



Potenciais corredores ecológicos entre as unidades de conservação da região leste da Bacia do Alto Iguaçu - Paraná

Ana Paula Marques MARTINS^{1*}, Aline Bernarda DEBASTIANI¹, Natália Peixoto GAIAD¹,
Ana Paula Dalla CORTE², Carlos Roberto SANQUETTA²

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

* E-mail: anapaula_marquesm@yahoo.com.br

Recebido em janeiro/2017; Aceito em abril/2017.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi indicar rotas potenciais para a implantação de corredores ecológicos visando a interligação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) da região leste da Bacia do Alto Iguaçu. Para tanto, utilizou-se de um Sistema de Informação Geográfica, onde as classes utilizadas foram: perímetro, uso e cobertura da terra, modelo digital do terreno e rede hidrográfica da bacia. Utilizou-se a metodologia de análise hierárquica de Saaty com atribuição dos pesos levando-se em consideração a área de preservação permanente (APP), declividade e uso e ocupação da terra para a determinação de rotas. Foram delimitadas seis rotas principais: duas entre as APAs de Iraí e Piraquara, uma entre Piraquara e Rio Pequeno e três entre Rio Pequeno e Guaratuba. Os corredores considerados mais adequados apresentaram a melhor configuração quanto às menores dimensões, menor percentagem de área na classe de declividade de maior custo ($< 20^\circ$) e maior percentagem de área situada em classes prioritárias de uso e cobertura da terra, resultando no corredor entre Iraí e Piraquara, e entre Rio Pequeno e Guaratuba. Sendo assim, apesar de ser uma região com alto grau de antropização, percebe-se que ainda é possível a realização de conexão entre as APAs.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica, áreas de proteção ambiental, fragmentos florestais, metodologia de análise hierárquica.

Delimitation of potentials ecological corridors between the conservation units of the east region of Alto Iguaçu Basin - Parana

ABSTRACT: The objective of this research was indicate routes potentials to ecological corridors implementation aimed at interconnection of Environmental Protection Areas (APAs) located in the eastern part of the Alto Iguaçu Basin. For that, we used a Geographic Information System where the classes were used: perimeter, use and land cover, digital terrain model and river networks of the Sub-Basin. The Analytic Hierarchy Process by Saaty with assignment of weights taking into account the permanent preservation area (APP), slope and land use and occupation for determining routes. The weights were defined based on literature. Six main routes were defined: two of the APAs of Iraí and Piraquara, one between Piraquara and Rio Pequeno and three between Rio Pequeno and Guaratuba. Corridors considered most suitable were selected per present the best configuration as the smaller, lower percentage area in the most cost steepness class ($< 20^\circ$) and higher percentage of area located in priority classes of land use and land cover, resulting in the corridor between Iraí and Piraquara, and between Rio Pequeno and Guaratuba. Thus, despite being a region with a high degree of human disturbance, it is clear that with the existing areas, it is still possible to perform connection between APAs.

Keywords: Geographic Information System, environmental protection areas, forest fragments, analytic hierarchy process.

1. INTRODUÇÃO

Corredores ecológicos são definidos como extensões de terra com manchas contínuas de vegetação, permitindo o trânsito e o fluxo gênico entre as populações, priorizando a dinâmica da paisagem e o inter-relacionamento fundamental entre as áreas protegidas (AYRES et al., 2005). Essas extensões de terra têm como

principais funções a redução ou prevenção da fragmentação das florestas existentes, manutenção ou restauração da conectividade da paisagem ali presente e facilitação do fluxo gênico entre populações para aumentar a chance de sobrevivência das comunidades (DAMSCHEIN et al., 2006; MUCHAILH et al., 2010).

Infelizmente, vêm acontecendo drásticas mudanças nesses fragmentos devido às ações antrópicas ao meio ambiente.

Atividades essas como a urbanização e a agricultura intensiva que comprometem a integridade estrutural das paisagens, ocasionando a perda da conectividade entre os diferentes habitats (INGEGNOLI, 2015; PELOROSSO et al., 2016). A redução destes podem causar sérios efeitos às populações biológicas que ali são dependentes, tais quais subdivisões de populações, aumento da taxa de endogamia e consequente risco de extensão local (SANTOS, 2003). Além, ainda, de ter o poder de acarretar em desertificação e erosão do solo, alterações climáticas, efeito de borda, diminuição dos recursos hídricos, refletindo de forma negativa na sociedade e na economia, alterando um modelo de organização social (PEREIRA et al., 2007).

Dessa forma, é necessário tomar medidas para minimizar esses efeitos de fragmentação e promover a conexão entre eles, ou fazer com que, por meio de pesquisas científicas, políticas públicas sejam tomadas para que essas atividades humanas sejam punidas de acordo com a consequência que estas podem causar e interferir no meio ambiente. O estabelecimento de Corredores Ecológicos é fundamental para ampliação da proteção ambiental e conservação da biodiversidade (LOUZADA et al., 2010). Desde a década de 1970 é citado que a criação de corredores ecológicos é uma das soluções viáveis para a ligação de ecossistemas fragmentados e para a manutenção da biodiversidade (SEOANE et al., 2010).

Uma ferramenta essencial para o planejamento dessas áreas, com análise e integração de vários fatores aliados a um conjunto de dados, pode ser realizada por meio da geotecnologia, em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), contribuindo de forma rápida, eficiente e confiável em análises envolvendo os processos de degradação dos fragmentos envolvidos (LOUZADA et al., 2010). Com esta ferramenta, é possível desenvolver parâmetros para prescrever ações de manejo para conservação dessas áreas, uso do solo, considerando a distribuição espacial dos remanescentes florestais, visando a minimização dos impactos causados (MUCHAILH, 2007).

A elaboração de possíveis corredores ecológicos é uma das formas de minimização dos efeitos da fragmentação, conectando esses remanescentes e conservando os fragmentos ameaçados (SILVA; SOUZA, 2014). O planejamento de áreas com potencial para implantação de corredores ecológicos requer a integração de vários fatores no que se refere ao melhor caminho, tendo menor distância, tamanho, sendo necessário o mapeamento de paisagens com priorização para áreas que gerem menores custos com mudança da cobertura da terra (ANJOS, 2008).

Tendo em vista a grande importância que a Bacia do Alto Iguaçu possui para o Estado do Paraná e, pela presença de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) que estão situadas em seus limites, o trabalho objetivou apontar potenciais rotas estratégicas para a implantação de corredores ecológicos visando a interligação das mesmas, bem como avaliar a eficiência da metodologia de análise hierárquica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e base de dados

A área de estudo está localizada na região leste da Bacia do Alto Iguaçu, na qual estão inseridas as APAs do Rio Iraí, de Guaratuba, Rio Pequeno e a de Piraquara, as quais são Unidades de uso sustentável e tem jurisdição Estadual (Figura 1).

A APA do Iraí é uma região de preservação ambiental de onde nasce o Rio Iraí, conta com uma área de 11.536 ha localizados

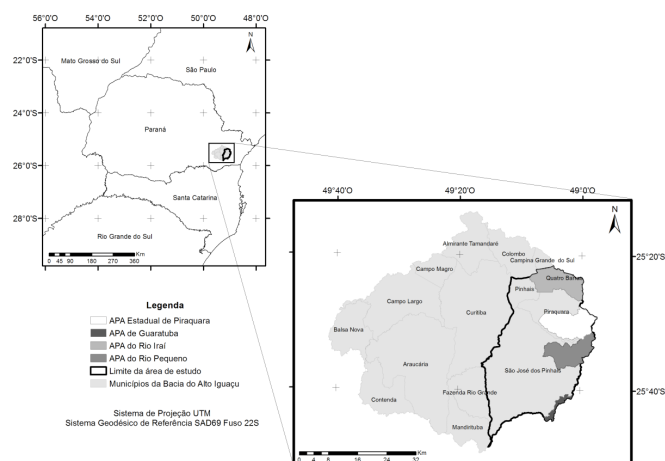


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Location of the study area.

na região metropolitana de Curitiba e nesta região encontra-se a represa de Iraí que é responsável pelo abastecimento urbano. A APA de Guaratuba está situada nos municípios de Guaratuba, Matinhos, Tijucas do Sul, São José dos Pinhais e Morretes, abrangendo uma área de 199.569 ha. Em São José dos Pinhais, também se encontra a APA do Pequeno que conta com uma área de aproximadamente 6.200 ha. A APA do Piraquara está localizada no município de Piraquara, sendo constituída por uma área de 8.881 ha (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBIO, 2016).

As informações referentes ao perímetro da Sub-bacia do Alto Iguaçu (1:10.000), assim como do uso e cobertura da terra (1:20.000) e o modelo digital do terreno (MDT) (resolução espacial: 10 m) foram adquiridas junto ao Instituto das Águas do Paraná.

As informações referentes às unidades de conservação do Brasil foram obtidas junto ao Ministério do Meio Ambiente, na escala 1:5.000.000. Para rede hidrográfica, os dados foram adquiridos na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, na escala 1:250.000.

2.2. Metodologia para delimitação dos corredores ecológicos

As rotas dos potenciais corredores ecológicos foram estabelecidas empregando o uso de pesos de menor custo de acordo com metodologia proposta por Louzada et al. (2010) que faz o uso da análise hierárquica proposta por Saaty (1977), implementada em um Sistema de Informação Geográfica. Para tanto, os fatores considerados nas atribuições dos pesos foram: área de preservação permanente (APP), declividade e uso e ocupação da terra.

Para a geração dos corredores ecológicos foram produzidas imagens matriciais de custos, confeccionadas com a mesma resolução espacial do MDT (10 m), que configuram um fator ou combinação de fatores que interferem no percurso ao longo de uma área. Essa definição dos pesos se deu por consulta a bibliografia, com o intuito de evitar possibilidade da passagem da rota do corredor por áreas não desejáveis como áreas edificadas e estradas.

O sistema geodésico South American Datum de 1969 (SAD-69) e o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) Fuso 22-S foram adotados para a geração dos mapas. O processamento dos mapas foi realizado no programa ArcGIS versão 10.4.

Para a geração dos custos atribuídos à APP, primeiramente foram selecionados os rios principais e os reservatórios de água da rede hidrográfica, sendo considerados 30 e 50 m para zona de amortecimento, respectivamente. A imagem matricial resultante da APP foi reclassificada atribuindo peso 1 para áreas que são consideradas ideais para passagem dos corredores ecológicos, ou seja, junto ao curso dos rios, e 100 para o restante da área.

A imagem matricial de custo de declividade foi confeccionada a partir das informações do MDT, sendo essa reclassificada de acordo com a Tabela 1.

As APAs foram sobrepostas ao mapa de uso e ocupação da terra, sendo posteriormente transformado para formato matricial a qual foi reclassificado de acordo com a Tabela 2.

Para a geração da imagem matricial de custo total, as imagens matriciais dos custos de APP, uso e ocupação da terra e declividade foram multiplicadas pelos seus respectivos pesos estatísticos, de acordo com a metodologia de análise hierárquica proposta por Saaty (1977) e, posteriormente, somadas de acordo com a Equação 1.

$$CT = (P_1 \cdot CUT) + (P_2 \cdot CA) + (P_3 \cdot CD) \quad (1)$$

em que: CT: Imagem matricial do custo total; CUT: Imagem matricial do custo do uso e ocupação da terra; CA: Imagem matricial de custo da APP; CD: Imagem matricial do custo da declividade; P_n : Pesos estatísticos.

Em seguida, realizou-se uma análise visando delinear o percurso ótimo dos corredores ecológicos. Para tanto, foram gerados os caminhos e direções de custo as quais determinam uma rota de custo efetivo entre a origem e o destino do caminho para interligar as APAs. A ferramenta utilizada para tanto foi a *Path Distance* da extensão *Spatial Analyst* do software ArcGIS versão 10.4.

A largura dos corredores proposta foi a resultante de 10% do comprimento de cada corredor, conforme orientação descrita pelo Artigo 3º da Resolução nº 09, de 24 de outubro de 1996 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 1996).

Para a seleção das melhores rotas foram analisados os dados dos custos totais e extensão, além da análise do conflito

Tabela 1. Pesos atribuídos para cada classe de declividade e suas justificativas.

Table 1. Weights assigned for each declivity class and their justifications.

Declividade	Novo valor	Custos	Justificativas
< 20°	1	100	Agricultável mecanicamente, considerada como barreiras para a passagem dos corredores ecológicos.
20° a 45°	2	50	Uso restrito para integrar os corredores ecológicos por caracterizar o relevo fortemente ondulado.
> 45°	3	1	Áreas de preservação permanente, portanto, adequadas para se integrarem aos corredores ecológicos.

Fonte: Louzada et al. (2010).

269

Tabela 2. Classes de uso e ocupação da terra, seus custos e justificativas para geração da superfície de custos usada para traçar os caminhos dos corredores ecológicos.

Table 2. Land use and occupation classes, their costs and justifications for cost surface generation used to chart ecological corridor paths.

Classes	Custos	Justificativa
Água Área alagada	1	São áreas adequadas para integrar os corredores ecológicos, por ser local para fornecimento de água para a fauna, além de seu entorno ser constituído de área de preservação.
APA do Rio Irai APA Estadual de Guaratuba APA Estadual Piraquara APA do Rio Pequeno	1	Área de Preservação de grande biodiversidade.
Vegetação arbórea natural Vegetação arbustiva natural	1	São áreas adequadas para integrar os corredores ecológicos.
Campo/Pastagem	50	São áreas que podem ser utilizadas para fins agropecuários, porém com recuperação prévia com plantio de espécies nativas.
Vegetação arbórea plantada	50	São áreas com objetivo econômico, sendo suprimidas após alguns anos ficando a área desflorestada que pode ser facilmente recuperada.
Solo exposto	75	Essas áreas estão em regiões próximas às áreas edificadas e à agricultura, o que não as torna adequadas para a implantação de corredores ecológicos.
Área industrial Área urbana baixa Área urbana média Armazéns/silos Cultura permanente Cultura temporária Granja Lixão Loteamentos Mineração/ areia Mineração/ outros Vila	100	São áreas consideradas como barreiras para a passagem dos corredores ecológicos, e, portanto, recebem o custo extremo. Além disso, a desapropriação dessas áreas para a implantação dos corredores pode ser muito complexa.

Fonte: Adaptado de Louzada et al. (2010); Louzada et al. (2012); Ferrari et al. (2012).

do uso e cobertura da terra, APPs e declividade em cada corredor.

3. RESULTADOS

A delimitação dos corredores ecológicos pela metodologia da análise hierárquica de Saaty (1977) apontou para seis principais rotas (Figura 2B), sendo duas dessas entre as APAs do Rio Iraí e de Piraquara (A, B), uma rota entre a APA de Piraquara e do Rio Pequeno (C) e três rotas entre as APAs do Rio Pequeno e de Guaratuba (D, E, F). As APAs de Piraquara e Rio Pequeno são interligadas, um dos motivos que explica o apontamento de um número reduzido de rotas possíveis.

Na Figura 2 (A) é possível observar o mapa dos custos finais e na Figura 2 (B) a localização espacial das rotas com potencial para criação de corredores ecológicos.

A proporção de APPs dentro da área dos corredores foi em média de 6%. O corredor C foi o que concentrou maior porcentagem de APP, seguidos pelo corredor B, com 10,53 e 9,77%, respectivamente, o que corresponde a 1,84 ha e 52,21 ha. O corredor A não apresentou nenhuma APP em toda sua extensão. Já os corredores que interligam as APAs do Rio Pequeno e a de Guaratuba, ou seja, os corredores D, E e F, apresentaram 58,88 ha, 75,10 ha e 83,72 ha, o que corresponde a 5,43, 5,57 e 4,93%, respectivamente.

O maior comprimento e consequentemente largura, bem como, maior área dos corredores ecológicos foi da rota F, que faz a ligação entre as APAs de Rio Pequeno e de Guaratuba (Tabela 3).

Em relação às áreas ocupadas pelos corredores ecológicos nas classes de declividade (Tabela 4), observa-se que grande parte dessas áreas, para todos os corredores, foram alocadas na classe de maior custo, ou seja, de menor declividade.

A Tabela 5 demonstra as áreas totais das classes de uso e ocupação da terra em cada corredor ecológico proposto. Entre as APAs do Rio Iraí e de Piraquara, os corredores A e B foram propostos, sendo que o corredor A possui o menor comprimento

e largura, além da menor porcentagem de área na classe de declividade de $< 20^\circ$.

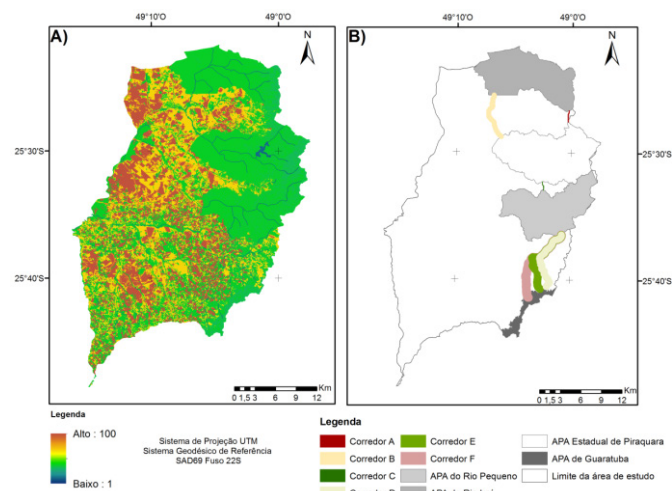


Figura 2. Distribuição espacial do custo total (A) e dos corredores ecológicos criados para ligar as APAs de Rio Pequeno, Rio Iraí, Guaratuba e Estadual de Piraquara (B).

Figure 2. Spatial distribution of the total cost (A) and the ecological corridors created to connect the APAs of Rio Pequeno, Rio Iraí, Guaratuba and State of Piraquara (B).

Tabela 3. Caracterização dos principais corredores ecológicos propostos.

Table 3. Characterization of the main ecological corridors proposed.

Corredor	APAs	C (m)	L (m)	A (m ²)
A	1 – 2	1.676,21	167,62	30.0787,81
B	1 – 2	7.378,93	737,89	5.345.359,41
C	2 – 3	1.274,69	127,46	174.394,30
D	3 – 4	10.261,74	1.026,17	10.842.527,43
E	3 – 4	11.469,08	1.146,90	13.485.298,01
F	3 – 4	12.876,36	1.287,63	16.991.187,61

1: APA do Rio Iraí; 2: APA de Piraquara; 3: APA do Rio Pequeno; 4: APA de Guaratuba. C: Comprimento; L: Largura; A: Área.

Tabela 4. Áreas totais das classes de declividade em cada corredor ecológico.

Table 4. Total areas of declivity classes in each ecological corridor.

Classes de declividade	Área em porcentagem para cada corredor (%)					
	A	B	C	D	E	F
$< 20^\circ$	98,8	99,9	99,9	98,6	98,7	98,6
20° a 45°	1,14	0,01	0,01	1,43	1,34	1,38
$> 45^\circ$	0	0	0	0,01	0,01	0,01

Tabela 5. Áreas totais das classes de uso e ocupação da terra em cada corredor ecológico.

Table 5. Total land use and land use classes in each ecological corridor.

Classes de uso da terra	Área em porcentagem para cada corredor (%)					
	A	B	C	D	E	F
APA Rio Pequeno	-	-	3,62	3,40	3,33	3,35
APA de Guaratuba	-	-	-	2,13	2,93	4,50
APA do Rio Iraí	3,97	3,79	-	-	-	-
APA de Piraquara	1,69	3,75	2,87	-	-	-
Água	-	2,00	-	0,22	0,33	0,34
Área Alagada	-	2,10	-	-	0,85	1,01
Campo	4,09	55,35	4,86	23,97	19,16	17,19
Cultura Temporária	-	2,79	-	3,65	7,59	8,56
Solo Exposto	-	0,44	-	-	-	0,04
Vegetação arbórea natural	71,48	7,79	86,43	63,91	63,05	59,61
Vegetação arbórea plantada	-	0,22	0,06	0,06	0,29	3,71
Vegetação arbustiva natural	18,77	21,40	2,17	2,65	2,46	1,69
Área urbana baixa	-	0,21	-	-	-	-
Vila	-	0,15	-	-	-	-

As APAs de Piraquara e do Rio Pequeno encontram-se interligadas, porém, um corredor foi sugerido (Corredor C), o qual poderia servir como uma rota alternativa entre as APAs.

Para a interligação das APAs do Rio Pequeno e de Guaratuba, foram propostos três principais corredores, D, E e F, sendo classificados nessa mesma ordem em relação às dimensões.

Isto posto, os corredores A e D foram selecionados para compor rota de interligação das áreas de preservação ambiental analisadas (Figura 3), salientando que as APAs do Rio Pequeno e de Piraquara são interligadas, e, portanto, não necessitam da criação de um corredor ecológico entre as mesmas.

A metodologia de análise hierárquica de Saaty (1977) mostrou-se uma ferramenta eficiente no auxílio à tomada de decisão na determinação de potenciais rotas de corredores ecológicos, tornando possível a análise de um mapa de custos totais que levam em consideração vários fatores relevantes para essa determinação.

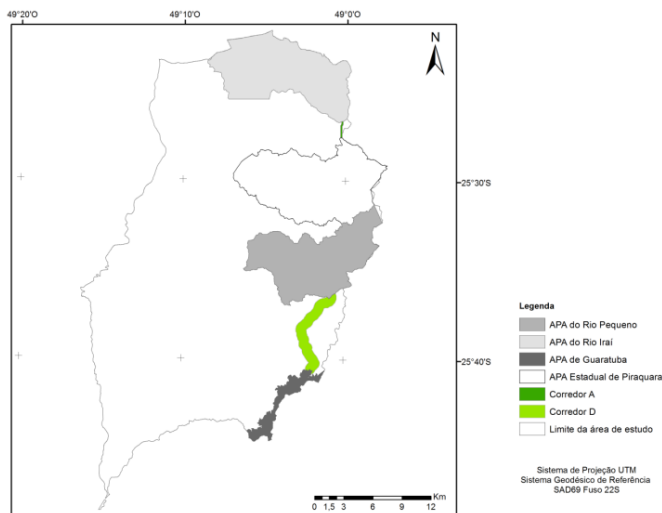


Figura 3. Corredores Ecológicos propostos para interligar as APAs da área de estudos.

Figure 3. Ecological Corridors proposed to interconnect APAs in the area of studies.

4. DISCUSSÃO

O mapa de custo total (Figura 2A) apontou as áreas com declividade acentuada ($> 45^\circ$), APPs e APAs como tendo o menor custo para a implantação de corredores ecológicos, como já era esperado. Os maiores custos foram atribuídos aos locais com declividade menor que 20° , por ter potencial agricultável mecanicamente; área urbana e agricultura; essas áreas são consideradas como barreiras para a passagem dos corredores ecológicos e sua desapropriação dessas áreas pode ser muito complexa.

Louzada et al. (2012) utilizaram a metodologia de análise hierárquica para traçar potenciais corredores ecológicos na região serrana do estado do Espírito Santo, entre o parque estadual Forno Grande e o Parque Estadual Pedra Azul. Esses autores ressaltaram a importância de priorizar as áreas de APPs nos corredores ecológicos, pois, a simples aplicação da legislação sobre essas áreas favorece a interligação de vários fragmentos florestais remanescentes. Ademais, essa priorização contribui para a formação dos corredores, além de minimizar a ocorrência de alguns problemas ambientais e reduzir possíveis custos no reflorestamento nativo.

Em relação às áreas ocupadas pelos corredores ecológicos nas classes de declividade (Tabela 4), grande parte dessas áreas foram alocadas na classe de menor declividade. Porém, isso se deve ao fato de a maior parte da área de estudo apresentar declividade menor que 20° , e, portanto, esse comportamento não significa ineficiência da metodologia utilizada. Apesar da porcentagem de área na classe de maior declividade ser muito baixa, é importante salientar que mantê-la com sua cobertura natural pode promover a estabilidade do solo evitando a perda de partículas por erosão e protegendo as partes mais baixas do terreno (LOUZADA et al., 2012; SKORUPA, 2003). Ademais, segundo Louzada et al. (2012), o ideal é que o corredor ecológico possua menores áreas nas classes $< 20^\circ$ e de 20° a 45° , pois essas são consideradas, apropriadas para a mecanização na agricultura e de uso restrito, respectivamente.

Quanto as áreas ocupadas por cada classe de uso em cada corredor proposto (Tabela 5), cerca de 95% da ocupação do corredor A está situada em classes prioritárias de uso da terra para esse fim, ou seja, com menores custos de implantação, enquanto que o corredor B teria cerca de 58% de sua área ocupada por classes de uso e ocupação da terra consideradas de peso médio (50) e quase 1% ocupado por classes de custos máximos (75 e 100), como culturas temporárias, solo exposto e áreas urbanas, o que tornaria necessária a recuperação e/ou desapropriação de cerca de 330 ha de área, tornando a implantação do corredor B demasiadamente onerosa se comparada ao corredor A. Dessa forma, o corredor A foi selecionado como o de rota mais curta e com menores custos para implantação para fazer a interligação entre as APAs do Rio Iraí e de Piraquara.

O corredor C (entre as APAs de Piraquara e do Rio Pequeno) tem maior parte da área em locais de baixa declividade; e cerca de 5% (cerca de 8,5 ha) da área em locais com pesos considerados médios (Campo e Vegetação arbórea plantada), implicando na necessidade de recuperação ambiental nessas áreas para a implantação do corredor.

Em relação aos corredores propostos para interligação das APAs do Rio Pequeno e de Guaratuba (D, E e F), corredores D e E alcançaram desempenho muito semelhante quanto aos custos de APP, uso e ocupação da terra e declividade. Assim sendo, o corredor D foi selecionado para interligar essas APAs por apresentar a menor dimensão dentre os referidos corredores, o que acarretaria em menor complexidade quanto à desapropriação dessas áreas e implantação do mesmo.

Sendo então, os corredores A e D selecionados para compor rota de interligação das áreas de preservação ambiental analisadas (Figura 3). Lembrando que as APAs do Rio Pequeno e de Piraquara são interligadas, optou-se por não propor nenhum corredor ecológico devido aos altos custos envolvidos na implantação.

Ferreira; Rocha (2010) comentam que em territórios que sofrem ou que tem tendência à forte pressão antrópica, a estrutura ecológica deve ser apreendida como fator essencial ao equilíbrio da região, mesmo que, a par da malha viária, redes de abastecimento de água e de energia entre outros. Ou seja, mesmo que os corredores ecológicos sejam alocados preferencialmente em áreas de menor custo, existe a possibilidade, devido à proximidade com centros urbanos e áreas de agrícolas, que em algum momento, os corredores ecológicos necessitem ser implantados em áreas de maior custo para garantir a continuidade do corredor, todavia, quando esse fato acontece, também há benefícios ambientais para a população, como áreas

de lazer, melhora da qualidade de água e ar, contribuindo para o equilíbrio ambiental do território.

A conectividade paisagística gerada por corredores ecológicos ou outros mecanismos, apoia a persistência da biodiversidade à longo prazo, os fluxos de energia, organismos e materiais, tais como, sementes, pólen, nutrientes, biomassa e sedimentos (NG et al., 2013; SAURA; PASCUAL-HORTAL, 2007). De acordo com Mitchell et al. (2013), a conectividade de paisagem é um dos principais pontos relacionados à dispersão animal, à reprodução de espécies, à persistência da população, à manutenção da função ecológica, bem como à prestação de vários serviços ambientais.

Muchailh et al. (2010) realizaram um estudo no entorno do Parque Nacional do Iguaçu, Terceiro Planalto Paranaense, no qual propuseram a conservação dos fragmentos florestais, denominadas zonas-núcleo de biodiversidade, as quais, interligadas por corredores, deveriam proporcionar aumentos nos fluxos genéticos entre populações de fauna e flora. Esses autores afirmam que um planejamento adequado realizado por micro bacia precisa prever o local ideal de implantação dos corredores tendo em vista o máximo ganho ambiental possível, sem, no entanto, inviabilizar as propriedades privadas, estando viáveis de implantação.

Salomon et al. (1999), comparando a análise hierárquica de Saaty (1977) com outros métodos de auxílio à decisão por múltiplos critérios, sugeriram a utilização desse método se as alternativas existentes forem no máximo nove, se houver disposição de tempo para a tomada de decisão, e se as alternativas e os critérios de decisão forem totalmente independentes.

Alguns autores destacam que as técnicas computacionais para a delimitação de corredores ecológicos devem ser usadas apenas para análises prévias de viabilidade. Contudo, esses autores destacam que a metodologia de análise hierárquica empregada permite que sejam gerados mapas de custo final que incluem muitas variáveis de contexto ecológico, paisagístico, educacional e entre outros, com a intenção de aprimorar o planejamento e a implantação de corredores ecológicos, esses que são tão necessários para a mitigação dos efeitos negativos oriundos da fragmentação florestal (LAPOLA; FOWLER, 2008; FERRARI et al., 2012).

Sob esse enfoque, Silva (1997) afirma que o zoneamento ambiental torna-se importante por proporcionar a possibilidade de representar a espacialização das informações, sendo uma ferramenta preventiva, de controle e monitoramento dos impactos ambientais, de acordo com as características específicas do território estudado. Dessa forma, considerar o zoneamento ambiental baseado na análise dos fatores bióticos e abióticos pode ser uma alternativa técnica aplicável, tanto para a conservação da diversidade biológica quanto para o planejamento e implantação de empreendimentos produtivos de menor impacto (MUCHAILH et al., 2010).

É importante ressaltar que esse estudo apenas analisou uma proposta de implantação de potenciais corredores ecológicos de menores impactos para interligar importantes áreas de preservação de grande biodiversidade na bacia do Alto Iguaçu, região metropolitana de Curitiba, sendo que a implantação dos corredores de fato depende de uma série de fatores. Ferrari et al. (2012) citam alguns exemplos de fatores como a desapropriação

de propriedades particulares, a promoção de mudanças de comportamento dos autores sociais envolvidos, dentre outras questões socioeconômicas.

O estímulo a atividades de ecoturismo e turismo sustentável, como pode ser com a implantação de corredores ecológicos é de suma importância, uma vez que essas ações trazem contribuições econômicas e culturais para as comunidades locais, manutenção de espaços naturais e preservação de Unidades de Conservação, sensibilização da população em geral sobre as questões ambientais e, fortalecimento da relação ser humano-natureza (HENRIQUES; NEGRO, 2007).

5. CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia de análise hierárquica mostrou-se eficiente para traçar corredores ecológicos, interligando os fragmentos florestais, visto que essa utiliza preferências com a existência de APPs, menor comprimento de caminho, assim como menor custo quanto à declividade e uso e cobertura da terra. Dessa forma, os corredores de menor custo foram os seguintes:

Corredor ecológico A, com 1.676,21 m, interligando as APAs de Iraí e Piraquara;

Corredor ecológico D, com 10.261,74 m, interligando as APAs de Rio Pequeno e do Rio Iraí.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela concessão da bolsa de estudos para apoiar a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ANJOS, H. O. **Riscos ambientais na delimitação de áreas potenciais para corredores ecológicos na sub-bacia hidrográfica do Rio das Almas (Goiás)**. 2008. 139p. Tese Doutorado Brasília: Universidade de Brasília. 2008.
- AYRES, J. M.; FONSECA, G. A. da; RYLANDS, A. B.; QUEIROZ, H. L.; PINTO, L. P.; MASTERSON, D.; CAVALCANTI, R. B. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 256p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Dispõe sobre os corredores de vegetação entre remanescentes como área de trânsito para a fauna**. Resolução n. 09, de 24 de outubro de 1996. Diário Oficial da União, n. 217, p. 23070, 1996.
- DAMSCHEN, E. I.; HADDAD, N. M.; ORROCK, J. L.; TEWKSBURY, J. J.; LEVEY, D. J. Corridors increase plant species richness at large scale. *Science*, Washington, v. 313, n. 5791, p. 1284-1286, 2006. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1130098>
- FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Corredores ecológicos potenciais na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de um SIG. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 7, n. 1, p. 133-141, 2012. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7i1a1577>.
- FERREIRA, J. C.; ROCHA, J. Rede de Corredores verdes para a Área Metropolitana de Lisboa: estratégias e oportunidades para a Requalificação Ambiental. In: Corredores Verdes. Contributo para um Ordenamento Sustentável Regional e Local. *Anais...* Instituto Geográfico Português, Lisboa. 2010.

- ICMBIO. **Unidades de conservação**. 2016. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao>>. Acesso em: 07 de out. 2016.
- HENRIQUES, J. H. P.; NEGRO, E. F. C. Turismo sustentável nos corredores ecológicos do estado do Espírito Santo. IN: **Instituto do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis Corredores Ecológicos: experiência em planejamento e implantação**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, 2007.
- INGEGNOLI, V. **Landscape Bionomics, Biological-Integrated Landscape Ecology**. Springer Verlag. 2015. 431p.
- LAPOLA, D. M.; FOWLER, H. G. Questioning the implementation of habitat corridors: a case study in interior São Paulo using ants as bioindicators. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 1, p. 11-20, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100003>.
- LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G.; COELHO, A. L. N.; EUGENIO, F. C.; SAITO, N. S.; PELUZIO, T. M. O.; TULER, T. O.; TEBALDI, A. L. C.; GARCIA, G. O. 2010. **Delimitação de corredores ecológicos no ArcGIS 9.3**. LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G, organizadores. - Alegre- Brasil: CAUFES, 2010. 50p.
- LOUZADA, F. L. R. de O.; SANTOS, A. R. D.; SILVA, A. G. D.; OLIVEIRA, O. M. D.; GARCIA, G. de O.; SOARES, V. P.; PELUZIO, J. B. E. Proposta de corredores ecológicos para interligação de parques estaduais utilizando geotecnologia, Espírito Santo (ES)-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Merida, v. 53, n. 2, p.239-254, 2012. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730393004>
- MITCHELL, M. G. E.; BENNETT, E. M.; GONZALEZ, A. Linking landscape connectivity and ecosystem service provision: current knowledge and research gaps. **Ecosystems**, New York, v. 16, n. 5, p. 894-908, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-013-9647-2>
- MUCHAILH, M. C. **Análise da paisagem visando à formação de corredores de biodiversidade: Estudo de caso da porção superior da bacia do rio São Francisco Falso, Paraná**. 2007. 142f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.
- MUCHAILH, M. C.; RODERJAN, C. V.; CAMPOS, J. B.; MACHADO, A. L. T.; CURCIO, G. R. Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 147-162, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v40i1.17106>
- NG, C. N.; XIE, Y. J.; YU, X. J. Integrating landscape connectivity into the evaluation of ecosystem services for biodiversity conservation and its implications for landscape planning. **Applied Geography**, Oxford, v. 42, p. 1-12, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.04.015>
- PELOROSSO, R.; GOBATTONI, F.; GERI, F.; MONACO, F.; LEONE, A. Evaluation of Ecosystem Services related to Bio-Energy Landscape Connectivity (BELC) for land use decision making across different planning scales. **Ecological Indicators**, v.61, p.114-129, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.016>
- PEREIRA, M. A. S., NEVES, N. A. G. S.; FIGUEIREDO, D. F. C. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. **Geografia**, v.16, n.2 p.5-24. 2007.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, New York, v.15, n.3, p.234-281, 1977. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- SALOMON, V. P.; MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1999. 17p.
- SANTOS, J. S. M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. 2003. 176f. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2003.
- SAURA, S.; PASCUAL-HORTAL, L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 83, n. 2-3, p. 91-103, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>
- SEOANE, C. E.; DIAZ, V. S.; SANTOS, T. L.; FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n.63, p.207-216, 2010. <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.63.207>.
- SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Padrões Espaciais de Fragmentação Florestal na Flona do Ibura, Sergipe. **Mercator**, Fortaleza, v.13, p.121-137, 2014. <http://dx.doi.org/10.4215/RM2014.1303.0009>
- SILVA, T. C. **Demanda de instrumentos de gestão ambiental: zoneamento ambiental**. Brasília, DF: IBAMA, 1997. 33 p.
- SKORUPA, L. A. 2003. Área de preservação permanente e desenvolvimento sustentável. Jaguariúna: **Embrapa**. (Online). Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Skorupa_areasID-GFiPs3p4lp.pdf. Acesso em: 28 setembro 2016.