragmentation on genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Pithecellobium elegans*. **Conservation Biology**, v. 10, n. 3, p. 757-768, 1996.

HANSEN, M.C.; POTAPOV, P.V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S.A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; G. TOWNSHEND J. R. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 610D, p. 850-853, 2013. DOI: 10.1126/science.1244693.

HILTY, J. A.; LIDICKER, W. Z.; MERENLENDER, A. M. **Corridor Ecology**: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Washington, DC: Island Press, 2006. 325 p.

HIRSH, A. **Avaliação da fragmentação do habitat e seleção de áreas prioritárias para a conservação dos primatas da Bacia do Rio Doce, Minas Gerais, através da aplicação de um sistema de informações geográficas**. 2003. 227 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003a.

HIRSH, A. Habitat fragmentation and priority areas for primate conservation in the Rio Doce Basin, Minas Gerais. **Neotropical Primates**, v. 11, n. 3, p.195-196, 2003b.

- JANZEN, D. H. An abandoned field is not a tree fall gap. **Vida Silvestre Tropical**, v. 2, n. 2, p. 64-67, 1990. Disponível em: <<http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/bitstream/handle/11606/1384/AN%20ABANDONED%20FIELD%20IS%20NOT%20A%20TREE%20FALL%20GAP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 10 jun. 2022.
- KILLEEN, T.; CHAVEZ, E.; PEÑA-CLAROS, M.; TOLEDO, M.; ARROYO, L.; CABALLERO, J.; CORREA, L.; GUILLÉN, R.; QUEVEDO SOPEPI, R.; SALDIAS, M.; SORIA, L.; USLAR, Y.; VARGAS, I.; STEININGER, M. The Chiquitano dry forest, the transition between humid and dry forest in eastern lowland Bolivia. In: PENNINGTON, R.T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant diversity, biogeography and conservation**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 213-233. DOI: 10.1201/9781420004496.ch9.
- KNAAPEN, J. P.; SCHEFFER, M.; HARMS, B. Estimating habitat isolation in landscape planning. **Landscape & Urban Planning**, v. 23, n.1, p. 1- 16, 1992. DOI: 10.1016/0169-2046(92)90060-D
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2nd. Amsterdam: Elsevier, 1998. 852 p. Developments in Environmental Modelling 20.
- LEWIS, J. **Leastcostpath**: Modelling Pathways and Movement Potential Within a Landscape. R package version 1.3.6, 2020. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=leastcostpath>>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MARIMON, B. S.; LIMA, E. de S. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes- Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 213-229, 2001. DOI: 10.1590/S0102-33062001000200008
- MATO GROSSO (Estado). Lei Nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008. Dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, Cuiabá, MT, 21 de janeiro de 2008, ano 117, nº 24.758, p. 3-5, 2008. Disponível em: <<https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/1629#/p:3/e:1629?find=Lei%208.830>>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- MATO GROSSO (Estado). Lei Nº 11.861, de 3 de agosto de 2022. Altera a Lei nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008, que dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, Cuiabá, MT, 4 de agosto de 2022, ano 132, nº 28.301, p. 1-2, 2022. Disponível em: <https://www.iomat.mt.gov.br/legislacao/diario_oficial#955-2022-8-1>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Lei nº 328, de 25 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a proteção e preservação ambiental do Pantanal Sul Mato Grossense. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, 25 de fevereiro de 1982. Disponível em: <https://tjms.jus.br/legislacao/public/pdf-legislacoes/lei_n._328.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 1.581, de 25 de março de 1982. Regulamenta a Lei nº 328, de 25 de março de 1982, que dispõe sobre a proteção e preservação do Pantanal Sul-Mato-Grossense e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 799, de 26 de março de 1982, página 4. Revogado pelo Decreto nº 15.762, de 3 de setembro de 2021. Disponível em: <<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/84b197be4630ec9204256e2d006669dd?OpenDocument&Highlight=2,1.581>>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 7.122, de 17 de março de 1993. Considera estradas parque trechos de rodovias estaduais da região do pantanal, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 3.505, de 18 de março de 1993. Disponível em: <<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/26b7d72c4ad2b5fa042577610049d235?OpenDocument&Highlight=2,7.122>>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 9.938, de 05 de junho de 2000. Institui o Comitê Gestor da Área Especial de Interesse Turístico, denominada Estrada Parque Pantanal e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 5.279, de 6 de junho de 2000. Disponível em: <<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/405b10ff1a7b576b04256bfd0019b99c?OpenDocument&Highlight=2,9.938>>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 9.941 de 5 de junho de 2000. Cria o Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 5.279, de 6 de junho de 2000. Disponível em: <<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/535d3e46f99278a904256bfb00101fa8?OpenDocument&Highlight=2,9.941%20>>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 11.409, de 23 de setembro de 2003. Altera dispositivos do Decreto nº 1.581, de 25 de março de 1982, que regulamentou a Lei nº 328, de 25 de fevereiro de 1982, que dispõe sobre a proteção e preservação do Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 6.088, de 24 de setembro de 2003. Revogado pelo art. 16 do Decreto nº 11.439, de 13 de

outubro de 2003. Disponível em:

<<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/f48a9ebbbd31d9cd04256dab00419cf3?OpenDocument&Highlight=2,11.409>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 12.672, de 8 de dezembro de 2008. Regulamenta a ocupação, o uso do solo e da água da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 7.357, de 9 de dezembro de 2008. Disponível em:

<<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/1b758e65922af3e904256b220050342a/b09d66143f7e17c60425751a004c318c?OpenDocument>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 12.897, de 29 de dezembro de 2009. Dispõe sobre a criação do Geopark Bodoquena-Pantanal, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 7.610, de 23 de dezembro de 2009. Disponível em:

<<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/fd8600de8a55c7fc04256b210079ce25/9d2a7d2cb9c27f170425769a005c3d44?OpenDocument>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul**: segunda aproximação: elementos para construção da sustentabilidade do território sul-matogrossense. Campo Grande, MS, 2015. 199 p. Disponível em: <www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/Consolidação-ZEE-2a-Aproximacao.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 14.273, de 8 de outubro de 2015. Dispõe sobre a área de uso restrito da planície inundável do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 9.022, de 9 de outubro de 2015, p. 4-6. Disponível em:

<https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2022/01/DECRETO-No-14.273-DE-08_10_2015-1.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Lei nº 5235 de 16 julho de 2018. Dispõe sobre a Política Estadual de Preservação dos Serviços Ambientais, cria o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PESA), e estabelece um Sistema de Gestão deste Programa. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, n. 9698, Poder Executivo, Campo Grande, MS, 17 de julho de 2018. Disponível em:

<<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/448b683bce4ca84704256c0b00651e9d/424c9b5475e2a9c3042582cd004595f8?OpenDocument>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Resolução conjunta SEFAZ/SEMAGRO nº 074, de 22 de novembro de 2018.

Dispõe sobre o subprograma de apoio à produção de carne sustentável do pantanal, no âmbito do programa de avanços na pecuária de Mato Grosso do Sul (PROAPE), instituído pelo Decreto nº 11.176, de 11 de abril de 2003, bem como sobre a extensão do incentivo fiscal previsto na Resolução Conjunta SEFAZ/SEPAF nº 69, de 30 de agosto de 2016, aos respectivos produtores rurais. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, nº 9.786, de 23 de novembro de 2018. Disponível em:

<<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/serc/legato.nsf/e5c724b4c70cb1da04256b1f005348a8/b25487f743c7b9070425834e003c3954?OpenDocument>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Decreto nº 15323 de 04 dezembro de 2019. Dispõe sobre o Comitê Gestor e Regulador do Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, criado pela Lei nº 5.235, de 16 de julho de 2018, institui o Cadastro dos Programas e dos Subprogramas de Prestação de Serviços Ambientais (PSA), dispõe sobre a emissão do Certificado de Serviços Ambientais (CSA), e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, Poder Executivo, Campo Grande, MS, 5 de dezembro de 2019. Disponível em:

<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=386875>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

McRAE, B. H. Isolation by resistance. **Evolution**, v. 60, n. 8, p.1551-1561, 2006. Disponível em:

<https://circuitscape.org/pubs/McRae_2006_IBR_Evolution.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

McRAE, B. H.; BEIER, P. Circuit theory predicts gene flow in plant and animal populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50 p.19885-19890, 2007. DOI: 10.1073/pnas.0706568104

McRAE B. H.; SHAH, V. B.; MOHAPATRA, T. **Circuitscape 4 user guide**. 2013. The Nature Conservancy. Disponível em: <<http://www.circuitscape.org>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

McRAE, B. H.; DICKSON, B. G.; KEITT, T. H.; SHAH, V. B. Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. **Ecology**, v. 89, n. 10, p. 2712-2724, 2008. DOI: 10.1890/07-1861.1

MILES, L.; NEWTON A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x

MONITORAMENTO das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na Bacia do Alto Paraguai porção brasileira: período de análise: 2012 a 2014. Brasília, DF: Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil, 2015. 66 p. Relatório Técnico. Disponível em: <https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/publicacao_bap_relatorio_2012_2014_web.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MUELLER, T.; LENZ, J; CAPRANO, T.; FIEDLER, W., BÖHNING-GAESE, K. Large frugivorous birds facilitate functional connectivity of fragmented landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 684-692, 2014. DOI: 10.1111/1365-2664.12247

NOSS, R. F. Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff & Cox. **Conservation Biology**, v. 1, n. 2, p. 159-164, 1987.

OKSANEN, J.; SIMPSON, G.; BLANCHET, F.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.; O'HARA, R.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.; SZOECIS, E.; WAGNER, H.; BARBOUR, M.; BEDWARD, M.; BOLKER, B.; BORCARD, D.; CARVALHO, G.; CHIRICO, M.; DE CACERES, M.; DURAND, S.; EVANGELISTA, H.; FITZJOHN, R.; FRIENDLY M.; FURNEAUX, B.; HANNIGAN, G.; HILL, M.; LAHTI, L.; MCGLINN, D.; OUELLETTE, M.; RIBEIRO CUNHA, E.; SMITH, T.; STIER, A.; BRAAK, C. T.; WEEDON, J. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.6-4, 2022. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PADOVANI, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do Pantanal**. 2010. 174 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

PARAGUAY. **Ley nº 350 de 26 mayo de 1994**. Aprueba la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, firmada en Ramsar, el 2 de febrero de 1971, modificada según el Protocolo de París, el 3 de diciembre de 1982 y la Conferencia de las Partes de Regina, el 28 de mayo de 1987. 1994. Disponível em: <<https://bacn.gov.py/archivos/2395/20140422104510.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PARAGUAY. **Resolución nº 1076/11 de 21 de febrero de 2011**. Declara de interesse ambiental nacional as áreas úmidas do Pantanal, do Departamento de Ñeembucu. Disponível em: <http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/05/18-resolucion1076_11.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PETTORELLI, N.; GRAHAM, N. A. J.; SEDDON, N.; BUSTAMANTE, M. M. C.; LOWTON, M. J.; SUTHERLAND, W. J.; KOLDEWEY, H. J.; PRENTICE, H. C.; BARLOW, J. Time to integrate global climate change and biodiversity science-policy agendas. **Journal of Applied Ecology**, v. 58, n. 11, p. 2384-2393, 2021. DOI: 10.1111/1365-2664.13985

PLUMPTON, H. J.; MAYLE, F. E.; WHITNEY, B. S. Long term impacts of mid-Holocene drier climatic conditions on Bolivian tropical dry forests. **Quaternary Research**, v. 93, n. 1, p. 204-224, 2020. DOI: 10.1017/qua.2019.55

PORTILLO-QUINTERO, C. A., G. A. SÁNCHEZ-AZOFEIFA. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p.144-155, 2010. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.09.020

POTT, A.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A; SILVA, M. P. Características da bacia hidrográfica do Rio Miranda. **Revista GeoPantanal**, v. 16, p. 125-140, 2014.

POTT, A.; POTT, V. J. Vegetação do pantanal: fitogeografia e dinâmica. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá, MS. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1065-1076. GeoPantanal 2009.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapa de uso e ocupação do solo**. 2020. Disponível em: <www.mapbiomas.org>. Acesso em: 10 jun. 2022.

RESERVAS da Biosfera Rede. Disponível em: <<https://reservasdabiosfera.org.br/reserva/rb-pantanal/>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

ROQUE, F. O.; OCHOA-QUINTERO, J.; RIBEIRO, D. B., SUGAI, L. S. M.; COSTA-PEREIRA, R.; LOURIVAL, R.; BINO, G. Upland habitat loss as a threat to Pantanal wetlands. **Conservation Biology**, v. 30, n. 5, p. 1131-1134, 2016. DOI: 10.1111/cobi.12713.

SANTOS FILHO, P. S. Fragmentação de habitats: implicações para a conservação in situ. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, n.1. p. 365-393, 1995.

SHAH, V. B.; McRAE, B. Circuitscape: a tool for landscape ecology. In: VAROQUAUX, G.; VAUGHT, T.; MILLMAN, J. (ed.). **Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy 2008)**, Pasadena, CA, 2008. p. 62-66. Disponível em: <https://conference.scipy.org/proceedings/scipy2008/SciPy2008_proceedings.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SHAH, V. B.; THEOBALD, D. M. Circuit-theory applications to connectivity science and conservation. **Conservation Biology**, v. 33, n. 2, p. 1-11, 2018. DOI: 10.1111/cobi.13230

SEOANE C. E. S.; KAGEYAMA P. Y.; RIBEIRO A.; MATIAS, R.; REIS, M. S.; BAWA K.; SEBBENN A. M. Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n.1, p. 23-43, 2005.

TOMAS, W. M.; GARCIA, L. C.; ROQUE, F. de O.; LOURIVAL, R.; DIAS, F.; SALIS, S. M. de; MOURAO, G. de M. **Análise dos conceitos de 'mesma identidade ecológica', 'equivalência ecológica' e 'offsetting' para compensação de Reserva Legal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2018. 23 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 159). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193439/1/Doc-159-Walfrido-versao-final-27-fev.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

VAN ETTEN, J. R package gdistance: Distances and routes on geographical grids. **Journal of Statistical Software**, v. 6, n. 1, p. 1-21, 2017. DOI:10.18637/jss.v076.i13

VELASCO-ACEVES, P. A.; XU, C. Y.; GINZBURG, R. Chaco region: Forest loss and fragmentation in the context of the territorial planning law. Remote sensing assessment in Formosa, Argentina application case. **Global Ecology and Conservation**, v. 31, p. e018462021, 2021. DOI: 10.1016/j.gecco.2021.e01846

VIEIRA, M. W.; CARAUTA, J. P. P.; DELGADO, W. A. Restauração de áreas semidegradadas através da Implantação de corredores ecológicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 160-164.

YOUNG, A. G; BOSHIER, D.; BOYLE, T. J; FOREST (ed.). **Forest Conservation genetics: principles and practice**. Melbourne: CSIRO Publishing, 2000. 352p.

ANEXO

Anexo I. Valores de permeabilidade da matriz para espécies presentes na Bacia do Alto Paraguai, para diferentes classes de uso do solo, segundo especialistas. Valores obtidos do Zoneamento Econômico Ecológico de Mato Grosso do Sul, Brasil (Mato Grosso do Sul, 2015)

| Espécies | Ambiente florestal | Ambiente savânico | Pastagem | Floresta plantada | Lavoura | Área urbana |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|----------|-------------------|---------|-------------|
| <i>Alectrurus tricolor</i> | 1 | 10 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Culicivora caudacuta</i> | 1 | 10 | 2.33 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Pyrrhura devillei</i> | 10 | 8.33 | 3.33 | 2 | 1 | 2.33 |
| <i>Primolius maracana</i> | 9 | 7.5 | 6.5 | 3 | 3 | 4 |
| <i>Tigrisoma fasciatum</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Harpia harpyja</i> | 10 | 7.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 1 |
| <i>Alipiopsitta xanthops</i> | 5 | 10 | 6.5 | 5 | 5 | 6.5 |
| <i>Ara chloropterus</i> | 10 | 8.5 | 5.5 | 1 | 1 | 6.5 |
| <i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> | 8 | 10 | 8 | 1 | 1 | 6.5 |
| <i>Sporophila cinnamomea</i> | 3 | 10 | 9 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Sporophila palustris</i> | 3 | 10 | 9 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Phaethornis subochraceus</i> | 10 | 6.5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Urubitinga coronata</i> | 6.5 | 9.5 | 4.5 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Amazona aestiva</i> | 5 | 10 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| <i>Ara ararauna</i> | 7 | 10 | 8 | 1 | 1 | 7 |
| <i>Aratinga nenday</i> | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 1 |
| <i>Melanopareia torquata</i> | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Morphnus guianensis</i> | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Myiothlypis flaveola</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Myiothlypis leucophrys</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Neothraupis fasciata</i> | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Orthopsittaca manilatus</i> | 8 | 10 | 8 | 1 | 1 | 7 |
| <i>Sarcoramphus papa</i> | 10 | 10 | 10 | 6 | 3 | 2 |
| <i>Spyzaetus ornatus</i> | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Suiriri islerorum</i> | 1 | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Trogon surrucura</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Florisuga fusca</i> | 8 | 10 | 7 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Phaethornis pretrei</i> | 10 | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 |

| Espécies | Ambiente florestal | Ambiente savânico | Pastagem | Floresta plantada | Lavoura | Área urbana |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|----------|-------------------|---------|-------------|
| <i>Sporophila nigrorufa</i> | 8 | 10 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Antilophia galeata</i> | 10 | 8 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| <i>Baryphthengus ruficapillus</i> | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Conothraupis mesoleuca</i> | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Lophornis magnificus</i> | 7 | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Penelope ochrogaster</i> | 10 | 8 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Phyllomyias reiseri</i> | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Pyroderus scutatus</i> | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Nothura minor</i> | 2 | 10 | 8 | - | 4 | 4 |
| <i>Panthera onca</i> | 10 | 8.75 | 4.5 | 3.75 | 4 | 1 |
| <i>Blastocerus dichotomus</i> | 4 | 6 | 3.67 | 2.67 | 2.17 | 1 |
| <i>Leopardus pardalis</i> | 10 | 9.67 | 3.33 | 3 | 4.25 | 1 |
| <i>Tapirus terrestris</i> | 9.33 | 8 | 5.33 | 3 | 4.17 | 1 |
| <i>Tayassu pecari</i> | 10 | 9.33 | 3 | 1 | 2.5 | 1 |
| <i>Speothos venaticus</i> | 10 | 7.5 | 5 | 4.5 | 3.25 | 1 |
| <i>Priodontes maximus</i> | 10 | 8 | 2.5 | 4 | 4.25 | 1 |
| <i>Mazama gouazoubira</i> | 10 | 10 | 2 | 2 | 4.5 | 1 |
| <i>Myrmecophaga tridactyla</i> | 10 | 10 | 9 | 3.5 | 6.25 | 1 |
| <i>Pecari tajacu</i> | 10 | 9 | 3 | 3 | 4.5 | 1 |
| <i>Pteronura brasiliensis</i> | 4.5 | 4 | 3 | 1 | 1.25 | 1 |
| <i>Puma concolor</i> | 10 | 9 | 9 | 5.5 | 5.25 | 3 |
| <i>Alouatta caraya</i> | 10 | 2 | 1 | 1 | 3.5 | 1 |
| <i>Lutra longicaudis</i> | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Aotus azarae</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Callicebus sp.</i> | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Chironectes minimus</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Mazama americana</i> | 10 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>Tolypeutes matacus</i> | 10 | 10 | 10 | 2 | 3.5 | 1 |
| <i>Leopardus guttulus</i> | 10 | 10 | 10 | 2 | 3.5 | 1 |



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

