

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

KARINA FERREIRA DE BARROS

CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM DA
FLORESTA NACIONAL DE PIRAÍ DO SUL E ENTORNO, PARANÁ, BRASIL

PONTA GROSSA
2015

KARINA FERREIRA DE BARROS

CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM DA
FLORESTA NACIONAL DE PIRAÍ DO SUL E ENTORNO, PARANÁ, BRASIL

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Gestão do
Território pela Universidade Estadual de
Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação
em Geografia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosemeri Segecin
Moro

PONTA GROSSA
2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

B277 Barros, Karina Ferreira de
Conectividade estrutural e funcional da paisagem da Floresta Nacional de Pirai do Sul e entorno, Paraná, Brasil/ Karina Ferreira de Barros. Ponta Grossa, 2015. 131f.

Dissertação (Mestrado em Gestão do Território - Área de Concentração: Gestão do Território: Sociedade e Natureza), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rosemeri Segecin Moro.

1.Ecologia de paisagem. 2.Fragmentação. 3.Conectividade estrutural. 4.Conectividade funcional. 5.Unidade de conservação. I.Moro, Rosemeri Segecin. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Gestão do Território. III. T.

CDD: 577.3

TERMO DE APROVAÇÃO

KARINA FERREIRA DE BARROS

"CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM DA FLORESTA NACIONAL DE PIRAÍ DO SUL E ENTORNO, PARANÁ, BRASIL"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosemeri Segecin Moro
UEPG

Prof. Dr. Anésio da Cunha Marques
ICMBIO

Prof^a. Dr^a. Sílvia Méri Carvalho
UEPG

Ponta Grossa, 25 de fevereiro de 2015.

Dedico à minha mãe,
Maria Tereza Heuschkel de Barros,
sempre na memória e no coração.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr^a. Rosemeri Segecin Moro, por mais uma vez me acolher, com suas orientações sempre tão precisas. Agradeço por sua imensa paciência, compreensão, disponibilidade e amizade.

A todos os colegas e professores do Mestrado em Gestão do Território, por compartilharem conhecimentos e por me permitir esse encantamento novo com a Geografia.

À amiga Lilian, que também viveu essa “vida dupla” de mestranda e analista ambiental e com quem compartilho a avaliação de que o esforço valeu a pena, também para qualificar nosso trabalho no ICMBio.

À Elisana Milan, pela disponibilidade no auxílio inicial com as métricas.

À Dra. Elisabete Bautista Flores (UACJ), pela grande contribuição na qualificação, ao Dr. Anésio da Cunha Marques, pela disponibilidade em participar da banca, e à Dra. Silvia Meri Carvalho (UEPG), pelas sugestões nos dois momentos.

Aos colegas da FLONA de Pirai do Sul e a todos os pesquisadores que realizaram os primeiros levantamentos biológicos na FLONA, gerando informações essenciais à análise da conectividade funcional.

A toda minha família, pela compreensão e apoio. Em especial, à vó Judith, exemplo de coragem.

Ao Gabriel, pelo amor e companheirismo, por reduzir minha ansiedade e controlar minhas divagações, com seu jeito prático e objetivo de enfrentar os desafios.

Ao Antônio, filhote maior, que com a curiosidade própria de seus oito anos, sempre se interessou pela “Floresta” e me deu muitas dicas para os mapas “ficarem mais bonitos”.

Ao Felipe, filhote menor, por manter o nível de energia sempre altíssimo ao meu redor.

A Deus, por me permitir viver tantas coisas diferentes durante o período do mestrado, talvez para testar minha persistência e me fazer compreender que na vida (ao menos na minha!), está tudo absolutamente conectado, nessa abençoada rede de relações que me faz seguir aprendendo e caminhando!

RESUMO

O enfoque desta análise foi a manutenção da conectividade na paisagem como um princípio fundamental para a conservação da biodiversidade, onde os fluxos ecológicos são considerados altamente relevantes para o planejamento voltado à conservação ambiental. A combinação entre a análise espacial da geografia e análise funcional da ecologia permite a compreensão da conectividade da paisagem a partir da interação entre o arranjo físico da paisagem (conectividade estrutural) e a resposta dos organismos a essas estruturas físicas (conectividade funcional). Na Floresta Nacional de Piraí do Sul e entorno, uma unidade de conservação de uso sustentável de 153 hectares inserida no bioma da Mata Atlântica, o cálculo de métricas estruturais revelou o predomínio de uma matriz pouco permeável e alterada pela agricultura, silvicultura, pecuária e estradas. Há predomínio quantitativo de fragmentos pequenos, com 75% dos fragmentos inferiores a 3,2ha. Há poucos fragmentos maiores, agregados. Há alta proporção de áreas de borda (13,3% da área total), com 70% dos fragmentos totalmente sujeitos ao efeito de borda. A disposição espacial dos fragmentos implica em baixa oferta de habitat, pois embora mais de 53% dos fragmentos estejam na vizinhança de outro fragmento a uma distância de até 20m, os seus vizinhos, nesse raio, possuem área pequena. O baixo índice de conectividade (6,3%) também é um forte indicador do grau de fragmentação. Apenas 4,4% da área total da paisagem configura-se como corredores, basicamente determinados pela rede hidrográfica. A análise funcional revela que a percepção sobre a conectividade da paisagem é variável, sendo que para espécies animais de hábitos generalistas, o perfil de tamanho e disposição dos fragmentos não compromete o deslocamento entre os elementos da paisagem. As espécies animais especialistas, contudo, percebem um cenário de fragmentação altamente comprometedor. Para as espécies vegetais, as características estruturais dos fragmentos constituem aspectos secundários à percepção da paisagem. A fragmentação da paisagem deve ser levada à discussão no Conselho Gestor da FLONA de Piraí do Sul e tratada no Plano de Manejo, que deve incorporar critérios adequados ao enfrentamento do problema ecológico representado pelo comprovado quadro de fragmentação da paisagem. Para tanto, são discutidas contribuições específicas da análise da conectividade.

Palavras-chave: Ecologia de Paisagem, Fragmentação, Conectividade Estrutural, Conectividade Funcional, Unidade de Conservação.

ABSTRACT

The focus of this analysis was the maintenance of connectivity in landscape as a fundamental principle for biodiversity conservation, where ecological flows are considered highly relevant to planning aimed at environmental conservation. The combination between the geography spatial analysis and functional analysis of ecology allows the understanding of landscape connectivity from the interaction between the physical arrangement of the landscape (structural connectivity) and the response of organisms to these physical structures (functional connectivity). In Pirai do Sul National Forest, a 153ha unit of conservation of sustainable use within the Atlantic forest biome, the calculation of structural metrics revealed the predominance of a little permeable matrix modified by agriculture, forestry, livestock and roads. Predominate small patches with 75% of the fragments lesser than 3,2ha. The few larger patches are aggregated. There is a high proportion of edge (13.3% of the total area), with 70% of the patches entirely subject to edge effects. The spatial disposition of the patches imply in low supply of habitat, because although over 53% of the patches were in the vicinity of another fragment at a distance of up to 20 m, its neighbors in that search radius are very small. The low level of connectivity (6.3%) also is a strong indicator of the degree of fragmentation. Only 4.4% of the total area of the landscape consists on corridors, mostly determined by the hydrographic network. The functional analysis reveals that the perception of landscape connectivity is variable, and for generalists animal species, the profile of size and arrangement of patches does not compromise the offset among the elements of the landscape. Specialized animal species, however, perceive a scenario of fragmentation highly compromising. For the plant species, the structural characteristics of the patches constitute secondary aspects to the landscape perception. Fragmentation of the landscape must be brought to discussion on the Managing Council of Pirai do Sul National Forest and should be treated within the management plan. This should incorporate appropriate criteria to the confrontation of the ecological problem represented by the proven framework of landscape fragmentation. To do so, are discussed specific contributions of the connectivity analysis.

Keywords: Landscape Ecology, Connectivity, Habitat fragmentation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Processo de fragmentação, representando áreas de <i>habitat</i> e matriz	30
Figura 2	Efeitos do processo de fragmentação da paisagem	33
Figura 3	Etapas da pesquisa sobre a conectividade entre a FLONA de Piraí do Sul e seu entorno.	42
Figura 4	Localização da FLONA de Piraí do Sul	48
Figura 5	Classes de Declividade na FLONA de Piraí do Sul	52
Figura 6	Modelo Digital de Terreno na FLONA de Piraí do Sul	52
Figura 7	Nascente e estruturas de distribuição de água na FLONA de Piraí do Sul.	53
Figura 8	Estrada localizada no interior da FLONA de Piraí do Sul e trave de restrição de altura de veículos	54
Figura 9	Usos da Terra e Hidrografia da FLONA de Piraí do Sul	55
Figura 10	Remanescente de vegetação nativa na FLONA de Piraí do Sul	59
Figura 11	Reflorestamento de araucária na FLONA de Piraí do Sul.	59
Figura 12	Capoeirinha na FLONA de Piraí do Sul	60
Figura 13	Gráfico de distâncias de dispersão e movimentação de espécies animais e vegetais na FLONA de Piraí do Sul	65
Figura 14	Paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	66
Figura 15	Modelo Digital de Terreno da Paisagem da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno.	68
Figura 16	Declividade da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno	69
Figura 17	Usos da terra na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno	70
Figura 18	Usos da terra característicos da FLONA de Piraí do Sul e	71

seu entorno: Pastagens, Silvicultura e cultivo agrícola

Figura 19	Localização das comunidades rurais na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno.	72
Figura 20	Classes de tamanhos dos fragmentos na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	76
Figura 21	Cartograma de classes de tamanhos dos fragmentos identificados na FLONA de Piraí do Sul e entorno	78
Figura 22	Classes de tamanho da área nuclear dos fragmentos identificados na FLONA de Piraí do Sul e entorno	78
Figura 23	Cartograma de classes de tamanho da área nuclear dos fragmentos identificados na FLONA de Piraí do Sul e entorno	79
Figura 24	Cartograma das classes dos fragmentos quanto à forma, na FLONA de Piraí do Sul e entorno	82
Figura 25	Cartograma de classificação dos fragmentos da FLONA de Piraí do Sul e entorno, quanto ao índice FRACT	83
Figura 26	Cartograma de distribuição dos fragmentos quanto à distância ao vizinho mais próximo da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	85
Figura 27	Classificação dos fragmentos da FLONA de Piraí do Sul e entorno quanto à Distância Vizinho Mais Próximo (ENN).	86
Figura 28	Cartograma dos elementos da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	90
Figura 29	Áreas tratadas nas contribuições ao planejamento para a conservação ambiental da FLONA de Piraí do Sul e entorno	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição das classes de paisagem na FLONA de Piraí do Sul e entorno.	73
Tabela 2	Parâmetros do tamanho dos 47 fragmentos na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	75
Tabela 3	Classes de tamanhos dos fragmentos florestais na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	76
Tabela 4	Classes dos índices de forma (SHAPE) para os fragmentos identificados na FLONA de Piraí do Sul e entorno	81
Tabela 5	Classes dos índices de dimensão fractal (FRACT) para os fragmentos na FLONA de Piraí do Sul e entorno.	82
Tabela 6	Métricas relativas à Distância ao Vizinho Mais Próximo calculados entre os fragmentos florestais na FLONA de Piraí do Sul e entorno	84
Tabela 7	Valores de Índices de Proximidade da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	87
Tabela 8	Valores do índice de conectividade (CONNECT), para a paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	88
Tabela 9	Métricas de composição da paisagem, calculadas para a paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Métricas empregadas para a análise da conectividade estrutural da paisagem	46
Quadro 2	Composição do Conselho Consultivo da FLONA de Piraí do Sul.	50
Quadro 3	Uso da Terra na FLONA de Piraí do Sul	54
Quadro 4	Espécies representativas encontradas nos remanescentes de vegetação nativa da FLONA de Piraí do Sul e informações ecológicas relevantes à pesquisa	56-58
Quadro 5	Espécies representativas de mamíferos de médio e grande porte encontradas na FLONA de Piraí do Sul e informações ecológicas relevantes à pesquisa	60-62
Quadro 6	Principais espécies de mamíferos de pequeno porte encontradas na FLONA de Piraí do Sul e características ecológicas relevantes à pesquisa	62-63
Quadro 7	Principais espécies de aves encontradas na FLONA de Piraí do Sul e características ecológicas relevantes à pesquisa	63-64
Quadro 8	Uso da Terra na FLONA de Piraí do Sul e Entorno	71

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 MARCOS CONCEITUAIS	14
1.1 O CONCEITO POLISSÊMICO DE PAISAGEM E SUA INCORPORAÇÃO À CIÊNCIA GEOGRÁFICA.....	14
1.2 A ECOLOGIA DA PAISAGEM.....	20
1.2.1 Abordagens da dinâmica da paisagem.....	24
1.2.2 O Processo de fragmentação.....	28
1.2.3 A conectividade na paisagem.....	34
1.2.4 Elementos norteadores para a análise da conectividade.....	37
1.3 CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DA PAISAGEM AO PLANEJAMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	39
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
2.1 MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA.....	42
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA FLONA DE PIRAÍ DO SUL.....	48
2.2.1 Localização e Histórico.....	48
2.2.2 Aspectos físicos da FLONA de Piraí do Sul.....	51
2.2.3 Elementos bióticos da FLONA de Piraí do Sul.....	56
2.3 O ENTORNO DA FLONA DE PIRAÍ DO SUL.....	64
2.3.1 Abrangência do entorno para delimitação da paisagem.....	64
2.3.2 Elementos físicos da paisagem.....	67
2.3.3 Caracterização socioeconômica.....	72
3 ESTRUTURA DA PAISAGEM.....	73
3.1 COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA ESTRUTURA.....	73
3.2 RELAÇÕES DE VIZINHANÇA ENTRE OS FRAGMENTOS E CONECTIVIDADE ESTRUTURAL.....	84
3.2 CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM.....	88
4 IMPLICAÇÕES DA ESTRUTURA PARA A CONECTIVIDADE FUNCIONAL DA PAISAGEM.....	91
4.1 IMPLICAÇÕES PARA AS AVES.....	91
4.2 IMPLICAÇÕES PARA OS ANFÍBIOS.....	92
4.3 IMPLICAÇÕES PARA AOS MAMÍFEROS.....	93
4.4 IMPLICAÇÕES PARA A VEGETAÇÃO.....	98
5 CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DA CONECTIVIDADE PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA PAISAGEM.....	105
5.1 ELEMENTOS DA CONECTIVIDADE E O PROCESSO DE FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM.....	105
5.2 CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DA CONECTIVIDADE AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL, A PARTIR DA FLONA DE PIRAÍ DO SUL.....	108
CONCLUSÃO.....	115
REFERÊNCIAS	118

INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade representa grande desafio, em função do elevado nível de perturbações nos ecossistemas naturais, que implicam em crescente substituição das paisagens por outros usos do solo (VIANA; PINHEIRO, 1998). Tais interferências convertem extensas e contínuas áreas da paisagem com cobertura florestal em fragmentos florestais com pequena ou nenhuma conectividade.

A conectividade é um conceito básico no planejamento de áreas protegidas e geralmente utilizado na Ecologia de Paisagens (PHILLIPS *et al.*, 2008), sendo a manutenção da conectividade nas paisagens apontada como um dos princípios gerais que podem ajudar a atingir o objetivo de conservar a biodiversidade (LINDENMAYER *et al.*, 2002).

Discussões sobre conectividade estão permeadas pela compreensão da fragmentação dos habitats e os processos que levaram à interrupção da continuidade dos habitats. Processos como os movimentos entre os componentes da paisagem e os fluxos ecológicos em geral tem sido considerados como prioridades de investigação na Ecologia de Paisagens (WU; HOBBS, 2002), altamente relevantes para o planejamento ambiental voltado à conservação ambiental.

Esta pesquisa fundamenta-se nos princípios da Ecologia da Paisagem, numa abordagem espacialmente explícita, onde a paisagem é considerada um “mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação” (METZGER, 2001, p.4). A combinação entre a análise espacial da geografia e análise funcional da ecologia é capaz de permitir a compreensão da conectividade da paisagem, a partir da interação entre o arranjo físico da paisagem (conectividade estrutural) e a resposta dos organismos a essas estruturas físicas (conectividade funcional) (TAYLOR *et al.*, 1993).

O recorte espacial analisado compreende a Floresta Nacional de Pirai do Sul e seu entorno, cuja abrangência foi definida na própria análise. Trata-se de unidade de conservação de uso sustentável (BRASIL, 2000), com 153

hectares, localizada no município de Piraí do Sul, região centro-oriental do Paraná e inserida no bioma da Mata Atlântica.

A Mata Atlântica apresenta atualmente cerca de 8% de cobertura remanescente, enquadrando-se como um dos biomas mais importantes e ameaçados do planeta. No contexto do bioma Mata Atlântica e, de modo mais específico, considerando a Floresta Ombrófila Mista, apura-se a redução a menos que 5% da cobertura original, o que torna a ecorregião uma das mais ameaçadas (CASTELLA; BRITTES, 2004). Ainda, estudos demonstram que apenas 17% dos remanescentes nativos possuem mais de 50 hectares e mesmo fragmentos dessa dimensão não são capazes de garantir, isoladamente, a viabilidade das populações de todas as espécies dessa floresta (SANQUETTA; MATTEI, 2006). Tal redução da cobertura natural em manchas menores e desconectadas resulta na perda de habitats. Os efeitos destrutivos da fragmentação tornam os fragmentos mais vulneráveis à perda de espécies e funções.

O objetivo central desta pesquisa é compreender como a Floresta Nacional de Piraí do Sul se insere no contexto da paisagem local, estrutural e funcionalmente. Os objetivos específicos são: (i) analisar a conectividade estrutural da paisagem, definida a partir de critérios ecológicos; (ii) analisar a funcionalidade da paisagem para espécies animais e vegetais selecionadas; (iii) analisar o processo da fragmentação da paisagem, a partir de elementos da conectividade estrutural e funcional; (iv) subsidiar o planejamento para a conservação ambiental da paisagem, a partir da Floresta Nacional de Piraí do Sul.

A pesquisa está estruturada em cinco capítulos. No primeiro, são discutidos marcos teóricos relevantes à compreensão da conectividade, partindo da evolução do conceito de paisagem e situando-o no campo científico da Ecologia de Paisagens. No capítulo 2, detalham-se os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa e realiza-se a caracterização da paisagem da Floresta Nacional de Piraí do Sul e seu entorno, a partir de aspectos físicos, ecológicos e socioeconômicos. O capítulo 3 discute especificamente a conectividade estrutural da paisagem, a partir do cálculo das métricas. No capítulo 4, é realizada a discussão sobre a conectividade funcional da paisagem, a partir do estabelecimento de relações entre a

estrutura e os aspectos ecológicos de espécies representativas. Por fim, o capítulo 5 traz uma análise do processo de fragmentação da paisagem na Floresta Nacional de Pirai do Sul e contribuições da análise da conectividade para o planejamento voltado à gestão da conservação ambiental.

CAPÍTULO 1. MARCOS CONCEITUAIS

1.1. O CONCEITO POLISSÊMICO DE PAISAGEM E SUA INCORPORAÇÃO À CIÊNCIA GEOGRÁFICA

O conceito de paisagem é polissêmico e resulta de representações filosóficas e sociais. Etimologicamente, o termo paisagem apresenta conotação espacial sob duas perspectivas históricas: uma estética-fenomenológica e uma geopolítica. (VITTE, 2007)

Considerando a perspectiva estética, a primeira referência à palavra “paisagem” teria ocorrido no Livro dos Salmos, escrito por volta de 100 A.C., com autoria atribuída ao Rei Davi, referindo-se à bela vista de Jerusalém, dos castelos e templos, já que em hebraico, o vocábulo *noft* (paisagem) está relacionado com *yafe*, que significa algo maravilhoso. (VITTE, 2007; METZGER, 2001).

Na Antiguidade, na Idade Média e até meados do século XIX, esta noção visual e estética da paisagem era adotada na literatura e nas artes em geral. Na linguagem comum, em português, paisagem toma a acepção de “espaço ou extensão de território que se capta num lance de vista.” (FERREIRA, 2010).

A perspectiva geopolítica, por sua vez, situa o termo paisagem na Europa:

Do latim *pagus*, significando território ou campo cultivado, proveio o francês *pays* e daqui *paysan* ou *paysage*. Em italiano, com a mesma origem, resultou *paessagio* e em espanhol *paisaje*. Nas línguas germânicas, em inglês e alemão, de uma raiz comum, *land*, com significado idêntico ao de *pagus*, e também de região e país, resultou *landscape* e *Landschaft*. [...] A forma inglesa antiga, na Idade Média, era *landscipe*, utilizada para um território pertencente a um senhor ou habitado por um grupo particular de gente. (AMARAL, 2001, p. 75)

Segundo Mendonça e Venturi (1998, p. 65), “as premissas históricas do conceito de paisagem, para a geografia, surgem por volta do século XV no Renascimento, momento em que o homem, ao mesmo tempo em que começa a distanciar-se da natureza, adquire técnica suficiente para vê-la como algo passível de ser apropriado e transformado”.

Segundo Figueiró (1997), para que o conceito de paisagem fosse incorporado à ciência contemporânea, foram necessárias duas condições: a) a ruptura efetiva entre sujeito e objeto, com a decorrente consciência acerca da exterioridade do observador; b) a superação da fragmentação positivista (especialização do conhecimento) em direção à construção da totalidade do conhecimento, só retomada pela visão holística romântica da escola geográfica alemã, no século XIX.

Assume-se que a noção de paisagem se difunde, dentro da escola geográfica alemã, através de Humboldt, no século XIX, o qual introduziu o termo “paisagem” no campo do conhecimento científico, com objetivos vinculados à necessidade de organização e domínio do espaço, mais especificamente do território nacional alemão. Baseado no empirismo raciocinado francês e na concepção estética romântica naturalista alemã, utilizou um método explicativo e comparativo para diferenciar paisagens, especialmente a partir da vegetação. Para Schier (2003) e Figueiró (1997), Humboldt destacou-se por sua visão mais holística da paisagem, associando elementos diversos da natureza e da ação humana:

A tentativa de decompor em seus diversos elementos a magia do mundo físico está cheia de riscos, porque o caráter fundamental de uma paisagem e de qualquer cena imponente da Natureza deriva da simultaneidade de ideias e de sentimentos que suscita no observador. O poder da Natureza se manifesta, por assim dizê-lo, na conexão de impressões, na unidade de emoções e sentimentos que se produzem, em certo modo, de uma só vez. (FIGUEIRÓ, 1997, p.51)

Já o geógrafo alemão Ratzel utilizou, no final do século XIX, o conceito da paisagem em uma ótica antropogênica (SCHIER, 2003), compreendida como resultado do distanciamento do espírito humano do seu meio natural e baseada na dialética entre os elementos fixos da paisagem natural, como o solo e os rios, com os elementos móveis, em geral humanos. Diferentemente da abordagem morfológica da paisagem proposta por Humboldt, Ratzel buscou desvendar as relações causais que se processam dentro da natureza, dentro da chamada *Landchaftskunde* ou Ciência da Paisagem. Neste mesmo período, o francês La Blache, contemporâneo de Ratzel, privilegia a inter-relação entre os elementos naturais e humanos e traz à geografia uma posição mais antropogênica e anti-determinista (SCHIER, 2003), ao colocar o homem como

um ser ativo que sofre a influência do meio, mas também o transforma. Considera-se que Humboldt, Ratzel e La Blache contribuíram decisivamente para a aceitação do estudo da paisagem como categoria espacial, dentro da comunidade científica. (SILVEIRA, 2009). Para Sant'ana *et al.* (2009), portanto, a paisagem constitui uma categoria de análise, dentro da Geografia, desenvolvida para ocupar as lacunas deixadas pelas pesquisas setorializadas junto à apreensão global do espaço.

A temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de conteúdos e significados. Esta elasticidade demonstra, na realidade, uma complexização do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural. (VITTE, 2007, p. 02)

Na passagem do século XIX para o século XX, conforme Figueiró (1997), a ideia de paisagem apresentou um substancial amadurecimento, sendo incorporada à ciência geográfica. Na geografia física, Passarge teve a fisiologia da paisagem como o eixo estruturador de sua obra (FIGUEIRÓ, 1997), publicando o primeiro livro integralmente dedicado ao estudo da paisagem, *Fundamento da ciência da paisagem* (1919-1920). A partir da compreensão do processo genético e estruturador das paisagens naturais, associado a um instrumental cartográfico, o geógrafo poderia estabelecer uma ordem e uma hierarquia entre as paisagens.

Já Schlüter reafirmou a abordagem morfológica descritiva de Humboldt, falando em paisagem cultural (*Kulturlandschaft*), paisagem natural (*Naturlandschaft*) e paisagem florestal (*Urlandschaft*), como menciona Vitte (2007). Concebeu a paisagem como uma totalidade, onde se integram os elementos da natureza e os elementos da cultura. Seus estudos contribuíram para manter a unidade da geografia, pois uma paisagem é modelada tanto pelas forças da natureza e pela vida, quanto pela ação dos homens. (CLAVAL, 2007). Dentro do campo científico geográfico, essa valorização da percepção subjetiva da paisagem também gerou reflexos atuais dentro da escola humanística, na geografia da percepção.

Conforme lembra Carvalho *et al.* (2002), apesar de Schlüter trazer elementos para a discussão do conceito de paisagem cultural, foi Troll, um dos geógrafos físicos com mais influência no século XX que, na década de 1930,

tornou o conceito consistente. Apresentou um modelo teórico mais próximo à realidade através da incorporação da perspectiva temporal, como via metodológica integradora capaz de vencer dicotomias entre as concepções de paisagem natural e paisagem cultural. Sob influência da geografia alemã, muitos geógrafos da época passaram a utilizar um conceito regional para conceber a paisagem como um conjunto de fatores naturais e humanos, o que de certa forma delimitou a geografia física e humana.

Troll também propôs um modelo de classificação e hierarquização da paisagem, cujos elementos geraram as bases para a Geoecologia, semelhante à “Ecologia da Paisagem” desenvolvida pelo alemão Neef e que consiste na análise funcional da paisagem, formada pelo conjunto de organismos vivos, o ambiente e as relações entre eles. Assim, trouxe considerações contemporâneas da Ecologia para o estudo da paisagem, considerando-a como “entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem” (POZZO; VIDAL, 2010, p. 116). Troll propõe a tomada de unidades de paisagem com dimensões diferenciadas que envolvem, portanto, múltiplas escalas. Para Troll, a noção básica da paisagem é a espacialidade, a heterogeneidade do espaço que o homem habita, numa perspectiva holística e sinérgica.

A Teoria Geral dos Sistemas Dinâmicos, publicada em 1948, por Bertalanffy, influenciou as bases epistemológicas dos estudos de paisagem, a medida que autores na Alemanha e leste europeu começaram a desenvolver seus trabalhos a partir dessa abordagem sistêmica, deixando de lado o aspecto fisionômico, e privilegiando as análises sobre trocas de matéria e energia dentro do sistema (complexo físico-químico e biótico). Para Marques (2007, p. 32), “o estudo da paisagem se aproxima do conceito de sistema justamente a partir da disseminação dos princípios da Teoria Geral dos Sistemas e da formulação do conceito de ecossistema formulada por Tansley em 1935”. A abordagem sistêmica da paisagem combate a visão de que a paisagem seria uma mera soma de temas isolados como a geologia, vegetação, clima, etc., sem atentar para a interação entre eles.

Cabe aqui contextualizar, ainda, o desenvolvimento da ciência da paisagem na ex-URSS, onde se privilegiou inicialmente o estudo estritamente natural inspirado pelas ideias darwinistas, a noção de “Complexo Natural Territorial” de Dokoutchaev (1846-1903). Porém, a partir da primeira metade do

século XX, Sotchava também concebeu uma abordagem sistêmica, quantitativa, expressa pela proposta do geossistema (1960), que representou evolução de ordem epistemológica para a compreensão da paisagem, “um novo período de análise sobre paisagem. ” (MACIEL; LIMA, 2011). Segundo Ferreira (2010), a escola geográfica soviética desenvolveu-se sob o Marxismo Leninismo, que privilegiava a análise dialética das totalidades e à necessidade de planejamento centralizado, a partir de unidades naturais integradas, para a construção socialista. Assim, a obra de Sotchava propõe que a paisagem seja concebida, além de sua morfologia e subdivisões, pelo estudo de sua dinâmica, estrutura funcional e conexões. Contudo, apesar de representar grande avanço epistemológico, a proposta de Sotchava foi, segundo Sant’ana *et al.* (2009), carente de metodologia.

Com os aportes teóricos e metodológicos, a concepção sistêmica do estudo da paisagem passa a ser adotada nos países latinos, especialmente a França, a partir da década de 1960. Na Espanha, Bolós (1981, p. 55) definiu a paisagem integrada como “uma área geográfica, unidade espacial, cuja morfologia agrega uma complexa inter-relação entre a litologia, estrutura, solo, fauna e flora, sob ação constante da sociedade, que transforma”.

A discussão sobre paisagem não se restringe aos elementos ecológicos, mas também aos valores sociais, econômicos e culturais. O francês Bertrand, em seu artigo *Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico*, buscou suprir a lacuna metodológica existente, concebendo o geossistema como uma opção para compreender a paisagem. Propôs a classificação da paisagem do ponto de vista sistêmico:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1972, p. 7-8)

Bertrand preocupou-se em contribuir para um avanço epistemológico da ciência da paisagem e, conforme menciona Figueiró (1997, p. 64), “ultrapassa os estágios da descrição e da classificação, atingindo uma sistematização global dos elementos da paisagem e seus atributos, fato este que contribuiu enormemente para uma interpretação do complexo da paisagem mais próxima da realidade. ”

Pode-se dizer que na escola francesa tanto Bertrand (1972) quanto Tricart (1976) seguem a mesma linha de raciocínio de Troll, no que se refere à abordagem taxonômica, tipológica e dinâmica da paisagem. Tricart ressaltou a importância da geomorfologia no estudo e na ordenação da paisagem (MACIEL; LIMA 2011), propondo uma metodologia de delimitação e análise sistêmica de unidades territoriais baseada na concepção de que as diferenciações nas unidades de relevo somadas às modificações produzidas pelo homem diferenciam o relevo e assim geram as unidades de paisagem. (FERREIRA 2010). Com as discussões ambientais tomando força, a abordagem sistêmica e integrada dos componentes da natureza refletiu na intensificação de estudos relacionados à paisagem, especialmente a partir da década de 1980. Com o advento da Teoria da Complexidade, a paisagem é “entendida como um sistema complexo composto de rochas, depósitos superficiais, relevo, solos, plantas, animais e sociedade e que a mesma vem passando por permanentes transformações espaciais e temporais em função da dinâmica dos processos.” (MACIEL; LIMA, 2011, p. 169)

A análise sistêmica na Geografia acaba trazendo uma certa sobreposição conceitual entre paisagem e geossistema. Para Troppmair (2000, p.8), enquanto o geossistema é “um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem” a “paisagem é um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a Geografia, pois a paisagem é a fisionomia do próprio geossistema”.

Sánchez e Cardoso da Silva (1995) entendem que os conceitos de paisagem e geossistema associam uma forma comum de análise sistêmica, como uma porção perceptível do espaço, concreta, descritível, analisável e projetável.

Mais objetiva sobre a questão se torna a reflexão de Oliveira (2003, não paginado) afirmando que:

O geossistema representa um conjunto orgânico e dinâmico composto por elementos bióticos e abióticos e antrópicos regido por relações variáveis no tempo e no espaço, ao passo que a paisagem seria a materialização de um estado do geossistema através de uma combinação particular e histórica de seus constituintes.

Vencido esse impasse metodológico, cabe discutir como a categoria de análise geográfica “Paisagem” foi tratada na escola geográfica norte-americana. Nesta, a paisagem foi definida como uma unidade heterogênea, composta por um complexo de unidades interativas cuja estrutura pode ser definida pela área, forma e disposição espacial destas unidades. (FORMAN; GODRON, 1986). A análise da paisagem é focada nas relações horizontais entre os diversos elementos do mosaico da paisagem, sua configuração e sua funcionalidade. Para Turner *et al.* (2001), paisagem é uma área espacialmente heterogênea em pelo menos um fator de interesse.

No Brasil, Ab’Saber (1969) defendeu a paisagem como o resultado da relação entre os processos passados (definidores da compartimentação regional da superfície) e os processos atuais (dinâmica atual das paisagens). Nessa perspectiva, a paisagem resulta do homem, de seu olhar, de seus atos. As paisagens são temporais e espaciais, pois sempre resultam da observação e das ações das pessoas sobre o ambiente ao longo do tempo. (FERREIRA, 2010, p. 189).

Atualmente, destaca-se no Brasil a concepção de paisagem adotada por Metzger, que a considera como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”. (METZGER, 2001, p. 01)

Essa diversidade de conceitos sobre a paisagem certamente resulta da diversidade de enfoques que o pesquisador pode utilizar para dimensionar sua pesquisa, seus interesses e contexto da produção do conhecimento.

Nessa pesquisa, compreende-se a paisagem a partir da concepção sistêmica trazida por Bertrand (1972), sustentada na heterogeneidade e na espacialidade. O conceito de paisagem organizado por Metzger (2001) orienta o desenvolvimento da pesquisa.

1.2. A ECOLOGIA DA PAISAGEM

A Ecologia da Paisagem surgiu, segundo NUCCI (2007) em meados do século XX, na perspectiva de reunir o ser humano, a sociedade e o meio físico em estudos integrados, tendo suas raízes na Europa Central e Ocidental,

sendo a Alemanha e a Holanda os primeiros países com a maior quantidade de trabalhos produzidos nessa área.

Essa discussão encontrou espaço dentro da ciência geográfica pelo fato de que “a proposta interdisciplinar da geografia, integrando questões do ambiente físico e da sociedade, confere-lhe um papel de destaque na incorporação da base teórico-metodológica da história ambiental e da ecologia da paisagem.” (TOGASHI, 2009, p. 79).

Segundo Siqueira et al (2013) Troll introduziu o termo Ecologia da Paisagem, em 1939, visando unir geógrafos e ecologistas na perspectiva de atrelar princípios da vida e da terra, com conceitos e ferramentas da geografia humana, da fitossociologia e da biogeografia, além das disciplinas voltadas ao planejamento regional, com aplicações práticas na solução de problemas ambientais. Esse primeiro surgimento da Ecologia da Paisagem, protagonizado por Troll e outros pesquisadores da Alemanha e do leste europeu, pode ser reconhecida, segundo Metzger (2001), como “escola geográfica” da Ecologia da Paisagem.

O conceito original apresentado por Troll foi evoluindo para uma forma mais interdisciplinar. “Passa a enfatizar o estudo da influência do homem sobre a paisagem e sua gestão, além de contemplar a importância do contexto espacial nos processos ecológicos, através de variadas escalas.” (TOGASHI, 2009, p. 77). Assim, a Ecologia da Paisagem no contexto pós-Segunda Guerra Mundial, nas cidades altamente povoadas do centro e leste da Europa, teve enfoque inicial de base holística, aplicado à percepção, uso e ordenamento do espaço de vida do homem (PIVELLO; METZGER, 2007).

Concebida principalmente por geógrafos, a Ecologia de Paisagens surgiu com forte influência da Geografia Humana e da Biogeografia, preocupada em desvendar padrões em macro-escala, com enfoque mais antropocêntrico (PIVELLO; METZGER, 2007, p. 22).

Segundo Nucci (2007, p. 89) , geógrafos e ecólogos procuravam criar uma “ponte entre o sistema natural, o rural e o urbano” a partir da Ecologia da Paisagem, “como uma ciência interdisciplinar que conduzisse a um inter-relacionamento entre a sociedade humana e seu espaço de vida – suas paisagens construídas ou não.”

A Segunda Guerra Mundial também trouxe um aporte metodológico que contribuiu ao desenvolvimento da Ecologia da Paisagem: a tecnologia das fotografias aéreas e da fotointerpretação. O advento do pensamento sistêmico, que gerou uma revolução científica ocidental, envolveu discussões em termos de conexão, relações e contextos, também se refletiu no desenvolvimento da Ecologia da Paisagem.

Desde a década de 1970, a crescente discussão sobre a heterogeneidade espacial promoveu um salto quantitativo na produção científica da área, influenciando também a definição de critérios para o manejo da paisagem. Em 1981 realizou-se o 1º Congresso Internacional de Ecologia da Paisagem, na Holanda, culminando na criação da Associação Internacional de Ecologia da Paisagem (IALE) em 1984. O seu primeiro presidente, Zonneveld, definiu a Ecologia da Paisagem como uma ciência Bio-Geo-Humana e com abordagem, atitude e pensamento holísticos (NAVEH, 2000, p. 94); fornecendo “base científica para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem”.

Naveh (2000) avalia que pode ser compreendido o significado mais amplo da Ecologia de Paisagem, quando se reconhecem as paisagens como sistemas formados pela integração entre o meio natural e cultural. Os elementos da paisagem estão interligados de tal maneira que, se um elemento é afetado, todos os outros serão afetados direta ou indiretamente, em maior ou menor grau.

Metzger (2001) entende que a Ecologia da Paisagem tem sido compreendida basicamente por duas linhas de pensamento: uma abordagem geográfica, de origem europeia, e uma abordagem ecológica, de origem norte-americana. E tratando o estado atual do conhecimento científico da Ecologia da Paisagem, Naveh (2000, p. 21) pondera que há limitações importantes:

Ainda há um número considerável de ecologistas da paisagem agarrados ao paradigma da ciência mecanicista e reducionista, que acreditam que a ecologia da paisagem vai conseguir 'maturidade científica' só se for capaz de fazer previsões exatas, como na física. Isso pode ser possível, desde que as paisagens são considerados como 'nada mais' do que as áreas espacialmente heterogêneas de padrões repetidos de ecossistemas naturais. No entanto, temos que tratar paisagens como entidades hierárquicas complexas com propriedades naturais e culturais únicas e com comportamento cibernéticos e

caóticos, embutidos na evolução da sociedade humana. Consequentemente, devemos estar conscientes dos perigos de nos enganar com extrapolações determinísticos de situações presentes, devendo satisfazer-nos com imprecisão e incertezas. Nós não podemos prever com precisão o destino do total de nossas paisagens, mas somos capazes de oferecer diferentes cenários de suas dinâmicas futuras sob diferentes estratégias de uso da terra e políticas de conservação.

Contudo, as críticas à “escola norte-americana” enfatizam que a Ecologia da Paisagem “exclui propositadamente o ser humano de suas pesquisas” (NUCCI, 2007, p. 90). Forman (1995), por exemplo, foca os processos naturais (relevo, solo, clima, água, fogo, planta e animal) em seus estudos, suprimindo os aspectos das ciências sociais e das humanidades. Para Togashi (2009), a disciplina possui um forte foco na investigação da paisagem através de sua estrutura, processos/funcionalidade e transformação ao longo do tempo.

A “abordagem geográfica” é focada na influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território. Ocupa-se do estudo das inter-relações do homem com o seu espaço de vida e com as aplicações práticas na solução de problemas, visando a compreensão global da paisagem e o ordenamento territorial. Fundamenta-se em três pontos principais: (i) conhecimento dos limites e potencialidades de uso econômico de cada unidade de paisagem; (ii) estudo das paisagens modificadas pelo homem; e (iii) análise de áreas amplas, utilizando macro-escalas.

Já a “abordagem ecológica” é mais recente (década de 1980) e foi popularizada nos Estados Unidos em uma tentativa de adaptar a teoria de biogeografia de ilhas para o planejamento de reservas naturais. (TOGASHI, 2009). Nesse caso, o foco é a contextualização espacial sobre os processos ecológicos e a importância destas relações para a conservação biológica. Essa linha de pensamento é influenciada pela ecologia dos ecossistemas, beneficiada pelo desenvolvimento da tecnologia de tratamento das imagens de satélite e das análises geoestatísticas. Enfatiza as paisagens naturais, aplicando conceitos para conservação da diversidade biológica e manejo dos recursos naturais, com a definição da escala espaço-temporal de análise variando conforme a espécie. Privilegia-se o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos, fortemente influenciada

pelas facilidades de análise de imagens de satélite com uma vasta literatura sobre procedimentos e métricas de quantificação da estrutura da paisagem. Essa perspectiva da Ecologia da Paisagem busca, segundo Forman e Godron (1986) a compreensão das interações que atuam na formação de unidades espaciais distintas que guardam padrões similares entre si, responsáveis pela estrutura da paisagem e pelas relações existentes entre os elementos formadores. O enfoque da Ecologia da Paisagem consiste na compreensão das interações que atuam na formação de unidades espaciais distintas que guardam padrões similares entre si, responsáveis pela estrutura da paisagem e pelas relações existentes entre os elementos formadores.

Metzger (2001) entende que, apesar das abordagens geográfica e ecológica parecerem distintas, ambas são espacialmente explícitas, tratam de espaços heterogêneos e consideram análises em múltiplas escalas. Ambas evidenciam a preocupação em identificar e entender as relações entre padrões espaciais e processos ecológicos, compreender melhor os mecanismos e dinâmicas espaciais, os fluxos de materiais, energia e informação existentes entre os componentes do mosaico. (WU; HOBBS, 2002).

Uma abordagem integradora entre essas duas linhas, segundo Metzger (2001) passa pelo reconhecimento da existência de uma dependência espacial entre os elementos da paisagem: o funcionamento de uma depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas. A integração das abordagens pressupõe uma combinação entre a análise espacial da geografia e um estado funcional da ecologia, que remete à necessária reflexão sobre os efeitos da estrutura espacial da paisagem nos processos ecológicos. Essa integração, na prática da produção científica verificada, ainda é um desafio. Contudo, compartilha-se a compreensão de Metzger, que “o grande desafio é integrar todo o conhecimento e otimizá-lo a fim de atingir o objetivo do pesquisador; seja de planejamento, seja de compreender a paisagem. ” (TOGASHI, 2009, p. 77).

1.2.1. Abordagens da dinâmica da paisagem

A compreensão da dinâmica da paisagem se sustenta em alguns referenciais teóricos importantes, utilizados pela Ecologia da Paisagem:

1. A Teoria da Biogeografia de Ilhas (MacARTHUR; WILSON, 1963) trouxe a percepção sobre a existência de manchas de habitat imersas em uma matriz de “não habitat”. A teoria foi formulada para prever o número de espécies que uma “ilha”, ou mancha isolada de habitat, de determinado tamanho poderia suportar, baseando-se no balanço entre a extinção e imigração. (PERICO *et al.*, 2005). Ainda que numa perspectiva binária e simplificadora, trouxe um aporte teórico importante para compreender o processo de fragmentação nas paisagens. Contudo, é justamente essa simplificação sua maior desvantagem, uma vez que despreza as nuances funcionais e estruturais existentes entre os extremos de manchas de habitat e matriz de não-habitat, variáveis conforme a escala e as espécies focadas. (CUSHMAN *et al.*, 2010).
2. O Modelo Dinâmico de Paisagem em Mosaico (CUSHMAN *et al.*, 2010) defende que a paisagem deve ser vista a partir da perspectiva de cada espécie ou processo ecológico particular específico. Contrapondo a dualidade inerente à de ilhas, considera que a matriz que cerca os fragmentos manchas pode oferecer e apresentar diferentes perfis de resistência ao movimento da(s) espécie(s) tratadas, bem como que esse perfil é dinâmico, mudando ao longo do tempo. A discussão faz emergir o conceito de conectividade, que será tratado adiante.
3. Teoria das Metapopulações: Desenvolvida por Levins, em 1969 e 1970, descreve a existência de uma rede de fragmentos, havendo interação entre as sub-populações. Alertou os conservacionistas para a necessidade de preservar pequenos fragmentos e estudar taxas de reprodução, mortalidade e movimento de organismos. Para essa teoria, áreas menores e algumas vezes mais distantes podem apresentar mais diversidade se comparadas a áreas maiores e mais próximas, dependendo da espécie estudada. Ressalta a importância da configuração espacial geral da paisagem e o efeito de borda, para as metapopulações. (PERICO *et al.*, 2005)
4. Teoria da Percolação: Foi proposta inicialmente na física, sendo aplicada à Ecologia da Paisagem, inicialmente por Gardner *et al.*

(1987), com o interesse na percolação dos indivíduos ou de perturbações. Forneceu os elementos para discussões como, por exemplo, prever quanto habitat é necessário para que uma determinada espécie possa transitar (percolar) na paisagem, ou como os corredores ecológicos podem ser eficientes. Outra contribuição da teoria é permitir a compreensão de que até mesmo uma pequena e contínua modificação na quantidade de habitats bons pode causar uma mudança repentina na conectividade da paisagem na vizinhança do limite de percolação. (METZGER; DECAMPS, 1997);

5. Teoria Geral dos Sistemas e Teoria Hierárquica de Sistemas: Questões como a existência de propriedades emergentes, a interdependência dos componentes e a valorização da escala de análise encontram aporte teórico importante na teoria da hierarquia dos sistemas, que permite reconhecer as paisagens como sistemas formados pela integração entre o meio natural e cultural, dotados de a complexidade organizada regida pela auto-organização e a coevolução. Considerando que os elementos da paisagem estão interligados de tal maneira que, se um elemento é afetado, todos os outros serão afetados direta ou indiretamente, em maior ou menor grau. (NAVEH, 2000)

As paisagens possuem padrões estruturais particulares, cuja configuração parece sustentar-se no paradigma do mosaico. Os padrões se expressam, segundo Soares Filho (1998, p. 13), “num arranjo repetitivo, formado pelo mosaico de manchas e seus corredores, imersos em uma matriz de fundo.” A caracterização desses elementos da paisagem torna-se essencial nos estudos de Ecologia da Paisagem, não por uma mera preocupação morfológico-descritiva, mas pelo fato de que determinada configuração espacial (arranjo espacial dos elementos da paisagem), captada num tempo específico, reflete o resultado de processos pretéritos (físicos, ecológicos, sociais) e também passa a influenciar a dinâmica futura desses processos.

Conforme Forman e Godron (1986), a estrutura horizontal da paisagem está relacionada à distribuição espacial dos objetos ecológicos (animais, plantas e biomassa), numa dimensão de análise explicitamente biogeográfica.

Para caracterizar a configuração espacial dos elementos da paisagem, considera-se pertinente a adoção do modelo de elementos de paisagens denominado “Fragmento-Corredor-Matriz”, proposto por Forman (1995).

Para Cushman *et al.* (2010) e Turner (2005), a representação da heterogeneidade especial da paisagem, a partir do modelo “fragmento-corredor-matriz” tem constituído base para análises bem sucedidas sobre a relação entre os padrões estruturais e processos ecológicos, realizadas em diferentes locais do mundo, com diferentes intensidades de alterações. Nesse modelo, o foco na análise da paisagem está nas relações horizontais entre os diversos elementos do mosaico, sua configuração e sua funcionalidade.

Passando à definição de cada elemento, entende-se que matriz é, em geral, o elemento mais expressivo na paisagem, com maior grau de conexões na paisagem e que controla a dinâmica da paisagem. (METZGER, 2001; FORMAN, 1995). Influencia fortemente a fauna, a flora e os processos ecológicos, que dependem da permeabilidade da matriz para o fluxo dos organismos. Segundo Antongiovanni e Metzger (2005), a matriz é geralmente heterogênea, em razão da ocorrência dos vários usos da terra nela observados.

Fragmentos são superfícies que diferem em aparência do seu entorno (SOARES FILHO, 1998), homogêneas em determinada escala e com extensões reduzidas e não lineares. (METZGER 2001). Numa perspectiva geográfica de análise, conforme traz MILAN (2014), fragmentos são manchas geradas pela quebra de determinada classe de uso em parcelas menores e desconectadas. Metzger (2001) considera que os fragmentos são produtos das subdivisões geradas pelo homem, de uma matriz anteriormente contínua. Para Siqueira *et al.* (2013, p. 562), os fragmentos são:

Resultados das combinações dos mecanismos de evolução de uma paisagem (processos geomorfológicos, geológicos, padrões de colonização de organismos e perturbações ecossistêmicas) que resultam em uma paisagem terrestre composta por diferentes formas de relevo, tipos de vegetação e uso do solo organizados em um arranjo ou mosaicos que formam um agrupamento único de ecossistemas em interação.

Os corredores, por sua vez, são faixas lineares e homogêneas que ligam fragmentos. Podem ser considerados como faixas relativamente estreitas e ininterruptas de um mesmo fragmento ligando áreas nucleares unidas

originalmente. (FORMAN; GODRON, 1986). Dependendo da forma e do contexto em que situam na paisagem, os corredores podem funcionar como canais (promovendo o fluxo entre os fragmentos) ou como barreiras (inibindo os fluxos). Podem variar em tamanho e na composição, dependendo das espécies a qual foram direcionados, pois estes se prestam as exigências ecológicas das mesmas (FORMAN, 1995). Embora tenham limitações, os corredores constituem uma estratégia de conservação amplamente promovida (CHETKIEWICKZ et al, 2006).

McGarigal (1995) considera que as ramificações nos fragmentos, configurados como ramos e laços, podem ser reconhecidas como falsos-corredores, pois constituem ramificações de fragmentos que parecem corredores, mas não chegam a conectar duas áreas nucleares. Também considera, como Vogt (2014) a existência de perfurações, que constituem clareiras no interior de um fragmento. Ainda, tais autores sustentam que os pequenos fragmentos dispersos na matriz de modo isolado, podem ser reconhecidos como ilhas ou ilhotas, sendo desprovidos de áreas nucleares e com pouca chance de conectividade

As áreas de transição entre as unidades de paisagem, por sua vez, são denominadas bordas (METZGER, 2001).

Para que a caracterização dos elementos da paisagem explicita padrões espaciais que possam ser relacionados a processos ecológicos, são utilizados métodos quantitativos. (SOARES FILHO, 1998). Nesse sentido, Siqueira *et al.* (2013) reforçam a importância do estudo da estrutura das paisagens, já que as principais consequências sobre a biodiversidade estão vinculadas ao tamanho dos fragmentos e isolamento dos mesmos, à matriz ou entorno do fragmento, à forma e ao efeito de borda dos fragmentos.

1.2.2. O processo de fragmentação

A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios deste final de século, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais (VIANA; PINHEIRO, 1998), que implicam em crescente substituição das paisagens por outros usos do solo. Tais interferências convertem extensas e contínuas áreas de habitat na paisagem em fragmentos com pequena ou nenhuma conectividade.

Segundo Nassauer *et al.* (2002), a fragmentação de habitat é inerente ao modelo contemporâneo de ocupação de terras. Fora das áreas protegidas, as manchas de habitat remanescentes tendem a ser reduzidas e eliminadas.

A fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e a dinâmica de ecossistemas (SCHELLAS; GREENBERG, 1997; LAURANCE; BIERREGARD, 1997). A discussão sobre a conectividade está, portanto, necessariamente permeada pela compreensão da fragmentação dos habitats, pois a necessidade de estudos sobre como os remanescentes de habitat natural se conectam sustenta-se justamente nos processos de fragmentação que levaram à interrupção da continuidade de tal habitat.

No Brasil, Ab'Saber (1969) argumentou que a paisagem é resultante da relação entre os processos passados (definidores da compartimentação regional da superfície) e os processos atuais (dinâmica atual das paisagens). Essa dinâmica envolve os processos de fragmentação da paisagem, que podem ser de natureza natural ou antrópica. Nanuncio (2009) define como processos naturais de fragmentação aqueles que incluem aspectos geomorfológicos, geológicos, climáticos ou fitogeográficos da paisagem. Já os processos antrópicos de fragmentação incluem a conversão de uso da terra, barramentos de cursos de água, atividades minerárias, processos urbanização e densidade da malha viária, entre outras.

A ideia de fragmentação foi uma inovação conceitual surgida na ecologia na década de 1970 (HAILA, 2002), ligada à percepção dos processos antrópicos. O conceito de fragmentação de habitat foi apresentado pela primeira vez como uma sugestão hipotética quanto aos efeitos específicos de mudanças induzidas pelo homem nas paisagens naturais.

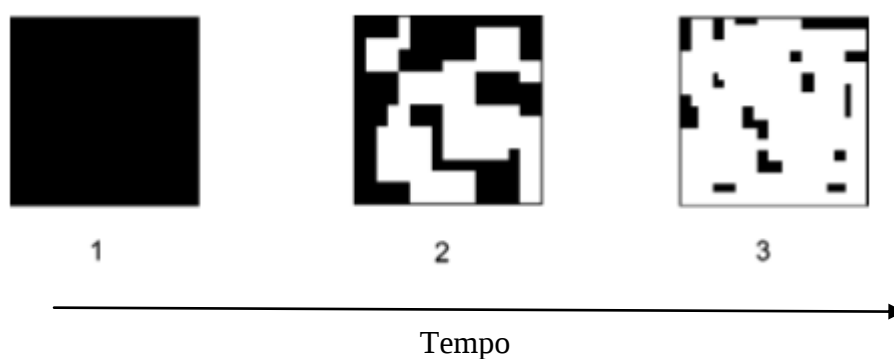
A Teoria de Biogeografia de Ilhas de Mac Arthur e Wilson (1967) trouxe a base conceitual para o estudo da fragmentação. A referida teoria, transposta do contexto de ilhas para o contexto dos fragmentos remanescentes de habitats, propõe que há um número de espécies que um determinado fragmento de determinado tamanho pode suportar, considerando-se o balanço entre as taxas de extinção e imigração (GASCON *et al.*, 2001). Sustenta que a

diminuição da área está comumente relacionada à diminuição exponencial do número de espécies e que fragmentos mais próximos a uma porção de habitat principal possuem um maior número de espécies que áreas mais isoladas.

Para Bennet (2004, p. 15), “A perda e fragmentação de habitats é reconhecida no mundo todo como um problema chave enfrentado pela conservação da diversidade biológica”, pois as atividades humanas vêm modificando o ambiente no sentido de produzir paisagens formadas por aglomerados urbanos, áreas agrícolas e fragmentos dispersos de ecossistemas naturais. A fragmentação é, desse modo, um processo dinâmico que gera alterações no padrão do habitat em uma paisagem, em determinado período de tempo. Provoca a redução da área de habitat disponível, à perturbação desse habitat (especialmente nas suas bordas), e ao isolamento de pequenas populações nos fragmentos, tornando-as crescentemente suscetíveis a mudanças ambientais ou a variações demográficas (FAHRIG, 2003).

A fragmentação é definida como um processo, no qual “uma ampla área de habitat é transformada em um grande número de pequenos fragmentos, isolados uns dos outros por uma matriz diferente da original (FAHRIG, 2003) (Figura 1). Desse modo, entende-se que uma paisagem pode ser qualitativamente considerada como contínua (com *habitat* contínuo) ou fragmentada, onde a paisagem fragmentada representa o ponto final do processo de fragmentação.

Figura 1 – Processo de fragmentação, onde as áreas em preto representam *habitat* e áreas em branco representam a matriz (adaptado de FAHRIG, 2003)



Tal caracterização dualista não permite, segundo Fahrig (2003, p. 491) compreender as nuances de fragmentação ou as implicações em termos de resposta da biodiversidade, o que exige análises quantitativas dos padrões de habitat na paisagem, tanto nos fragmentos como na matriz. A fragmentação é um processo que modifica toda a paisagem, em diversos níveis, e não somente a distribuição espacial de um de seus habitats (MCGARIGAL; CUSHMAN, 2002).

Além da redução e da subdivisão dos remanescentes de habitats, a fragmentação também promove a expansão de outras formas de uso da terra, criando fronteiras entre elas, aumentando a heterogeneidade do mosaico, afetando a permeabilidade da matriz aos fluxos biológicos. Apesar das limitações de um grande número de estudos sobre fragmentação com relação ao efeito da área e ao isolamento do habitat, há indícios claros de que tanto a composição quanto a configuração de todo o mosaico afetam as comunidades fragmentadas (METZGER, 2006, p.18)

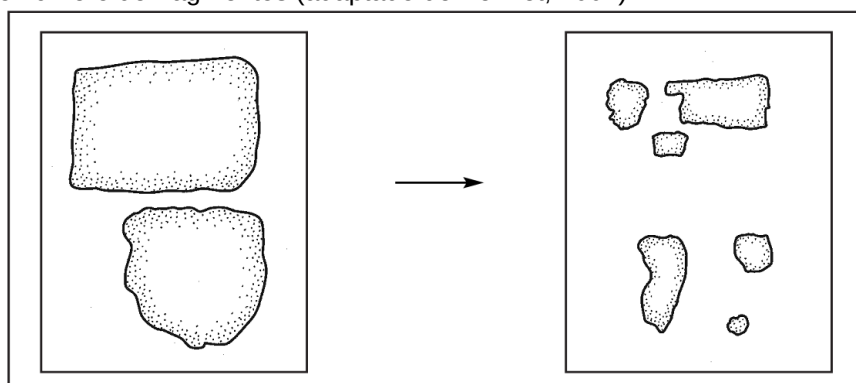
Segundo Fahrig (2003), a base da maioria das análises quantitativas de fragmentação contempla quatro principais efeitos do processo de fragmentação da paisagem, ilustrados na figura 2:

- a. Redução na quantidade de habitat: Na escala da paisagem, o processo de fragmentação implica na perda de *habitat*, salvo se a fragmentação for acompanhada de uma regeneração ativa. Geralmente, as perturbações (naturais ou antrópicas) criam clareiras ou invasões nas bordas, que vão substituindo gradativamente a vegetação natural, até um ponto crítico em que esta se torna o fragmento e a perturbação se configura como matriz da paisagem. Essa alteração modifica o equilíbrio dos processos ecológicos nos fragmentos e na paisagem enquanto mosaico. Como resultado dos efeitos da área, o tamanho das populações vai se reduzindo, levando ao desaparecimento de algumas espécies de pequenos fragmentos e um aumento da sensibilidade das populações remanescentes para eventos casuais;
- b. Redução no tamanho dos fragmentos: À medida em que o processo de fragmentação avança, os fragmentos remanescentes de *habitat* têm seu tamanho reduzido. Usualmente, segundo Bennet (2004), a maior

parte dos fragmentos tende a ser de áreas reduzidas em paisagens fragmentadas. Nesse cenário, é válido considerar que os remanescentes maiores de *habitat* são escassos e preciosos, em termos de biodiversidade, de riqueza de espécies; e que a conectividade entre os fragmentos pequenos é decisiva para a manutenção da biodiversidade;

- c. Aumento do isolamento dos fragmentos: O isolamento dos fragmentos remanescentes de *habitat* é também uma consequência direta da fragmentação. Para medir esse isolamento, são utilizadas análises estruturais e funcionais. Quanto à estrutura espacial, podem-se medir indicadores como a distância até o fragmento maior de *habitat*, mais próximo, ou a quantidade de *habitat* dentro de determinado raio (FORMAN; GODRON, 1986). Em termos funcionais, a análise é variável, dependente das espécies e processos ecossistêmicos considerados. Quanto aos processos, o isolamento afeta os que dependem de algum “agente de transmissão” pela paisagem, como a polinização das plantas, a dispersão de sementes ou as relações interespecíficas (mutualismo, simbiose, predador-presa, competição). Devido ao isolamento entre fragmentos, a recolonização após extinções locais também pode ser retardada;
- d. Aumento do número dos fragmentos: Juntamente com o aumento do isolamento dos fragmentos e redução do tamanho dos fragmentos, gera uma alteração no *habitat* em termos de configuração.

Figura 2. Efeitos do processo de fragmentação da paisagem: redução da quantidade de *habitat*, redução do tamanho dos fragmentos, aumento do isolamento dos fragmentos e aumento do número de fragmentos (adaptado de Bennet, 2004)



A fragmentação pode atingir certos limiares altamente impactantes à biodiversidade. Para Fahrig (2003), os padrões de paisagem que mantêm as quantidades de *habitats* necessárias, mas que também propiciam diferentes tipos de *habitat*, podem produzir as respostas mais positivas de biodiversidade.

Segundo Haila (2002, p. 321):

A noção de fragmentação de habitat é conceitualmente ambígua, por três razões principais: 1. Fragmentação de habitat sempre implica na redução de área do habitat original e alteração na configuração do que resta, mas esses aspectos devem ser tratados separadamente por terem diferentes reflexos em processos ecológicos; 2. Como todos os ambientes naturais são fragmentados em níveis variáveis, sujeitos a contínuas mudanças por razões naturais, nenhum padrão simples está disponível para avaliar a fragmentação causada pelo homem; e 3) Diferentes organismos e sistemas ecológicos estão submetidos a graus de fragmentação de um ambiente particular, em maneiras variáveis e até mesmo contraditórias.

Assim, uma multiplicidade de escalas, tanto espaciais e temporais precisam ser consideradas ao se avaliar a fragmentação, e as escalas relevantes provavelmente variam entre espécies, regiões geográficas, e os tipos de ambiente considerados.

A Mata Atlântica, classificada como um dos 34 hotspots da biodiversidade mundial, é um dos biomas mais importantes e ameaçados do planeta. A Floresta Ombrófila Mista, por sua vez, constitui uma ecorregião das mais ameaçadas (CASTELLA; BRITTES, 2004). Ainda, estudos demonstram que apenas 17% dos remanescentes nativos possuem mais de 50 hectares e, mesmo fragmentos dessa dimensão não são capazes de garantir, isoladamente, a viabilidade das populações de todas as espécies dessa floresta (SANQUETTA; MATTEI, 2006). Tal redução da cobertura natural em manchas menores e desconectadas resulta na perda de habitats. Os efeitos destrutivos da fragmentação tornam os fragmentos mais vulneráveis à perda de espécies e funções. A degradação funcional dos fragmentos resulta, portanto, da complexa interação entre fatores inerentes ao processo de fragmentação, como redução de área, maior exposição ao efeito, aumento da resistência da matriz, intensificação do efeito de borda e isolamento.

1.2.3. A conectividade na paisagem

Conectividade é a capacidade da paisagem em facilitar fluxos biológicos entre os fragmentos (TAYLOR *et al.*, 1993). É compreendida, portanto, como o inverso da fragmentação, determinando o grau no qual uma paisagem facilita ou restringe o movimento dos organismos entre fragmentos (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007; TAYLOR *et al.*, 1993).

Está focada em como os arranjos espaciais e a qualidade dos elementos da paisagem afetam o deslocamento dos organismos entre as parcelas de *habitat*. (MERRIAM, 1984, 1991; TAYLOR *et al.*, 1993; FORMAN, 1995). O grau de conectividade é crítico para a sobrevivência da população e para a dinâmica populacional (FAHRIG; PALOHEIMO, 1988), uma vez que determina o fluxo genético entre populações.

Assim, o conceito de conectividade é essencial, na medida em que a sobrevivência das espécies em paisagens fragmentadas depende da capacidade dessas espécies em atravessar a matriz (METZGER, 1999). Para Lindenmayer *et al.* (2002), a manutenção da conectividade nas paisagens é apontada como um dos princípios gerais que podem ajudar a atingir o objetivo de conservar a biodiversidade. Como estratégias referentes a esse princípio, propõe a proteção de matas ripárias e outros corredores, a proteção de habitats sensíveis (incluindo a matriz), manutenção de vegetação em áreas contínuas da paisagem, planejamento da infraestrutura de estradas e reconstrução da paisagem.

Noss (2001) define conectividade como a ligação entre *habitats*, comunidades e processos ecológicos, em múltiplas escalas espaciais e temporais. A conectividade, nesse contexto, influencia processos chave para a conservação da biodiversidade, como persistência das populações após distúrbios, trocas biológicas entre indivíduos em uma metapopulação e a ocupação dos fragmentos de habitats.

A conectividade pode se referir, segundo Matisziw e Murray (2009, p. 24) “a presença de um fragmento entre duas localidades, ao logo do qual movimentação pode ocorrer, constituindo uma relação essencial entre fragmentos de habitat que permite fluxos ecológicos, recolonizações e preservação da memória ecológica”. A conectividade ocorre através da interação entre o arranjo físico da paisagem, chamada conectividade estrutural,

e a resposta do organismo a essas estruturas físicas, chamada conectividade funcional. (TAYLOR *et al.*, 1993; TISCHENDORF; FAHRIG, 2000).

A conectividade estrutural avalia as relações espaciais entre ecossistemas distintos. Segundo Antongiovanni e Metzger (2005), estudos sobre fragmentação e conectividade em paisagens geralmente focam no tamanho dos fragmentos, no grau de isolamento destes fragmentos e no papel dos corredores. Tal prevalência de trabalhos de Ecologia de Paisagens baseados na perspectiva da conectividade estrutural decorre, segundo Taylor *et al.* (1993), justamente da possibilidade de utilização de métricas da paisagem obtidas por análises de mapas e processadas em sistemas de informações geográficas, o que facilita os estudos em termos de viabilidade metodológica. Conforme afirma Silva (2013, p. 1), “as métricas fornecem suporte científico para evidenciar a quantidade e qualidade dos fragmentos cujos resultados podem subsidiar propostas que priorizem reduzir os efeitos nocivos da fragmentação florestal. ”

As métricas são agrupadas por Forero-Medina e Vieira (2007) em:

- a. Métricas não espaciais, ou de composição, que medem o número de unidades e a proporção da paisagem ocupada por elas;
- b. Métricas espaciais, ou de disposição, que medem os atributos dos fragmentos, indicando características referentes à fragmentação.

Segundo Goodwin (2003), os estudos de conectividade estrutural tendem a ser mais empíricos, o que os tornam atraentes, já que a estrutura da paisagem é relativamente fácil de ser quantificada e muitas métricas e índices têm sido desenvolvidos. Contudo, medições estruturais da conectividade podem não ser significativas em termos ecológicos, por não refletirem se determinada configuração espacial implica em capacidade de movimentação dos organismos pela paisagem, caso o comportamento de movimentação não esteja incorporado nas métricas. Ainda assim, embora a análise da conectividade estrutural apresentar a limitação de não considerar as respostas biológicas das espécies nas paisagens, as métricas têm contribuído para a compreensão das características de comportamento e estrutura das populações em interação com a dinâmica das paisagens.

A conectividade funcional é reflexo das relações, ou fluxos, verificados entre os diversos componentes do sistema. Envolve, portanto, maior complexidade, porque não depende somente do padrão da paisagem, mas das interações entre esse padrão e características biológicas de espécies alvo, como por exemplo sua capacidade de movimentação na matriz. Nessa perspectiva, é fundamental ressaltar que a paisagem é reconhecida de maneira diferente por espécies diferentes e, conseqüentemente, o nível de conectividade varia entre espécies e comunidades.

Uma paisagem com alta conectividade é aquela onde os indivíduos de uma determinada espécie podem se deslocar com liberdade entre habitats adequados a eles, dotados de alimento e/ou abrigo. Por outro lado, uma paisagem com baixa conectividade é aquela em que há resistência significativa para o deslocamento da espécie. Assim, uma mesma paisagem pode, ao mesmo tempo, oferecer elevada conectividade funcional para algumas espécies e baixa conectividade para outras. Por exemplo, aves capazes de se movimentarem por distâncias maiores podem perceber a paisagem altamente conectada, enquanto certos pequenos mamíferos não voadores podem encontrar alta resistência à movimentação.

Devemos abandonar a crença comum de que cada paisagem está associada com um único valor de conectividade. Não está. Conectividade tem duas dimensões: paisagem e o organismo considerado. Só uma combinação desses dois vai render um valor significativo de conectividade. Assim, diferentes paisagens podem ter diferentes graus de conectividade para a mesma espécie, e da mesma paisagem podem ter diferentes graus de conectividade para diferentes espécies ou mesmo para as mesmas espécies em diferentes momentos. (FORMAN, 1995, p.139)

A escala apropriada para a análise da conectividade nas paisagens, em termos de extensão e resolução espacial, deve ser definida em função das características das espécies, como a capacidade de dispersão. Funcionalmente, cabe associar na análise da conectividade as características das espécies e da paisagem, ou seja, como cada elemento estrutural da paisagem pode influenciar a persistência da espécie em função de suas exigências ecológicas, investigando fatores como o tamanho e qualidade dos

fragmentos, a permeabilidade da matriz e seu papel como habitat secundários, o perfil dos corredores e os efeitos das barreiras (METZGER, 2006),

A crescente aplicação de modelos de conectividade voltados para a conservação tem sido possibilitada pelo desenvolvimento de métodos e ferramentas baseadas em múltiplos arcabouços teóricos, bem como pelos avanços das geotecnologias. Contudo, a viabilidade da aplicação destas abordagens em paisagens reais depende de dados sobre movimento dos organismos. Dados sobre conectividade funcional são difíceis de serem registrados devido à pequena quantidade de métodos específicos para analisar o movimento no contexto espacial, que não apresentem restrições operacionais de aplicação, principalmente em escalas mais amplas.

1.2.4. Elementos norteadores para a análise da conectividade na paisagem

A partir da síntese da base conceitual acerca da conectividade, pautada na perspectiva da ecologia de paisagens, consideram-se oportunas as seguintes sínteses, como elementos que devem compor a análise da conectividade na paisagem onde a FLONA de Piráí do Sul se insere:

- a. A paisagem é o resultado da interação entre fatores naturais e culturais que interagem constantemente;
- b. A paisagem pode ser representada pelo modelo de elementos de paisagens “fragmento-corredor-matriz”, sendo que a configuração e a funcionalidade destes componentes estão relacionadas à conectividade da paisagem;
- c. Os elementos da paisagem possuem comportamento de rede, se um elemento é afetado, todos os outros serão afetados direta ou indiretamente, em maior ou menor grau;
- d. A paisagem é dinâmica: energia e matéria fluem entre os elementos da paisagem constantemente. Os principais vetores, movidos por forças específicas, responsáveis por esses fluxos são o vento, a água, os animais e as pessoas. Matéria e energia fluem entre diferentes elementos no mosaico, mas as taxas de movimentação dependem da resistência que os elementos oferecem, da existência de barreiras, da permeabilidade e da configuração de toda a rede da paisagem;

- e. A fragmentação é definida como um processo, no qual uma área contínua de habitat é transformada em um grande número de pequenos fragmentos, entre os quais se localiza uma matriz alterada;
- f. A fragmentação modifica toda a paisagem e os efeitos a serem considerados em uma análise ampla da paisagem incluem a redução da quantidade total de habitat, redução da área dos fragmentos, aumento do isolamento dos fragmentos e aumento do número dos fragmentos;
- g. Análises da fragmentação estão inseridas em contextos espaciais e temporais; a multiplicidade de escalas, tanto espaciais e temporais precisa ser considerada, e as escalas relevantes provavelmente variam entre espécies, regiões geográficas, e os tipos de ambiente considerados.
- h. Conectividade é a capacidade da paisagem facilitar fluxos biológicos entre fragmentos de hábitat, a partir das configurações espaciais e da qualidade dos seus componentes;
- i. A conectividade ocorre através da interação entre o arranjo físico da paisagem, chamada conectividade estrutural, e a resposta dos organismos a essas estruturas físicas, chamada conectividade funcional;
- j. A conectividade estrutural é avaliada a partir de análises essencialmente quantitativas, expressa o arranjo espacial de **fragmentos** e **corredores**, densidade e complexidade de **corredores**, permeabilidade da **matriz**, distância entre os **fragmentos**, grau de isolamento entre **fragmentos**. Embora a análise da conectividade estrutural seja limitada por não considerar as respostas biológicas das espécies nas paisagens, tem contribuído na maioria dos estudos de ecologia de paisagens para compreender as características gerais das populações em interação com a dinâmica das paisagens;
- k. A análise da conectividade funcional é mais complexa, pois deve envolver as relações ou fluxos verificados entre os diversos componentes da paisagem. Depende do padrão da paisagem e de suas interações entre esse padrão e características biológicas de espécies alvo;

- I. Conectividade é espécie-dependente - como a paisagem é reconhecida de maneira diferente por espécies diferentes, o nível de conectividade também é variável e deve considerar a escala ecológica das espécies.

1.3. CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DA PAISAGEM AO PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A instituição de unidades de conservação, ou áreas protegidas, é recomendado no Plano de Ação da Convenção sobre Diversidade Biológica e incorporado nas políticas nacionais da grande maioria dos países, seguindo, ao menos na teoria, a diretriz de buscar sua integração com outras políticas de conservação e uso dos recursos naturais. (DUDLEY, 2008).

No Brasil, de acordo com os dados do Ministério do Meio Ambiente, existem atualmente 1.762 unidades de conservação legalmente constituídas, nas esferas federal, estadual e municipal (BRASIL, 2013). Entretanto, a criação de unidades desconsiderando os problemas e situações onde estão inseridas faz com que, apesar de protegidas legalmente, nem sempre cumpram efetivamente o objetivo para a qual foram criadas: a manutenção da biodiversidade. (KORMAN, 2003).

Muitas dessas Unidades de Conservação encontram-se como pequenos fragmentos isolados que, para atingir seus objetivos de conservação e manutenção dos recursos naturais em longo prazo, exigem manejo num contexto de rede de fragmentos interligados, considerando as pressões e os recursos presentes em seu entorno (PIVELLO, 2005). Segundo Cândido Junior (1993), deve-se investir no aumento da funcionalidade ecológica de diversas áreas de menor porte, fragmentadas, as quais, sem uma real conectividade, podem tornar-se “reservas inúteis”.

Inspirado na abordagem sistêmica buscada pela Ecologia da Paisagem, Metzger *et al.* (1998) afirmam que a conservação da biodiversidade não depende apenas do estabelecimento de uma rede de grandes e numerosas reservas naturais bem distribuídas, ela depende também do manejo da matriz e dos corredores das paisagens, de forma a otimizar a conectividade”.

Segundo Rocha (1995), a tendência da gestão de áreas protegidas é de integrá-las às estratégias de desenvolvimento com base holística, para o manejo sustentável dos recursos. É necessária a elaboração de programas integrados de manejo de áreas protegidas e de seu entorno, tendo por escopo benefícios sociais, culturais e econômicos às comunidades onde estão inseridas as áreas protegidas, para um efetivo suporte à conservação. (ROCHA; MILANO, 1993). Para Marques (2007), a gestão de unidades de conservação baseada em metodologias integradoras entre os fatores bióticos e abióticos, incluindo a ação humana, pode ser importante para dar maior eficiência às Unidades.

O manejo das paisagens onde as Unidades de Conservação se inserem demanda planejamento ambiental e, para Santos (2004), apesar da maioria dos planejamentos ambientais se basearem teoricamente em propostas integradoras com um alto grau de interdisciplinaridade, na prática o resultado tem sido uma soma de estudos segmentados, sem uma interação de fato, não apresentando uma escala integradora de tomada de decisão, sendo que os que mais se aproximam desta visão integradora seriam aqueles planejadores que se utilizam da concepção da ecologia e planejamento da paisagem.

Infere-se também que o gerenciamento e planejamento da paisagem exigem a percepção de como as estruturas ambientais estão dispostas espacialmente; e também a compreensão aproximada de como as estruturas interagem para a manutenção da paisagem enquanto sistema, ou seja, os aspectos da funcionalidade das conexões. (PIRES; SANTOS; PIRES; 2003). No caso das áreas protegidas, a compreensão das conexões pode também fornecer elementos para visualizar cenários favoráveis à conservação socioambiental.

O manejo de Unidades de Conservação deve estar fundamentado em planos especificamente elaborados, que devem ter a dinamicidade necessária para a constante e plena atualização de programas frente a fatores ecológicos, sociais, econômicos, políticos e institucionais relativos a cada área. Respeitando-se o pragmatismo conceitual dos objetivos da conservação e das categorias de manejo, deve-se enfatizar a capacidade criativa na administração e manejo de unidades de conservação. (MILANO, 1991). Na mesma linha de

pensamento, Rocha (1995) afirma que programas de manejo holístico dos recursos, que considerem todos os níveis de organização e enfoquem as questões nas escalas apropriadas, são necessários.

Larcher e Wilkson (2013) sugerem que as seguintes práticas sejam consideradas, para planejamento de conservação ambiental: basear-se em dados ecologicamente significativos; ser específico; estabelecer parcerias em toda a comunidade; e incorporar informações sócio-políticas e sócio-econômicas.

É nessa perspectiva que se buscou compreender as conexões existentes na paisagem da Floresta Nacional (FLONA) de Piraí do Sul e seu entorno. A FLONA possui pouco mais de 150 hectares, uma área reduzida quando comparada às demais Unidades de Conservação federais e que, se analisada em termos quantitativos e isolados, parece pouco contribuir para a oferta de habitat.

Associando a análise estrutural da paisagem à investigação sobre a potencial resposta que os organismos têm à configuração espacial dos elementos, discute o processo de fragmentação da paisagem e aspectos relevantes à conservação da biodiversidade no mosaico. Os resultados podem ser utilizados para o planejamento ambiental da paisagem, subsidiando a discussão sobre a definição da zona de amortecimento e abrangência dos programas de gestão a serem estruturados no escopo do Plano de Manejo da FLONA de Piraí do Sul.

Diante do exposto, a partir de bases conceituais e metodológicas mais integradoras da Ecologia da Paisagem, identificam-se características estruturais e funcionais da paisagem, que podem futuramente subsidiar pesquisas mais específicas ou a gestão da Unidade de Conservação.

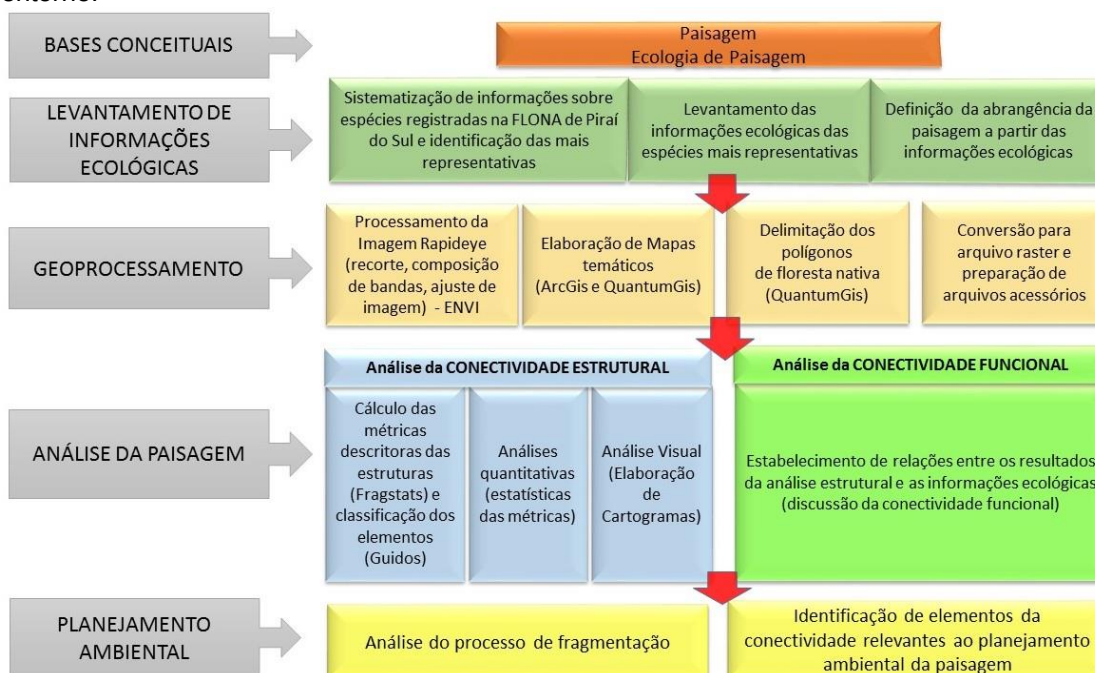
CAPÍTULO 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo inicia-se com o detalhamento dos procedimentos metodológicos da pesquisa. São apresentadas os materiais e métodos utilizados e se detalham os procedimentos demandados para a definição do recorte espacial da paisagem. Discutem-se as etapas de geoprocessamento pertinentes à delimitação dos elementos da paisagem e à elaboração dos mapas temáticos. Caracterizam-se as análises de paisagem quantitativas e qualitativas realizadas para compreender a conectividade estrutural e funcional da FLONA de Pirai do Sul e seu entorno.

2.1. Materiais e Métodos da Pesquisa

Os métodos empregados na pesquisa serviram à realização da análise da paisagem dentro da concepção de paisagem de Bertrand (1973) e Metzger (2001) e do modelo de fragmento-corredor-matriz proposto por Forman e Godron (1986), observando os princípios norteadores para análise da conectividade indicados no item 1.2.4 do capítulo 1. As etapas da são representadas na Figura 3.

Figura 3. Etapas da pesquisa sobre a conectividade entre a FLONA de Pirai do Sul e seu entorno.



Para compreender a inserção da FLONA de Piraí do Sul na paisagem, foram feitos levantamentos em campo, bibliográficos e de fontes documentais (imagens de satélites e mapas), operacionalizados num Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Foram utilizados os seguintes materiais:

- Imagem 2227719, obtida pelo sensor *RapidEye* 2227719 em 17/11/2012, ortorretificada, com resolução espacial de 5 m, em formato tiff, disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente;
- Base vetorial em formato *shapefile* da FLONA de Piraí do Sul, disponibilizado pelo ICMBIO;
- Base vetorial das curvas de nível, com equidistância de 20 m, do Programa Paraná Cidade (SEDU), derivadas de imagem SPOT5;
- Carta topográfica da folha de Piraí do Sul 2825-1, na escala 1:50.000, disponibilizada pelo Centro de Informações Geográficas do Exército – CIGEX (1961);
- Base vetorial da rede hidrográfica, do Plano Municipal de Recursos Hídricos (2007), cedidas pela Prefeitura de Piraí do Sul.
- Base vetorial dos limites municipais, setores censitários e limites estaduais disponibilizadas pelo IBGE (2014).

Os programas utilizados para os procedimentos de geoprocessamento foram QuantumGis 2.0 (*software* livre), o ArcGis 10.2 (versão *free trial*) e Envi 4.7.

Para a análise da composição da estrutura da paisagem foi utilizado o programa Guidos 2.0 (VOGT, 2014) e a aplicação das métricas da paisagem se deu através do programa Fragstats 4.2 (McGARIGAL; MARKS, 1995), ambos de uso livre.

Inicialmente, para definição dos limites da paisagem mais adequados à análise da conectividade, foram sistematizadas as informações existentes sobre as espécies vegetais e de fauna com ocorrência registrada na FLONA de Piraí do Sul, com vistas à seleção de espécies mais representativas na FLONA.

A seleção das espécies mais importantes na composição da vegetação considerou o valor de importância (VI), resultado da soma dos valores de densidade (número de indivíduos por unidade de área), dominância (relação

entre área basal ocupada pelo indivíduo e unidade de área) e frequência da espécie (porcentagem das unidades amostrais em que a espécie está presente).

Para a seleção das espécies animais levou-se em consideração a diversidade de metodologias utilizadas para os grupos animais. Assim, foram indicados os mamíferos de médio e grande porte constantes, ou seja, registradas em mais de 50% do total das amostragens (BAZILIO, BASTIANI, 2014). Os mamíferos de pequeno porte selecionados foram os que ocorreram em grande número na composição da assembleia, conforme trabalho de Grazzini (2014). Selecionou-se as aves consideradas por Cochak e Bazilio (2014) como residentes e com maior frequência de ocorrência. Ainda, foram consideradas as espécies de anfíbios mais abundantes, ou seja, com maior número de indivíduos registrados (FOERSTER, 2014).

Realizou-se ampla busca de publicações científicas em bases nacionais de dados, sobre informações ecológicas das espécies selecionadas, especialmente referentes ao uso do espaço, como áreas de vida e deslocamento dos animais e distâncias de dispersão de sementes e pólen dos vegetais. Também foram analisadas as preferências quanto à ocupação de fragmentos, em termos de áreas de borda, corredores e matriz. Essa análise das informações ecológicas subsidiou a definição da abrangência da paisagem mais adequada à análise da conectividade funcional, estabelecida como sendo o perímetro da FLONA acrescido de um *buffer* de um quilômetro. Esse dimensionamento da paisagem representa uma escala de análise mais coerente para avaliar estrutura e funcionalidade, na medida em que reflete o espaço potencialmente utilizado para a movimentação ou dispersão da maioria das espécies selecionadas.

Após a definição do recorte espacial da paisagem, passou-se à organização da base cartográfica necessária à delimitação dos elementos da paisagem. A imagem *RapidEye* foi recortada no programa Envi 4.7, utilizando como camadas de máscara os polígonos de limites da FLONA e o *buffer* de um quilômetro. Realizou-se composição de bandas 3, 2,1.

Os programas ArcGis 10.2.2 e QuantumGis 2.0 foram utilizados para organização de mapas temáticos de localização, declividade, modelo digital de elevação e usos da terra na FLONA; e mapas de declividade, modelo digital de

elevação, usos da terra, hidrografia e localização de comunidades rurais da paisagem total.

No programa Quantum Gis 2.0, a partir da imagem recortada, foi realizada, a digitalização de polígonos por fotointerpretação baseada em critérios de forma, tamanho, padrão, tonalidade/cor e textura, seguida por reambulação. Foram considerados como fragmentos os remanescentes tanto de vegetação nativa em diversos estágios de regeneração (capoeirinha, capoeira, estágio médio) quanto os reflorestamentos de espécies nativas (*Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*). Estes projetos de reflorestamento também constituem habitat, na medida em que seus sub-bosques bem desenvolvidos fornecem alimento e abrigo para animais e condições para germinação de sementes.

Com os polígonos delimitados, gerou-se um *shapefile* para a paisagem total, sendo que, na configuração dos atributos das feições, atribui-se valor 1 aos fragmentos com vegetação nativa (habitat) e valor 0 às demais feições (não-habitat). Essa interpretação binária da paisagem constitui uma simplificação necessária para a análise estrutural da paisagem pelos programas. Contudo, a discussão sobre a permeabilidade da matriz foi incorporada na discussão da conectividade funcional do capítulo 4.

Sendo a paisagem um mosaico de elementos que interagem e cuja caracterização é relevante para o fenômeno em estudo (COUTO, 2004), analisou-se a configuração e distribuição dos elementos estruturais da paisagem. Para tanto, o arquivo do tipo *tiff* resultante da conversão do *shapefile* alimentou o programa Fragstats 4.2, considerando uma faixa de borda de 50 metros (FONTOURA; GANADE; LARocca, 2006; BALDISERRA; GANADE, 2005). Conforme exposto no Quadro 2, foram calculadas métricas de composição para quantificar o número de fragmentos e a proporção ocupada pelos fragmentos e pela matriz; e métricas de disposição, para analisar os atributos dos fragmentos (forma, complexidade) e sua distribuição na paisagem.

O Fragstats consiste em um programa de estatística espacial que analisa uma imagem buscando fragmentos contíguos de cada tipo, calculando então índices de três níveis: para o fragmento individual, para cada tipo de

classe encontrada (matriz e fragmentos, no caso), e para a paisagem como um todo.

Quadro 1. Métricas empregadas para a análise da conectividade estrutural da paisagem.

MÉTRICA	FUNÇÃO
AREA - área	Mede a área (ha) de cada fragmento.
CA - área da classe	Mede a área (ha) ocupada pelas classes “matriz” e “fragmentos”.
%LAND - porcentagem das classes na paisagem	Mede a porcentagem da paisagem ocupada pela matriz e pelos fragmentos.
LPI - índice do maior fragmento	Mede a porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento florestal.
SHDI – índice de Diversidade de Shannon	Mede a heterogeneidade existente na paisagem, de acordo com o número de classes e a proporção ocupada por cada uma delas. Varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo à 1, mais complexa e heterogênea é a paisagem.
SHEI - índice de uniformidade de Shannon	Mede a variação entre tamanhos de classes na paisagem. Resulta do SHDI observado dividido pelo valor máximo possível de SHDI. Quando mais próximo à 0, maior é a diferença de tamanho entre as áreas ocupadas. Valores próximos à 1 indicam que todas as classes possuem praticamente a mesma área.
NP – número de fragmentos	Mede o número absoluto de fragmentos existentes em cada classe.
PD – densidade de fragmentos	Mede o número proporcional de fragmentos da classe existentes em 100 hectares de paisagem.
PERIM - perímetro	Mede o perímetro dos fragmentos, incluindo as áreas vazadas (recortes).
SHAPE –índice de forma	Mede a complexidade da forma do fragmento, comparando-a à de um círculo. Quanto mais distantes de 1, mais recortados e complexos os fragmentos.
FRACT – índice fractal	Indica a regularidade de padrão de forma dos fragmentos, ou o quanto os formatos se repetem na paisagem. Paisagens com fragmentos repetitivos de formas mais simples e regulares apresentam índices próximos a 1, e paisagens com fragmentos de formas mais complexas e particulares têm índices próximos a 2.
CORE - área nuclear	Calcula a área central do fragmento, mais qualificada como área de habitat efetiva. Correspondente à sua área total subtraída da área de borda.
ENN - distância do vizinho mais próximo (VMP)	Mede a distância euclidiana, borda a borda, entre um fragmento e outro, o mais próximo de mesma classe.
PROX – índice de proximidade	Mede o isolamento dos fragmentos. Reflete a soma dos valores, para cada polígono, da área do fragmento dividida pela soma das distâncias euclidianas borda-a-borda entre o polígono e todos os vizinhos, num determinado raio de busca. Valores mais altos refletem vizinhança mais ocupada, com menor fragmentação. Considerando as distâncias de dispersão/ movimentação das espécies selecionadas, foram considerados na análise da conectividade funcional raios de busca de 20, 50, 100 e 500m.

CONNECT – índice de conectividade	Mede a proporção entre as junções funcionais entre todos os fragmentos e o número total de junções possíveis entre estes fragmentos, considerando determinado raio de busca. Valores próximos a 0 indicam que poucos polígonos se ligam, e valores progressivamente mais altos indicam maior conectividade entre os fragmentos. Considerando as distâncias de dispersão/movimentação das espécies selecionadas, foram considerados na análise da conectividade funcional raios de busca de 20, 50, 100 e 500m.
-----------------------------------	--

O mesmo arquivo *raster*, resultante do tratamento binário da paisagem (fragmentos-habitat e matriz-não-habitat) foi utilizado pelo programa Guidos 2.0 na classificação dos elementos da paisagem através do método de análise dos padrões morfológicos espaciais (MSPA), pelo qual a paisagem é analisada a nível de *pixel*, com a classificação em função da geometria, padrões e conectividade da paisagem (SAURA, 2011). Assim, gerou-se um mapeamento automatizado dos elementos matriz, áreas nucleares, áreas de borda, corredores verdadeiros, laços, ramos, ilhas e perfurações. Para tais elementos, foram calculadas métricas não espaciais referentes ao número de unidades componentes e a proporção da paisagem ocupada por elas. Considerou-se para essa análise, igualmente, uma faixa de borda de 50 metros.

Também se considerou que o processo de fragmentação da paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno é marcado por intervenções abruptas e relativamente recentes que contribuíram para o delineamento atual dos fragmentos, como construções de estradas e desmatamento. Consequentemente, as bordas não apresentam a suavização relacionada a um processo natural de transição entre classes da paisagem e, portanto, seus efeitos devem se estender por uma distância superior a 20 ou 30 m.

Os resultados numéricos geraram planilhas, cujos dados foram submetidos a tratamentos estatísticos padrões no programa Past (HAMMER, 1999/2010). Também foram gerados mapas temáticos utilizando as métricas como atributos, para visualizar a distribuição dos fragmentos quanto às suas configurações de tamanho, forma, relações de vizinhança e conectividade.

Partindo-se do princípio que a conectividade é espécie-dependente, no capítulo 4, buscou-se avaliar como a composição e configuração estrutural da paisagem é percebida pelas espécies de animais (aves, anfíbios e mamíferos) e de vegetais. Analisou-se se o tamanho dos fragmentos, sua forma, seu grau de isolamento ou conectividade influencia a persistência das espécies na

paisagem, ou se outros elementos, de ordem física ou socioeconômica, impactam a ocorrência dessas espécies.

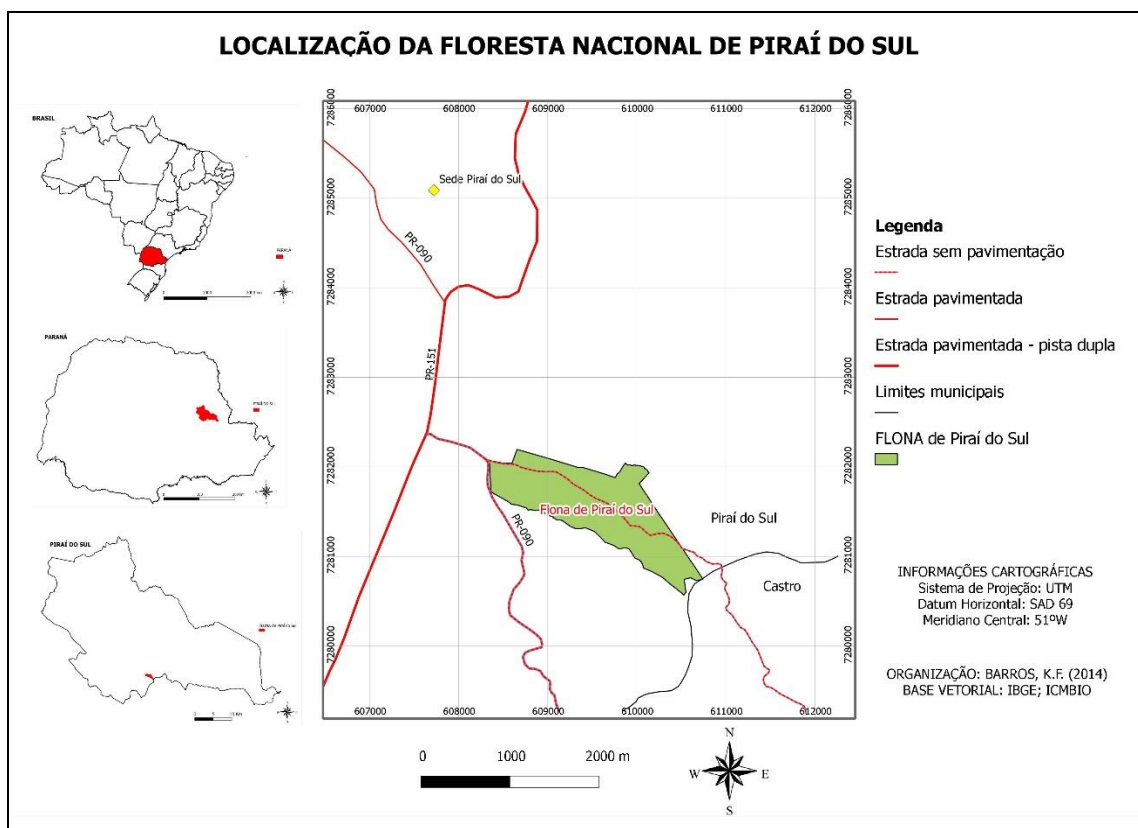
No capítulo 5, a partir da sumarização da análise da conectividade estrutural e funcional, faz-se a análise do processo de fragmentação da paisagem e a discussão sobre o planejamento ambiental da paisagem a partir da FLONA de Pirai do Sul.

2.2.Caracterização da FLONA de Pirai do Sul

2.2.1. Localização e histórico

A FLONA de Pirai do Sul situa-se integralmente no município de Pirai do Sul, região centro-oriental paranaense, próximo aos limites entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaense (Figura 4), aproximadamente a 1.000m.s.m de altitude. Possui, conforme decreto de criação, 124 hectares. Contudo, o mapeamento realizado indica área total de 153,2 hectares.

Figura 4. Localização da FLONA de Pirai do Sul



Constitui uma Unidade de Conservação de uso sustentável cujos objetivos institucionais são promover o uso múltiplo florestal sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2000).

O contexto de criação da FLONA de Piraí do Sul diverge da maioria das Unidades de Conservação da mesma categoria do Sul e Sudeste do Brasil, que foram criadas pelo extinto Instituto Nacional do Pinho (INP). Desde meados da década de 1940 até o final da década de 1960, a área que hoje é denominada FLONA de Piraí do Sul era conhecida como “Remonta”, sendo administrada pelo Ministério da Agricultura como Posto Agropecuário, voltado à criação de matrizes de animais domésticos (porcos, vacas, cavalos) e produção agrícola. Em 1967, após a promulgação do Código Florestal (Lei nº 4.771/65), quando a estrutura do INP foi fundida às estruturas do Instituto Nacional do Meio e do Departamento de Recursos Naturais Renováveis, surgiu o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), com o objetivo de desenvolver a política florestal nacional e de preservação de recursos naturais renováveis, dentro da concepção desenvolvimentista praticada na ditadura militar. Como esperado, a área de florestas plantadas aumentou significativamente, essencialmente com espécies exóticas.

É neste contexto político-institucional, que a antiga “Remonta”, então desativada, passou a ser administrada pelo IBDF. Apesar de não ter sido instituída como Floresta Nacional, a área do Posto Agropecuário, anteriormente utilizada para plantios agrícolas e criação de animais, passou a receber plantios de essências florestais, essencialmente de pinus e araucária, numa perspectiva de incentivar o desenvolvimento local a partir dos modelos de silvicultura promovidos à época. (ICMBio, 2012).

A área do IBDF, em Piraí do Sul, ficou conhecida como Posto de Fomento Florestal (POFOM), uma categoria administrativa prevista. Entre 1969 e 1984, foram implantados reflorestamentos de pinus, araucária e imbuia. O POFOM de Piraí do Sul parece ter exercido seu papel no incentivo à implantação de reflorestamentos na região (ICMBio, 2012). Por outro lado, com o crescimento da silvicultura, outras instituições, tanto públicas quanto privadas, despontaram como articuladores de projetos de pesquisa florestal, o que reduziu a relevância do POFOM no cenário econômico regional.

Em 1989, alterações a nível governamental extinguiram o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que assumiu acervo e atribuições do antigo órgão, inclusive a administração do POFOM de Piraí do Sul.

Em 2001, instruiu-se processo administrativo no âmbito do IBAMA, com objetivo inicial de anexar a área do POFOM de Piraí do Sul à Floresta Nacional de Açungui, no município de Campo Largo. Contudo, comprovando-se a inviabilidade da proposta, aliada à constatação da importância ecológica e à necessidade de garantir o mandato sobre a área, que passou a ser pleiteada pela Prefeitura Municipal de Piraí do Sul para fins turísticos, instruiu-se proposta de criação da FLONA de Piraí do Sul.

Assim, em 2004, através de Decreto Presidencial s/ nº assinado em 02 de junho, foi criada a FLONA de Piraí do Sul (BRASIL, 2004). Em 2007, por reforma no Ministério do Meio Ambiente, a administração da FLONA passou ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

Em 2009, foi instituído o Conselho Consultivo da FLONA de Piraí do Sul, paritário entre a sociedade civil organizada e os órgãos públicos. O Conselho foi renovado em 2013, conforme o Quadro 2 (ICMBio, 2013).

Quadro 2. Composição do Conselho Consultivo da FLONA de Piraí do Sul.

Membros do Conselho Consultivo da FLONA de Piraí do Sul	
Membros Não-Governamentais	Membros Governamentais
Associação dos Avicultores dos Campos Gerais	Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER
Associação dos Moradores do Bairro Guabiroba	Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
Associação para o Desenvolvimento da Agroecologia – AOPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Florestas
Associação União dos Trabalhadores Rurais do Abapan	Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR
Faculdade Jaguariaíva – FAJAR	Instituto Ambiental do Paraná – IAP
Sindicato das indústrias de Papel e Celulose – SINPACEL	Prefeitura Municipal de Castro
Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Piraí do Sul	Prefeitura Municipal de Piraí do Sul
Sindicato Rural de Piraí do Sul	Serviço Florestal Brasileiro – SFB
Associação de Pequenos Agricultores Sulinos	Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, Campus de União da Vitória
Cooperativa de Crédito Rural com Interação Solidária – CRESOL	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio
Centro de Treinamento para Pecuáristas	

2.2.2. Aspectos físicos da FLONA de Piraí do Sul

Quanto ao clima, a FLONA de Piraí do Sul insere-se, segundo a classificação de Köppen, no tipo climático Cfb, subtropical úmido mesotérmico, com verões moderadamente quentes e incidência de geadas no inverno. (MORO *et al.*, 2009). Segundo dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da FUNDAÇÃO ABC (2014), em 2013 a estação de Piraí do Sul, localizada a 26 km da FLONA, registrou temperaturas médias mensais entre 13 e 21°C, com temperaturas máximas mensais entre 26 e 31°C e mínimas entre -1 e 17°C. A umidade relativa do ar variou de 75 a 93% (médias mensais). A precipitação média anual foi de 1700mm. Quanto aos ventos, a velocidade média foi de 7,2 km/h, com direção sudeste, variando de 120 a 147°.

Com relação à geologia e geomorfologia, a FLONA assenta-se sobre rochas do Complexo granítico Cunhaporanga e da Formação Itaiacoca (Grupo Açungui). A Formação Itaiacoca, formada no Proterozóico Inferior, é composta por mármore dolomíticos, metapelitos e metadoleritos intercalados. (MINEROPAR, 2006). Já o Complexo Cunhaporanga é uma unidade litoestratigráfica neoproterozóica constituída por unidades ígneas predominantemente graníticas. (PIRAI DO SUL, 2006).

Segundo o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2006), a FLONA de Piraí do Sul se localiza na sub-unidade morfo-escultural denominada Planalto de Castro, que apresenta dissecação média e ocupa uma área de 2.460 km². A FLONA apresenta relevo predominantemente entre plano ondulado, com declividades de até 20%. Conforme a figura 5, as porções fortemente onduladas se concentram nas porções sul e sudeste da FLONA, configurando parte da Serra das Pedras. Há alguns pontos de declividade considerada montanhosa. Quanto à altitude, as cotas variam entre 1.040m e 1.240 m, conforme evidenciado pelo modelo digital do terreno da figura 6.

Nas áreas mais altas, o solo predominante é do tipo Cambissolo, com ocorrências de Neossolo litólico. Já nas porções com cotas mais baixas, os solos são Latossolos brunos. (MORO *et al.*, 2009).

Figura 5. Classes de Declividade na FLONA de Piraí do Sul.

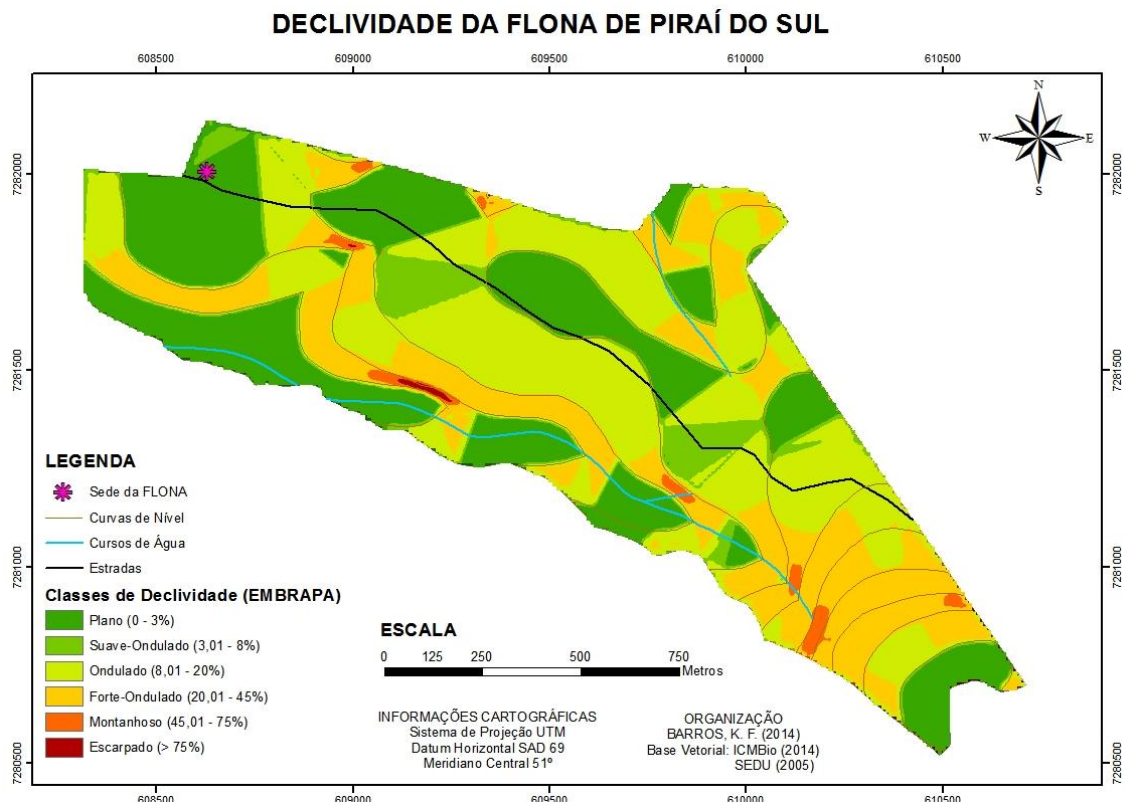
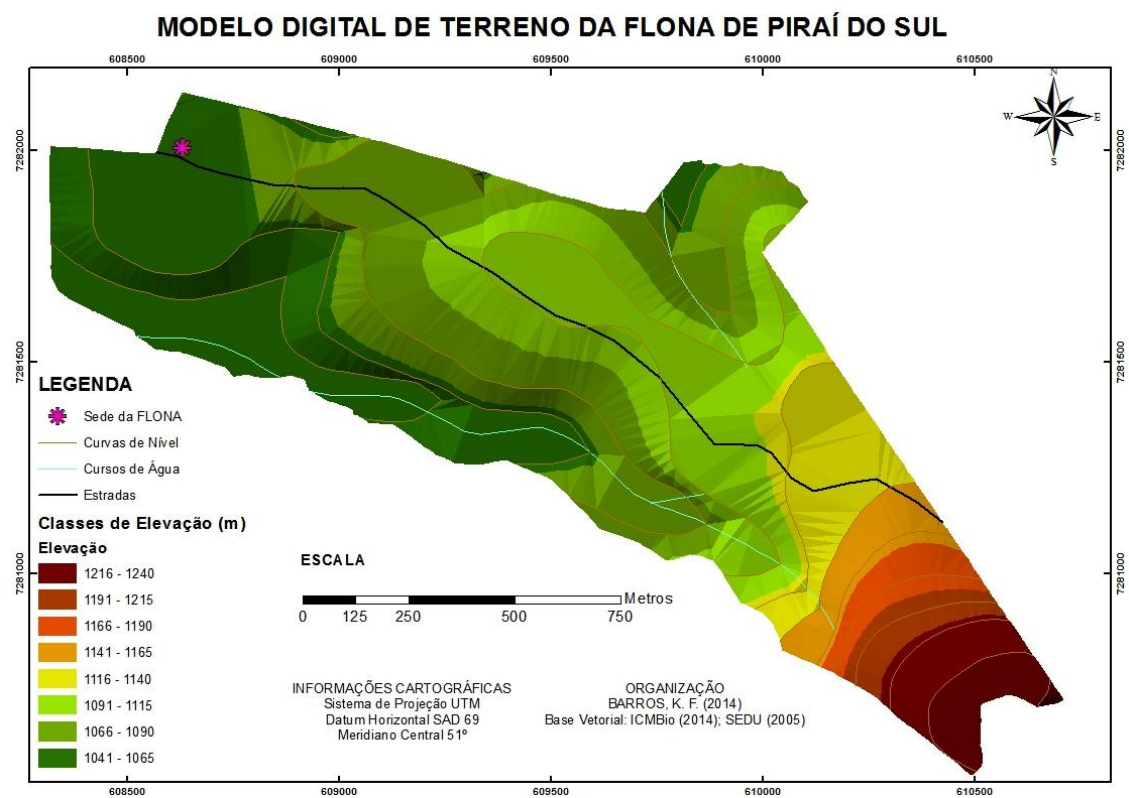


Figura 6. Modelo Digital de Terreno da FLONA de Piraí do Sul.

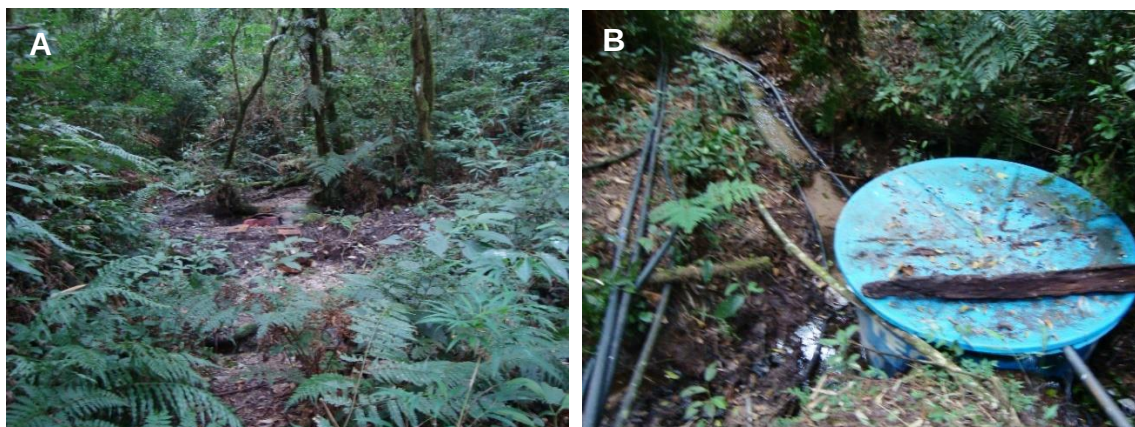


A FLONA de Piraí do Sul está situada dentro dos limites da bacia do Rio Piraí, afluente da margem direita do Rio Iapó e cuja área de abrangência de 346 km² corresponde a 11,4% da área dessa bacia. A bacia do Rio Iapó, por sua vez, localiza-se na porção sul/ sudeste da Bacia do Alto Tibagi. (PIRAÍ DO SUL, 2007).

A rede de drenagem da área da FLONA de Piraí do Sul é composta por cursos de água com largura inferior a dois metros, sendo que duas nascentes são utilizadas para abastecimento interno e de parte da população do entorno (figuras 7 e 8). Levantamento realizado no início de 2015, pelo ICMBio, identificou que aproximadamente 200 pessoas são usuárias diretas da água proveniente das nascentes da FLONA. Em 2011, a SANEPAR realizou análise da água, constatando que os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos se encontram compatíveis com as exigências normativas para consumo humano (ICMBIO, 2012).

A água é utilizada para consumo humano, dessedentação de animais e funcionamento de estabelecimentos comerciais (leiteria, restaurante, fábrica recicladora e granjas avícolas e de suínos), sem, no entanto, estar adequada ao sistema de abastecimento de água na localidade, conforme padrão adotado nas comunidades rurais da região. (ICMBio, 2012).

Figura 7. (A) Nascente e (B) Estruturas de distribuição de água na FLONA de Piraí do Sul.



Autora: BARROS, K. F. (2014)

A FLONA é atravessada por uma estrada vicinal não asfaltada (Figura 7), utilizada pela população como alternativa de acesso aos bairros rurais Guabiroba e Pedras, no município de Castro. Próximo à sede da FLONA, há

uma trave de restrição de altura de veículos, que impede o tráfego de caminhões.

Figura 8: (A) Estrada separando remanescentes de vegetação nativa no interior da FLONA de Pirai do Sul; (B) Trave de restrição de altura de veículos à entrada da FLONA.



Autora: A e B: BARROS, K. F. (2014)

A FLONA de Pirai do Sul se insere no Bioma Mata Atlântica, na área de abrangência da Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como “mata-de-araucária” ou “pinheiral”. A análise quantitativa de área das tipologias de vegetação e uso do solo da FLONA de Pirai do Sul evidencia a representatividade da FOM na Unidade (MORO *et al.*, 2009), já que 101,6 ha, ou 66,3% da área total da FLONA, são recobertos por remanescentes de FOM em diferentes estágios de regeneração.

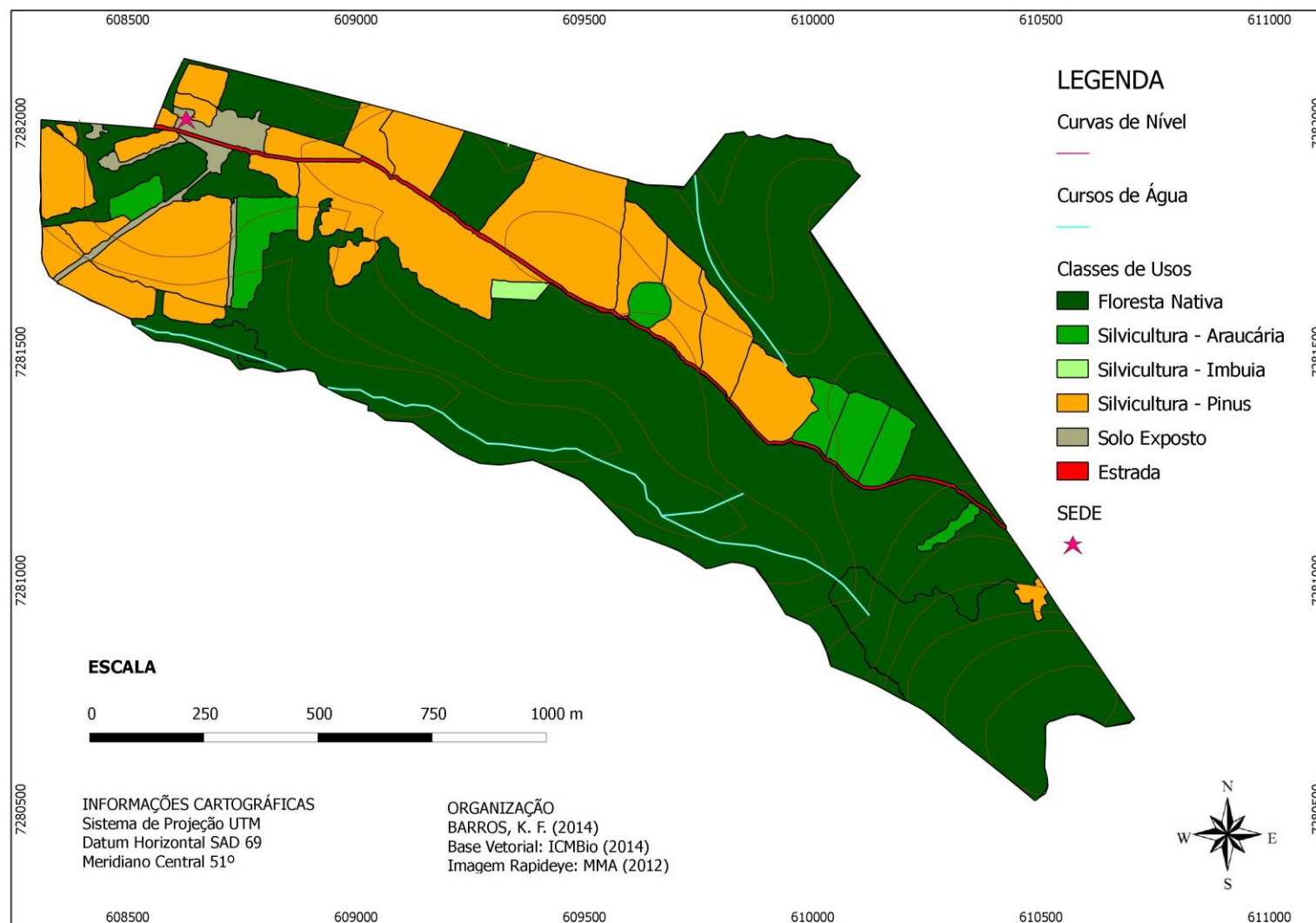
Conforme expresso na figura 9 e no quadro 3, 7,9ha (5,0% da área total) são compostos por 07 talhões de reflorestamentos de *Araucaria angustifolia*; 0,4 ha de reflorestamento de *Ocotea porosa*, ambos apresentando sub-bosque com vegetação secundária em estágio médio de regeneração. Também existem 39,5ha (25,8% da área total) cobertos com plantios de *Pinus* sp., cujo plantio foi realizado entre 1971 e 1979, mas não foram submetidos a quaisquer tratamentos silviculturais há mais de 30 anos.

Quadro 3. Uso da Terra da FLONA de Pirai do Sul

USOS	Área (ha)	% da Área Total
Floresta Nativa	101.6	66.3
Plantio de Araucária	7.6	5.0
Plantio de Imbuia	0.4	0.3
Plantio de Pinus	39.5	25.8
Estrada	1.5	0.9
Solo Exposto	2.6	1.7
TOTAL	153.2	100.0

Org.: A autora.

Figura 9. Usos da Terra e Hidrografia da FLONA de Pirai do Sul.



2.2.3. Elementos Bióticos da FLONA de Piraí do Sul

Os remanescentes de vegetação nativa localizados na FLONA de Piraí do Sul (figura 10) podem, majoritariamente, ser classificados como em estágio médio de regeneração, sendo compostos por espécies comuns e características da FOM. As espécies com maior valor de importância nesses remanescentes são *Araucaria angustifolia* (pinheiro araucária), *Matayba elaeagnoides* (Miguel-pintado), *Ilex integerrima* (caúna-da-folha-larga), *Casearia sylvestris* (cafezeiro), *Nectandra grandiflora* (canela-amarela) e *Cryptocaria aschersonia* (canela-fogo). O sub-bosque dos reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (figura 11) também se encontram em estágio médio de regeneração, com registro de 48 espécies arbóreas nativas, sendo as espécies mais importantes na estrutura dos talhões, após *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris* (cafezeiro), *Ilex paraguariensis* (erva-mate) e *Rudgea jasminoides* (grinaldeira). (MORO *et al.*, 2009).

As áreas mais altas da FLONA (figura 12), por sua vez, são recobertas por uma vegetação arbustiva fechada (capoeirinha), de baixo porte, constituindo um remanescente de vegetação nativa em estágio inicial de regeneração que ocupa a encosta da Serra das Pedras. Há registro da ocorrência de 42 espécies, sendo a cobertura dominada por *Myrcia breviramis* (guamirim), *Myrsine ferruginea* (capororoquinha), *Vernonia discolor* (vassourão-preto) e *Myrcia obtecta* (cambuí) (MORO *et al.*, 2009).

Nos plantios de pinus, o sub-bosque é pouco desenvolvido, sendo considerada como matriz, onde a permeabilidade é reduzida para várias espécies, especialmente nas porções mais distantes dos remanescentes.

Informações sobre a ecologia das espécies, relacionadas à espacialização dos processos de dispersão e da ocupação dos elementos da paisagem, foram sistematizadas no Quadro 4.

Quadro 4. Espécies representativas encontradas nos remanescentes de vegetação nativa da FLONA de Piraí do Sul - estágio médio de regeneração, capoeirinha e talhões de araucária; e informações ecológicas relevantes à pesquisa

Espécie	Informações ecológicas relevantes à pesquisa
<i>Araucaria angustifolia</i> (pinheiro)	Suas sementes são um recurso importante na dieta de vários animais, principalmente na época de escassez de outros alimentos.

	Alguns invertebrados (formigas e besouros), aves (papagaio-clarão, gralha-azul) e mamíferos (bugios, veados, quatis, ouriços, pacas e pequenos roedores), ao consumirem os pinhões, atuam como predadores, pois inviabilizam a germinação. Contudo, ao buscarem a semente como recurso alimentar outros animais a transportam para outros locais, atuando como dispersores - Gralhas (<i>Cyanocorax chrysops</i> e <i>C. caeruleus</i>), tiribas (<i>Pyrrhura</i> sp.), esquilos (<i>Sciurus ingrami</i>) cotias (<i>Dasyprocta azarae</i>) e outros vertebrados são dispersores. O serelepe (<i>Guerlinguetus ingrami</i>) realiza a dispersão de sementes a distâncias de mais de 25m (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000). Lamberts (2006) demonstrou que a gralha-azul (<i>Cyanocorax chrysops</i>) consegue transportar pinhões a aproximadamente 11m, a cutia (<i>Dasyprocta azarae</i>) realiza a dispersão de 0,5 a 50m (média 6,5m) e os quatis (<i>Nasua nasua</i>) e pequenos roedores, apesar de geralmente predarem as sementes, podem carregá-las a distâncias de 4,7m. Anjos (1991) considera que a distância de dispersão efetiva realizada pela gralha-azul é superior a 80m. Avaliando a dispersão de sementes de modo mais geral, Bittencourt (2008) verificou que a distância de dispersão de sementes de <i>Araucaria angustifolia</i> pode variar de 0,35 até 291m, com 47% das sementes encontradas a menos de 60m de distância da árvore mãe. Já Cristofolini (2013) considera que, em área de campo, a dispersão varia de 07 a 240m, com média de 109m. Considerando que a polinização da espécie é anemófila, Cristofolini (2013) considera que a distância provável atingida pelo pólen varia de 5 a 330m em ambiente florestal e atinge 125m em campo. Bittencourt (2008) avalia que a distância ficaria em torno de 100m em floresta contínua.
<i>Matayba elaeagnoides</i> (miguel-pintado)	É uma espécie secundária tardia (VACCARO <i>et al.</i> , 1999) de dispersão zoocórica (LEYSER <i>et al.</i> , 2009). <i>Carpornis melanocephalus</i> e <i>Procnias nudicollis</i> (araponga) são aves que se alimentam de frutos de <i>Matayba elaeagnoides</i> , mas não foram encontradas informações sobre seu papel como dispersor efetivo das sementes (PIZO <i>et al.</i> , 2002).
<i>Ilex integrerrima</i> (caúna-da-folha-larga)	As flores são muito visitadas por abelhas e insetos, para fins de polinização (UNICENTRO, 2014).
<i>Casearia sylvestris</i> (cafezeiro)	Seus diásporos são cápsulas deiscentes, a polinização não é especializada e a dispersão é zoocórica (YAMAMOTO <i>et al.</i> , 2007). Fadini e Marco Jr (2004) registraram interação as aves (Frugivoria) <i>Chiroxiphia caudata</i> , <i>Tachyphonus coronatus</i> , <i>Tangara cyanoventris</i> , <i>Dacnis caiana</i> , <i>Saltator similis</i> , <i>Megarhynchus pitangua</i> , <i>Tolmomyas sulphureus</i> , <i>Mionectes rufiventris</i> .
<i>Nectandra grandiflora</i> (canela-amarela)	Com diásporos indeiscentes monospérmicos, possui polinização não especializada e síndrome de dispersão zoocórica (YAMAMOTO <i>et al.</i> , 2007). Sendo considerada uma planta apícola (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2003), sua interação com abelhas (nativas e exóticas) é relevante para definição do espectro espacial de polinização e dispersão.
<i>Cryptocaria aschersonia</i> (canela-fogo)	Apresenta frutos e diásporos considerados grandes, o que reduz o rol de dispersores, mas por outro lado aumenta o sucesso germinativo, o crescimento e sobrevivência da plântula. (MORAES; ALVES, 2002). Há registro de dispersão por <i>Allouatta</i> sp. (KUHLMANN 1975; GALETTI <i>et al.</i> , 1994, <i>apud</i> MORAES; ALVES, 2002).
<i>Ilex paraguariensis</i> (erva-mate)	Espécie clímax tolerante à sombra, de ciclo de vida longo, de grande interação com a fauna para a polinização e dispersão de sementes. Apresenta polinização entomófila (MATTOS, 2011), generalista (sem especificidade de polinizadores), sendo realizada

	por inúmeros insetos (Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera e Diptera), embora alguma transferência de pólen pelo vento não possa ser descartada (FERREIRA; KASPARY; FERREIRA; ROSA, 1983). Apesar de muitos insetos visitarem as flores, apenas <i>Apis mellifera</i> e três dípteros das famílias Sciaridae, Syrphidae e Muscidae devem ser os prováveis polinizados da espécie (FLOSS, 1994). A média da distância de dispersão do pólen é de 393m, com metade da distribuição espacial ocorrendo a distâncias inferiores a 100m (DIAZ, 2013). A dispersão de sementes é zoocórica, por pássaros. Há registro de dispersão por <i>Turdus leucomelas</i> (sabiá-barranco), <i>Turdus rufiventris</i> (sabiá-laranjeira), <i>Thraupis sayaca</i> (sanhaço), <i>Thraupis bonariensis</i>, <i>Elaenia</i> sp. (guaracava-de-bico-curto), <i>Megarhynchus pitangua</i>, <i>Tyrannus melancholicus</i> (suiriri), <i>Pitangus sulphuratus</i> (bem-te-vi), <i>Phylloscartes ventralis</i> (borboletinha-do-mato), <i>Chiroxiphia caudata</i> (tangará), <i>Mimus saturninus</i> (sabiá-do-campo) e <i>Molothrus bonariensis</i> (vira-bosta), sendo que <i>Zonotrichia capensis</i> (tico-tico) e <i>Saltator similis</i> (trinca-ferro) mastigam o fruto mas não dispersam as sementes (COLUSSI; PRESTES, 2011).
<i>Rudgea jasminoides</i> (grinaldeira)	Arbusto ou arvoreta de aproximadamente 3,5m de altura, com frutos vermelhos (maduros) tipo baga carnosa. Secundária tardia ou até mesmo climácica. Essencialmente ombrófila, tolerando situações de meia-sombra. Aprecia solos úmidos e ocorre geralmente no interior das florestas bem conservadas. A polinização é entomófila (SILVA, 2012) ou por espécies de abelhas e borboletas (CASTRO; OLIVEIRA, 2002, <i>apud</i> TEIXEIRA; MACHADO, 2004), ou mariposas (SILVA, 2012). Apresenta síndrome de dispersão zoocórica por aves (SILVA, 2012).
<i>Myrcia breviramis</i> (guamirim)	Espécie secundária tardia, apresenta polinização entomófila e dispersão zoocórica (ALVES; METZGER, 2006). Gressler, Pizo e Morelatto (2006) indicam polinização principalmente por abelhas Apidae, sendo que moscas e vespas são somente visitantes. Para os mesmos autores, pequenos pássaros são os principais dispersores, e eventualmente répteis e formigas podem dispersar frutos caídos.
<i>Myrsine ferrugínea</i> (capororoquinha)	Apresenta síndrome de dispersão por zoocoria (CORREA <i>et al.</i>, s. d). As aves <i>Elaenia flavogaster</i>, <i>Elaenia parvirostris</i>, <i>Elaenia mesoleuca</i> e <i>Elaenia</i> sp. são consideradas prováveis dispersores das sementes da espécie (BASLER <i>et al.</i>, 2009).
<i>Vernonia discolor</i> (vassourão-branco)	Espécie pioneira, comum em áreas submetidas a perturbações. Apresenta dispersão anemocórica (FERREIRA <i>et al.</i>, 2013) e polinização realizada por abelhas (FONSECA <i>et al.</i>, 2014)
<i>Myrcia obtecta</i> (cambuí)	Apresenta dispersão por zoocoria (CORREA <i>et al.</i>, s. d), sendo as pequenas aves as principais dispersoras (GRESSLER, Pizo e Morelatto, 2006). A polinização é feita por abelhas, especialmente <i>Apis mellifera</i> e <i>Trigona spinipes</i> (PIRES; SOUZA, 2011).

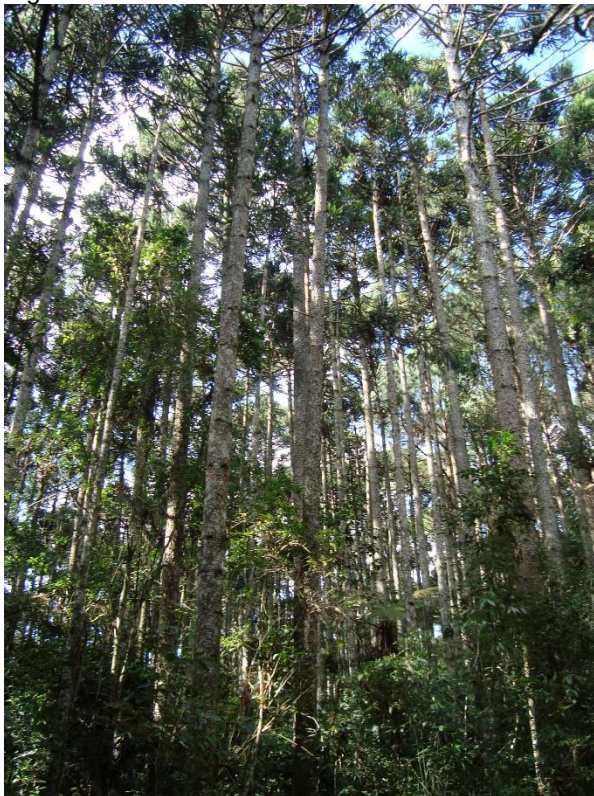
Org: A autora.

Figura 10. Remanescente de vegetação nativa na FLONA de Pirai do Sul.



Autora: BARROS, K. F. (2014)

Figura 11. Reflorestamento de araucária na FLONA de Pirai do Sul.



Autora: BARROS, K. F. (2014)

Figura 12. Capoeirinha na FLONA de Pirai do Sul.



Autora: BARROS, K. F. (2014)

Quanto aos elementos da fauna e sua capacidade de locomoção no território, a FLONA de Pirai do Sul abriga uma riqueza expressiva de mamíferos de médio e grande porte, constituindo um refúgio que contribui à conservação da mastofauna da região (BAZILIO; BASTIANI, 2014). Segundo esses autores, há 27 espécies de mamíferos de médio e grande porte na área da FLONA, sendo que destas, as espécies consideradas constantes na FLONA, ou seja, registradas em mais de 50% do total da amostragem, são *Dasyprocta azarae* (cutia), *Didelphis aurita* (gambá), *Guerlinguetus ingrami* (esquilo), *Alouatta guariba clamitans* (bugio), *Puma concolor* (onça-parda), *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro), *Nasua nasua* (quati) e *Dasypus novemcinctus* (tatu). No Quadro 5 foram sistematizadas informações ecológicas relevantes à definição da abrangência da área de estudo e à discussão sobre a conectividade funcional, especialmente às relacionadas à espacialização da ocorrência da espécie, sua área de vida e capacidade de deslocamento na paisagem.

Quadro 05. Principais espécies de mamíferos de médio e grande porte encontradas na FLONA de Pirai do Sul e informações ecológicas relevantes à pesquisa.

Espécie	Características ecológicas relevantes
<i>Dasyprocta azarae</i> (cutia)	Roedor de porte pequeno a médio, que mede até 50cm de comprimento e pesa em média 3kg. Habita florestas, cerrados, capoeiras e até áreas cultivadas. Vive solitário ou em par e, na

	FLONA, seu maior período de atividade da espécie é entre 6 e 10:00h, e entre 15 e 20:00h (BAZILIO; BASTIANI, 2012). Possui dieta basicamente frugívora-granívora-herbívoros, alimentando-se de sementes, frutos, brotos e raízes. Ribeiro e Vieira (2014) relatam que a espécie remove sementes de araucária a distâncias aproximadas de 15m, agindo principalmente como predadora. Contudo, por seu comportamento de consumidores estocadores, pode desempenhar um importante papel como dispersor secundário, principalmente por estar presente em grande abundância tanto em florestas primárias como em vegetações perturbadas (HENRY, 1999). Considerada dispersora de grandes sementes (SANTOS, 2005), percorrendo distâncias de até 900m, em áreas de vida estimadas de 4 a 16,4ha. (CID, 2011)
<i>Didelphis aurita</i> (gambá)	Marsupial dos mais comuns na Região Neotropical. A área de vida de fêmeas varia entre 0,3 a 1,7ha (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2007). Loretto e Vieira (2005) relatam que os deslocamentos predominantes são entre 100 e 200m, o que é sustentado localmente por Grazzini (2014), que realizou recapturas de indivíduos na FLONA de Piraí do Sul em locais distantes até 150m. Leal (2013) identificou áreas de uso entre 0,07 e 2,37ha. Segundo Grazzini (2014), é a espécie de marsupial com maior número de indivíduos na FLONA, ocorrendo tanto em área de vegetação nativa (ciliar), como em reflorestamento de araucária e reflorestamento de Pinus.
<i>Guerlinguetus ingrami</i> (esquilo)	São animais diurnos, que freqüentam o estrato arbóreo e também descem ao solo em procura de alimento. Alimentam-se predominantemente de frutos e sementes, mas também consomem folhas, flores, fungos e insetos, sendo muito comum na FOM. É dispersor de frutos barocóricos (PASCOAL; GALETTI, 1995, <i>apud</i> BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000), sendo um dispersor efetivo das sementes de araucária, por seu comportamento de enterrá-las sem danificá-las, em locais geralmente distantes (>25m) da área de projeção da copa da árvore mãe (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000).
<i>Alouatta guariba clamitans</i> (bugio)	São primatas folívoros comportamentais, tendo a necessidade de descansar uma grande parte do dia, para facilitar a digestão. Apesar de os bugios apresentarem uma dieta variada, as espécies do gênero <i>Ocotea</i> podem ser consideradas como um importante recurso alimentar na FOM (MIRANDA; PASSOS, 2004). Bicca-Marques (2003) e Buss (2012) afirmam que os bugios do gênero <i>Alouatta</i> possuem capacidade de sobreviver em habitats alterados e fragmentos florestais com poucos hectares. Áreas de vida são estimadas desde 3,9ha (CUNHA, 1994) até 33ha (STENMETZ, 2000). A Prefeitura de São Paulo (2009) relata área domiciliar de 15,4 e 27,8ha, com deslocamentos mensais de 551,8 e 307,3m, respectivamente. Podem se deslocar por mais de 200m em áreas abertas para alcançar outros fragmentos, mas preferem corredores (ESTRADA; COATES-ESTRADAS, 1996).
<i>Puma concolor</i> (onça-parda)	É um dos animais que mais sofrem com os efeitos da fragmentação (PENTEADO, 2012), por sua grande área de vida e padrões de dispersão dos jovens. Penteado (2012) definiu a área de vida em 11.400ha, com distâncias percorridas diariamente variando entre 10m e 10km. Possuem hábitos solitários e territorialistas, tendo maior atividade ao entardecer e à noite. Carnívoro, alimenta-se de animais silvestres de portes variados. (PROCARNÍVOROS, 2014)
<i>Mazama gouazoubira</i> (veado-catingueiro)	Diurno e solitário, herbívoro e com comportamento fortemente territorialista. Seus predadores incluem pumas, cachorros-do-mato e o homem (DUARTE <i>et al.</i> , 2012). Quanto à área de vida, as informações são variáveis. Pinder (1997, <i>apud</i> JULIA 2002) calculou uma área central de 19ha, e Vogliotti (2004, <i>apud</i> JULIA 2002) encontrou duas

	áreas centrais diferentes com uma área total de 54,4ha. Para Antunes (2012), a espécie possui área de vida de 6,4 a 26,9ha, podendo ser encontrado em áreas agrícolas ou de silvicultura. O território de um macho sobrepõe o de duas fêmeas (JULIA, 2002).
<i>Nasua nasua</i> (quati)	Generalista, é encontrado principalmente em áreas florestadas, mas adapta-se à utilização de bordas, corredores e de matriz ocupada por agricultura e pecuária (MICHALSKI, PERES 2005). Vive em grupos que pode ter mais de 30 indivíduos, formado somente por fêmeas e machos de até dois anos, já que machos mais velhos são expulsos do grupo e tornam-se solitários. (PROCARNIVOROS, 2014b). Possui atividade predominantemente diurna e dieta generalista-onívora (invertebrados e frutos). É um dispersor eficiente de grande parte das sementes que consome. Apresenta grande mobilidade, podendo percorrer mais de 2km por dia. Como o tempo de retenção de sementes no animal pode ser de muitas horas, a dispersão das sementes pode ocorrer em locais distantes da planta mãe. (COSTA, 1998). A área de vida estimada para um grupo de quatis é de 445ha (BEISEGEL. MANTOVANI, 2006)
<i>Dasypus novemcinctus</i> (tatu-galinha)	É uma espécie de tatu com até 80cm de comprimento e membros adaptados à escavação, para busca de alimento e para a construção de suas tocas, que podem ter de 0,5 a 3m de profundidade e até 7m de comprimento (GARDNER, 2005, <i>apud</i> PEREIRA JUNIOR e BAGAGLI, 2011). Alimenta-se principalmente de invertebrados e pequenos vertebrados, sendo uma espécie de hábitos generalistas (SILVA, 2006). Possui área de vida de 2 a 20ha (LOUGHRYE; COOLLEN, 1998). Silva (2006) relata deslocamento médio de 153m para <i>Dasypus semtemcinctus</i> .

Org: A autora.

A ocorrência de mamíferos de pequeno porte da FLONA de Pirai do Sul foi discutida por Grazzini (2014), que registrou indivíduos de *Akodon montensis*, *Oligoryzomys nigripes* e *Thaptomys nigrita*, em grande número na composição da assembleia. No quadro 6, são apresentadas algumas características ecológicas das espécies.

Quadro 6. Principais espécies de mamíferos de pequeno porte encontradas na FLONA de Pirai do Sul e características ecológicas relevantes à pesquisa (área de vida, deslocamentos, dieta).

Espécie	Características relevantes para a pesquisa
<i>Akodon montensis</i> (Rato-do-mato)	É um roedor terrestre com uma massa corporal de 19-57g, insetívoro-onívoro e abundante em florestas em estágios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (PUETTKER, 2007). Dessa forma, é a espécie de mamífero de pequeno porte mais abundante na FLONA, em geral, e nas fitofisionomias de habitat nativo de FOM aluvial (ciliar), reflorestamento de araucária e capoeirinha de altitude (GRAZZINI, 2014). A distância média de deslocamento é de 26.3m (PUETTKER, 2007).
<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Rato-do-mato)	Vive tanto no solo como em árvores e pesa entre 9-40g. Constitui a segunda espécie de mamífero de pequeno porte mais abundante na FLONA, sendo a mais abundante no reflorestamento de pinus. A distância média de deslocamento é maior para os machos (33m) do que para as fêmeas (24m), segundo Puettker (2007). Para Pires <i>et al.</i> (2002), os deslocamentos se concentram na classe 0-20m, podendo atingir até 80m. Segundo Cademartori <i>et al</i> (2008) e Pedó <i>et al.</i>

	(2010), é adaptada a estágios iniciais de regeneração, por sua plasticidade ambiental. Não se movem entre fragmentos, com distâncias de deslocamentos de até 80m (PIRES; LIRA; FERNANDEZ; SCHITTINI; OLIVEIRA, 2002) e maior frequência de deslocamento entre 0 e 20m (PUETTKER <i>et al</i> , 2006).
<i>Thaptomys nigrita</i> (Rato-do-mato)	Espécie mais abundante na floresta nativa secundária em estágio mais avançado de regeneração da FLONA. Característica de ambientes com maior qualidade ambiental, maior oferta de alimentos e estrutura florestal mais complexa (PARDINI; UMETZU, 2006). Seus deslocamentos atingem, em média, de 0 a 30m (PUETTKER <i>et al</i> 2006).

Org: A autora.

Quanto aos anfíbios, Foerster (2014) registrou a ocorrência de 33 espécies de anuros na FLONA e áreas do entorno, correspondentes a 80% da riqueza teórica esperada para a região. A família Hylidae é a mais representativa em relação ao número de espécies e à abundância de indivíduos, sendo que *Dendropsophus minutus* (pererequinha-do-brejo), *Dendropsophus sanborni* (pererequinha-do-brejo), *Hypsiboas bischoffii* (perereca) e *Hypsiboas albopunctatus* (pererequinha-cabrinha) são as espécies mais abundantes, ou seja, com maior número de indivíduos registrados. Poucas informações específicas sobre as áreas de vida e uso do espaço pelas espécies mencionadas estão disponíveis, mas Smith e Green (2005), compilando dados de 166 pesquisas realizadas, com 90 espécies de anfíbios, verificou que 44% das espécies se movimentam em distâncias de até 400 m, embora ocorram variações significativas entre as espécies (SMITH; GREEN, 2005).

Sobre a avifauna, Cochak e Bazílio (2014) registraram 144 espécies de aves na FLONA de Pirai do Sul, das quais 89% são espécies residentes ou prováveis residentes, ou seja, que têm a FLONA como sua área de vida, ou parte dela. As espécies com maior frequência de ocorrência são *Troglodytes musculus* (curruíra), *Theristicus caudatus* (curicaca), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto) e *Saltator similis* (trinca-ferro), que têm informações ecológicas organizadas no Quadro 7.

Quadro 7. Principais espécies de aves encontradas na FLONA de Pirai do Sul e características ecológicas relevantes à pesquisa (área de vida, deslocamentos, dieta).

Espécie	Características relevantes para a pesquisa
<i>Troglodytes musculus</i> (curruíra)	Insetívora, de habitat extremamente variado, incluindo ambientes naturais (bordas de mata, cerrado, campos) e ambientes urbanos. Seu território pode variar de 9.000 a 1.500m ² (LLAMBIAS, 2012)
<i>Theristicus caudatus</i>	Possui cerca de 69cm de comprimento e 43cm de altura, com bico

(curicaca)	longo e curvo. Alimenta-se de artrópodos, pequenos vertebrados e invertebrados de solo. Seus deslocamentos, para alimentação, geralmente não ultrapassam 3km (DAL CORNO, 2012).
<i>Pitangus sulphuratus</i> (bem-te-vi)	Uma das aves mais abundantes e conhecidas do Brasil. Onívora, habita diferentes ambientes, em densidades de 0,68 pares/ha, sendo encontrada em áreas agrícolas (PIRATELLI <i>et al.</i> , 2005), bordas de clareiras de florestas, capoeiras, plantações, eucaliptais, cerrados, caatinga, pastos sujos, mangues, parques e ruas arborizadas (SIGRIST, 2009). Há registros de deslocamentos entre fragmentos distantes de 45 e 460 m (YABE, 2009).
<i>Tachyphonus coronatus</i> (tiê-preto)	Vivem isolados, em pares, grupos de 3 ou 4 indivíduos ou mesmo em bandos maiores. É onívoro, alimentando-se de frutos, sementes, flores e insetos (SICK, 2001). Encontrado em bordas de matas (DARIO, 2010), pequenos fragmentos e corredores (UEZU <i>et al.</i> , 2008).
<i>Saltator similis</i> (trinca-ferro)	Espécie territorialista mas, conforme Melo <i>et al</i> (2012), pouco se sabe sobre os tamanhos, formas e exigência de habitats de seus territórios. Os autores registraram áreas de vida de tamanhos variáveis entre 2,8 e 6,8ha, com formas bastante distintas. São encontrados em áreas de agroflorestas e corredores (UEZU <i>et al.</i> , 2008).

Org: A autora.

2.3. Entorno da FLONA de Piraí do Sul

2.3.1. Abrangência do entorno para delimitação da paisagem

Independentemente dos aspectos conceituais jurídicos referentes à área de entorno de uma unidade de conservação, a definição da abrangência do entorno da FLONA de Piraí do Sul para discussão da conectividade da paisagem foi sustentada na análise das informações ecológicas das espécies de vegetais e animais cuja ocorrência é considerada representativa.

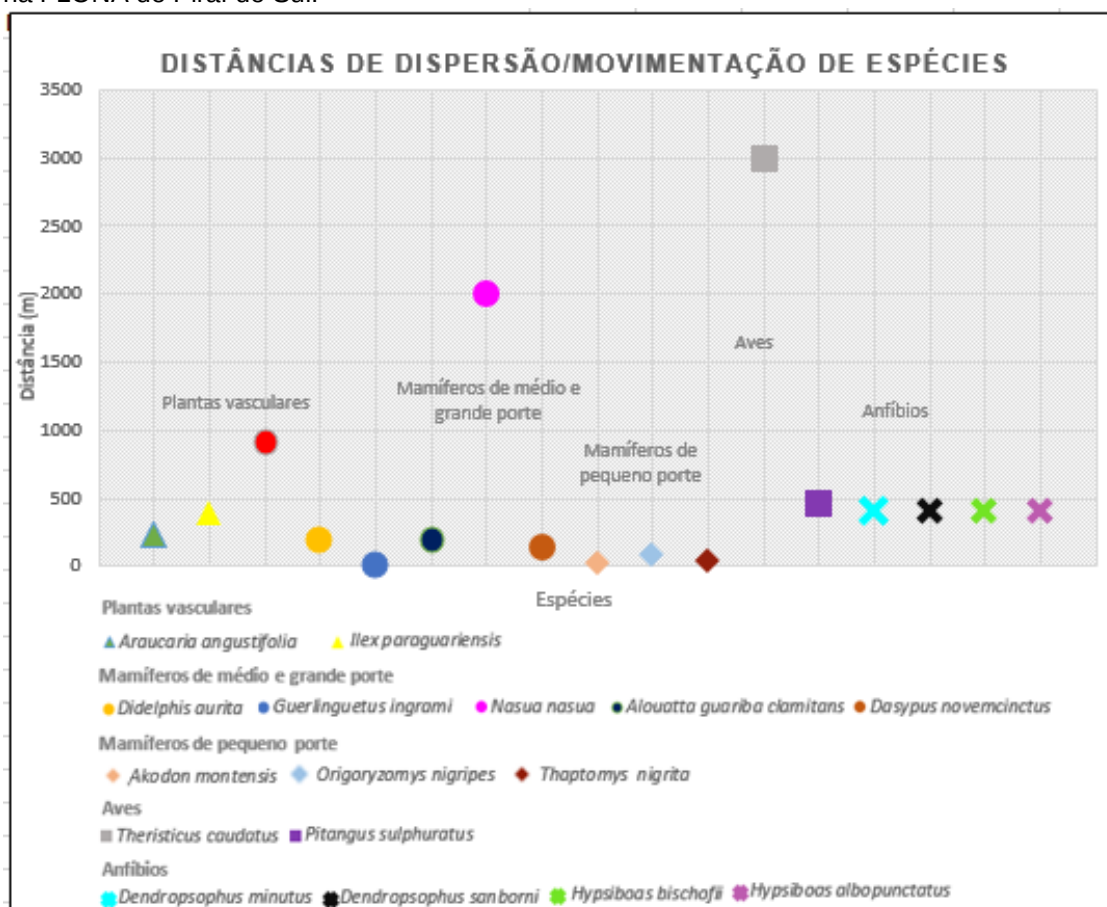
Considerando as espécies vegetais, informações mais precisas sobre abrangência espacial da polinização e dispersão de sementes foram encontradas para *Araucaria angustifolia* (pinheiro) e *Ilex paraguariensis* (erva-mate). Para as demais espécies mais importantes na FLONA, as informações ecológicas incluem outros subsídios à análise da conectividade, mas não permitem trazer elementos para dimensionar inicialmente a paisagem.

Para as espécies animais, informações mais objetivas foram encontradas para as espécies *Dasyprocta azarae* (cutia), *Didelphis aurita* (gambá), *Alouatta guariba clamitans* (bugio), *Puma concolor* (onça-parda), *Nasua nasua* (quati), *Dasypus novemcinctus* (tatu-galinha), *Akodon montensis*, *Origoryzomis nigripes*, *Thaptomys nigrita*, *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus sanborni*, *Hypsiboas bischoffii*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Theristicus caudatus* (curicaca) e *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi).

Em função das grandes extensões demandadas pelo *Puma concolor* (onça-parda), destoantes do conjunto das espécies, optou-se por excluí-lo da análise de definição da área de entorno. As distâncias referentes à dispersão de pólen ou sementes das espécies vegetais e à movimentação de espécies animais na paisagem estão expressas na figura 13.

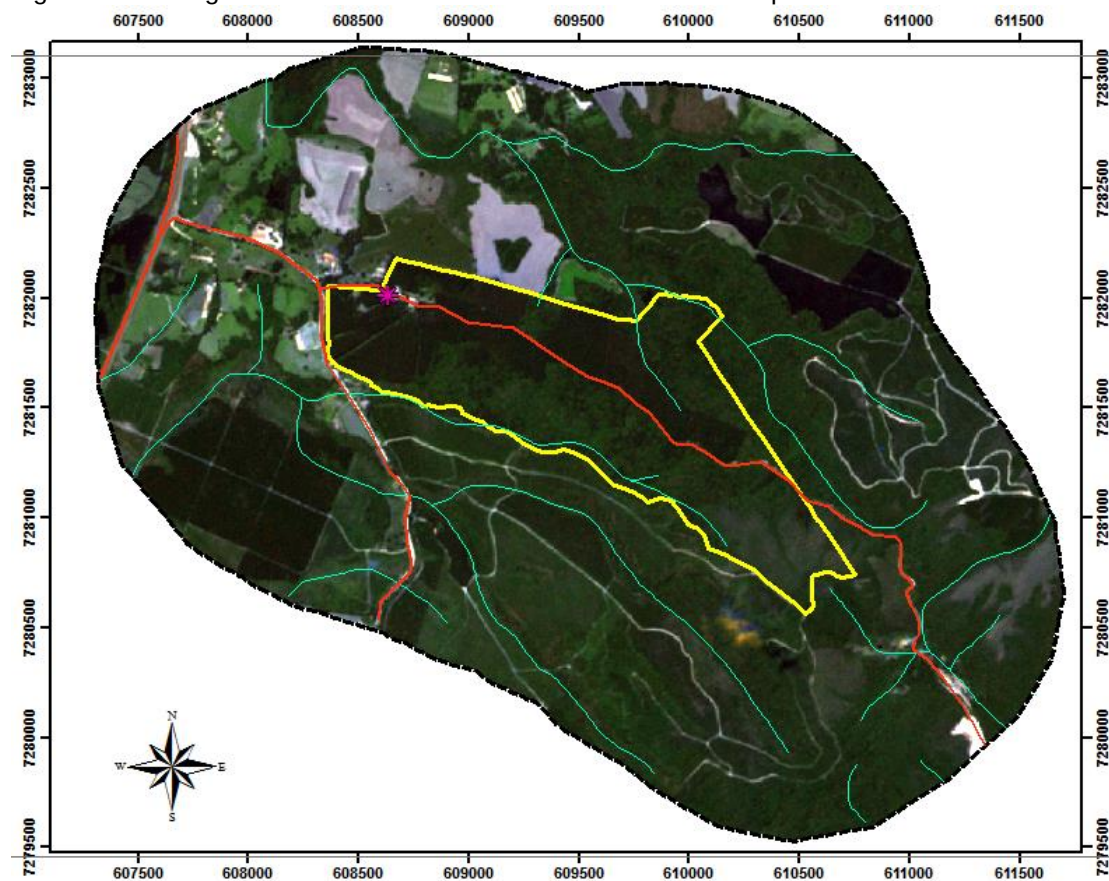
Considerando que as distâncias de deslocamento dos anfíbios consistem em valores gerais para o grupo, que podem implicar em variações significativas entre as espécies *Dendropsophus minutus* (pererequinha-do-brejo), *Dendropsophus sanborni* (pererequinha-do-brejo), *Hypsiboas bischoffii* (perereca) e *Hypsiboas albopunctatus* (pererequinha-cabrinha); bem como respeitando que as distâncias referentes às demais espécies também podem apresentar variações decorrentes das condições ambientais locais, avaliou-se que um raio de 1 Km a partir dos limites da FLONA de Piraí do Sul representaria um recorte espacial adequado à análise da paisagem proposta, permitindo a discussão para a maioria das espécies.

Figura 13. Gráfico de distâncias de dispersão e movimentação de espécies animais e vegetais na FLONA de Piraí do Sul.



Portanto, a discussão sobre a conectividade estrutural e funcional tratará a paisagem compreendida pela FLONA de Pirai do Sul acrescida de um *buffer* de 1 Km, conforme figura 14.

Figura 14. Paisagem da FLONA de Pirai do Sul e Buffer de um quilômetro.



LEGENDA

- Sede
- Estradas
- Cursos de Água
- Flona de Pirai do Sul
- Buffer - 1 km

ESCALA

0 250 500 750 1.000
Metros

INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS
Sistema de Projeção UTM
Datum Horizontal SAD 69
Meridiano Central 51°

ORGANIZAÇÃO
BARROS, K. F. (2014)
Base Vetorial: ICMBio (2014)
Imagem Rapideye: MMA (2012)

2.3.2. Elementos físicos da paisagem

A paisagem, abrangendo a área da FLONA e o *buffer* de 1 Km quilômetro, é caracterizada por um visível gradiente de elevação, crescente no sentido noroeste-sudeste. As cotas altimétricas se situam entre 1.000 e 1.260 m (Figura 15), sendo que as áreas mais altas configuram a Serra das Pedras, marcante na composição da paisagem.

As variações na elevação refletem, obviamente, na declividade da paisagem, com predomínio de superfícies planas e suave-onduladas nas porções mais baixas, no noroeste (Figura 16). As altitudes elevadas da Serra das Pedras implicam em declividades consideradas, em grande parte, forte-onduladas (20 a 45%), notando-se pequenas áreas com declividades consideradas montanhosas, de 45 a 75%. Há somente pequenos pontos de declividades superiores a 75%, consideradas escarpadas.

O mapeamento de uso da terra da paisagem expresso no quadro 9 e na figura 17 revelou, por classificação supervisionada da imagem, a ocorrência de 472,2ha de floresta nativa, com tendência de concentração nas porções mais altas ou acompanhando a rede de drenagem. A silvicultura ocupa aproximadamente 420,5ha, correspondentes à 38,2% da área total da paisagem. Tratam-se de 409,5ha de plantios de pinus (37,2% da paisagem), 10,5ha de plantios de araucária e 0,5ha de plantio de imbuia. O uso para silvicultura se distribui pela paisagem, sendo menos representativo na porção noroeste da paisagem, com relevo mais plano e próxima ao início da PR-090. Os cultivos agrícolas e pastagens ocupam 179,5ha, correspondentes à 16,3% da paisagem, estando concentrados nas áreas de relevo plano ou suave. O sistema de cultivos é mecanizado, com plantios de soja, milho e feijão e as pastagens são utilizadas essencialmente por gado bovino leiteiro. Há cerca de 17,5ha de solo exposto, incluindo estradas de terra e edificações, constituídas por residências e estabelecimentos comerciais concentrados nas proximidades da rodovia PR-151 e PR-090 (Estrada do Cerne), por granjas (e respectivos pátios) e pela sede da FLONA. Na classificação da imagem, não foi possível identificar separadamente tais classes. A rodovia PR-151, única asfaltada, ocupa aproximadamente 6ha na paisagem. Corpos de água ocupam cerca de 5ha, restritos a alguns pequenos lagos situados no oeste da paisagem.

Aulguns dos principais usos da terra no entorno da FLONA são representados na Figura 18.

Figura 15. Modelo Digital de Terreno da FLONA de Pirai do Sul e seu entorno.

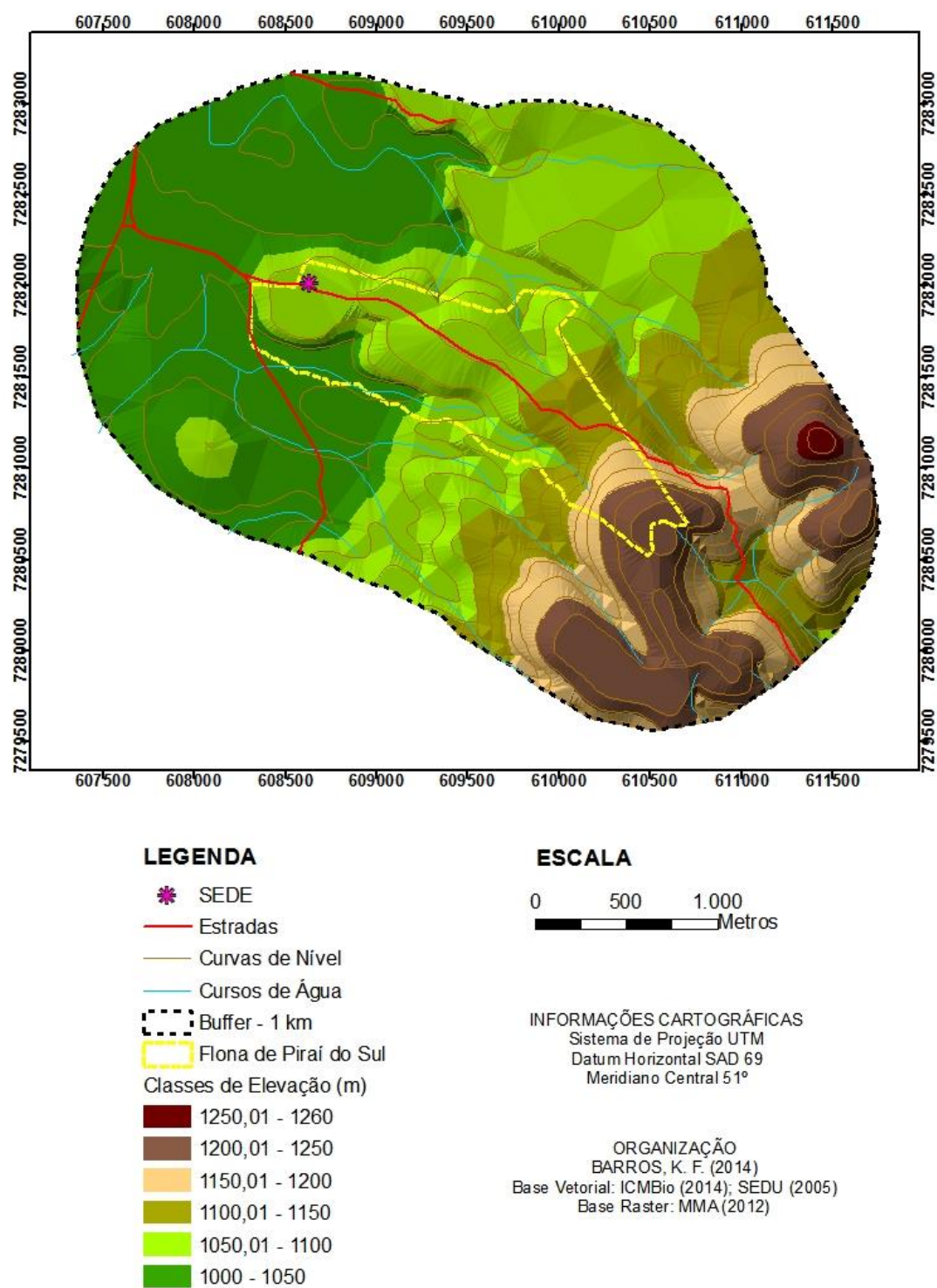


Figura 16. Declividade da Paisagem da FLONA de Pirai do Sul e seu entorno.

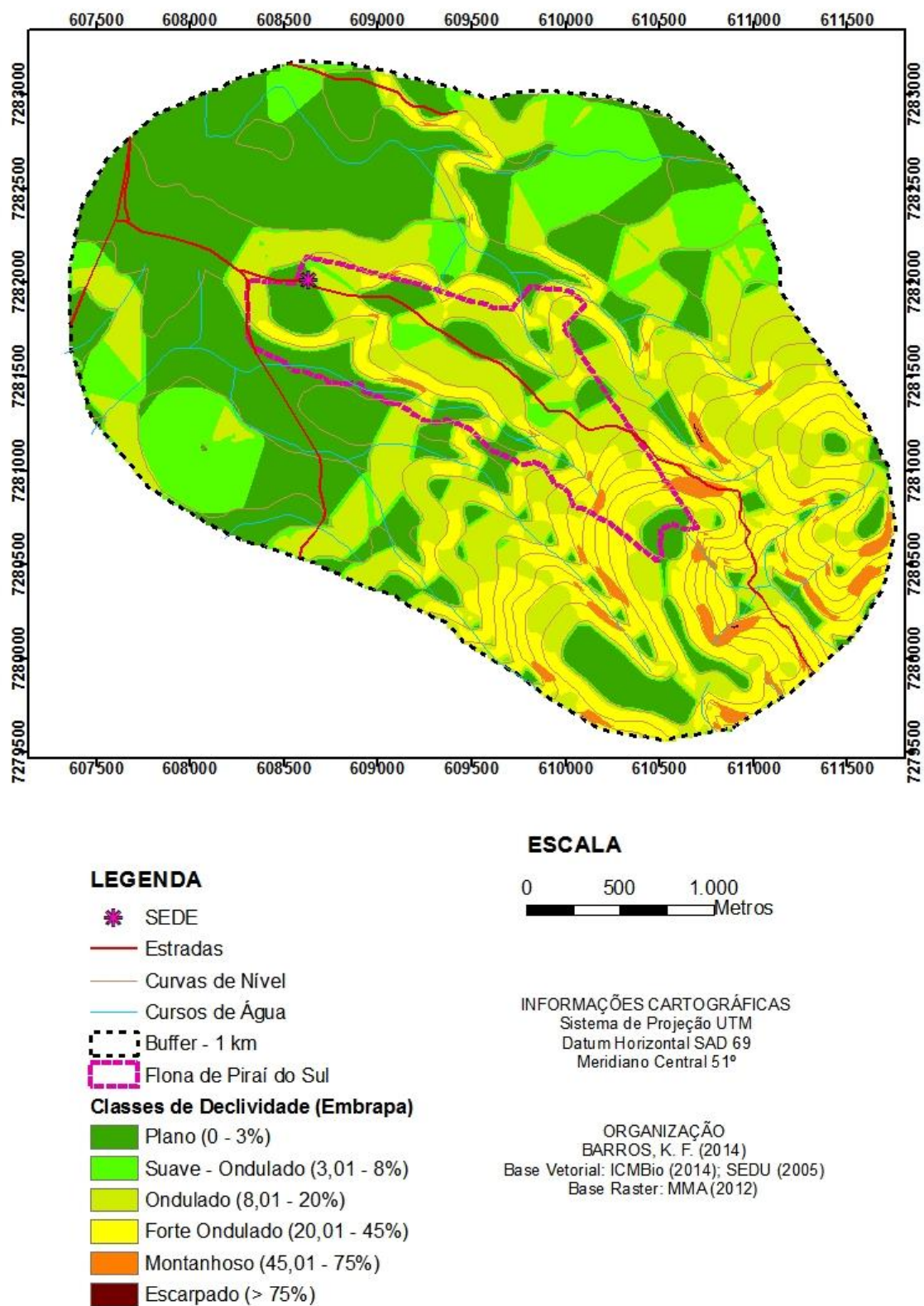
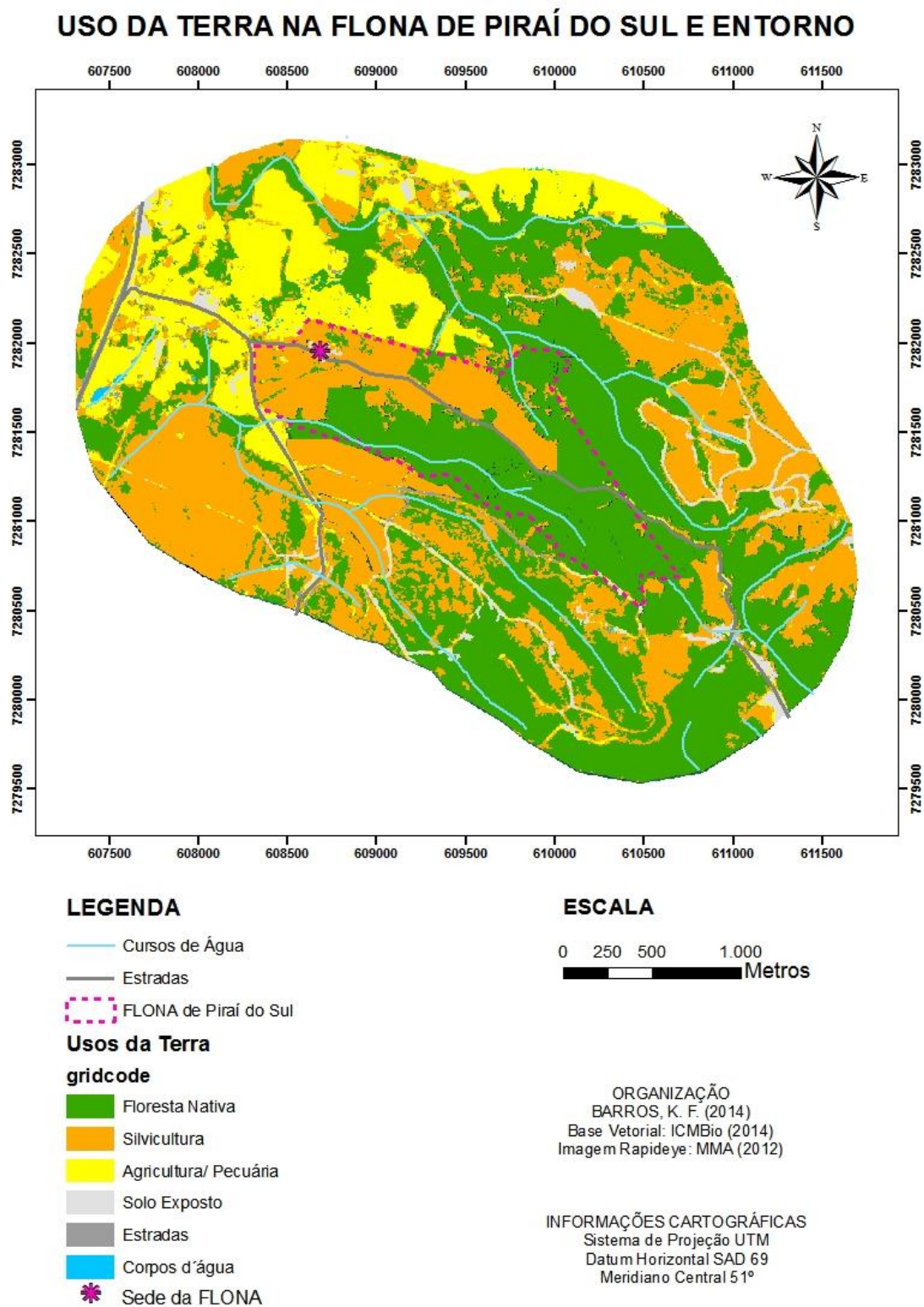


Figura 17. Usos da terra na FLONA de Pirai do Sul e entorno.

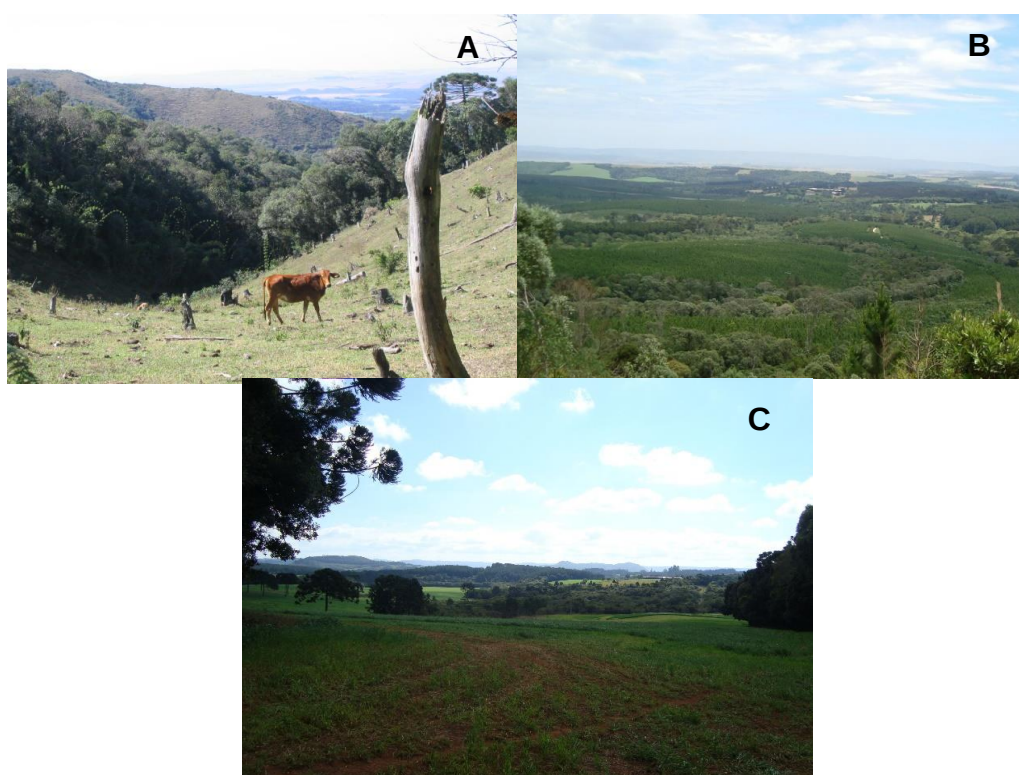


Quadro 8. Uso da Terra na FLONA de Piraí do Sul e Entorno.

USO DA TERRA	ÁREA (ha)	% DA ÁREA TOTAL
Nativa	472,2	42,9
Silvicultura	420,5	38,2
Agropecuária	179,5	16,3
Solo Exposto	17,5	1,6
Estradas (asfaltadas)	6	0,5
Corpos d' água	5	0,5
TOTAL	1100,7	100,0

Org: A autora.

Fig. 18. Usos da terra característicos da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno: Pastagens (A), Silvicultura (B) e cultivo agrícola (C).

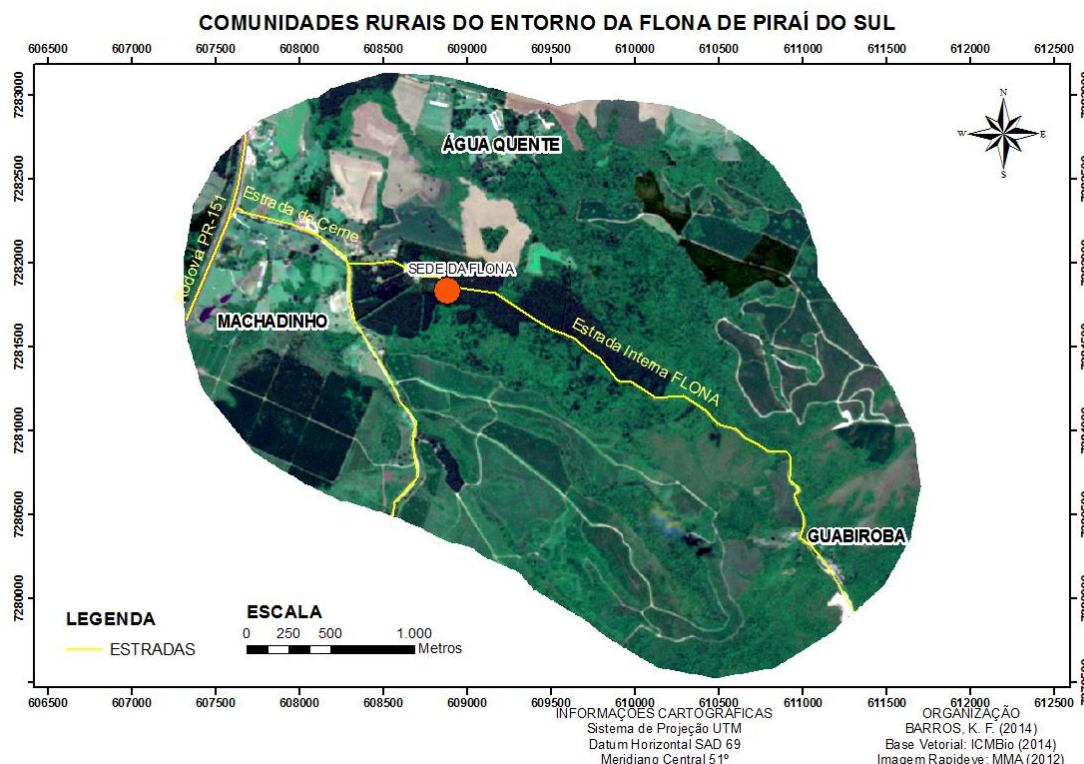


Autores: A - NABRZECKI, G. (2009); B e C - BARROS, K. F. (2014)

2.3.3. Caracterização socioeconômica

Não há população residente dentro dos limites da FLONA de Piraí do Sul e, segundo os dados de setores censitários do Censo de 2010 (IBGE, 2014), o entorno é habitado por cerca de 70 pessoas, residentes nas comunidades rurais do Machadinho, Água Quente e Guabiroba, que estão parcialmente inseridas na paisagem, conforme figura 19. As duas primeiras comunidades fazem parte do município de Piraí do Sul e a última pertence ao município de Castro.

Figura 19. Localização das comunidades rurais na paisagem da FLONA de Pirai do Sul e seu entorno.



Em levantamento socioeconômico realizado em 2009 (ICMBio, 2012) foram entrevistadas 22 famílias, nos bairros Machadinho, Pedras e Guabiroba. Para 64% dos entrevistados, a maior parte da renda familiar mensal não era proveniente do uso da propriedade. Empregos temporários no manejo dos reflorestamentos de Pinus (“bicos”), arrendamento de áreas para plantios (agricultura e silvicultura), trabalho assalariados em leiteiras ou granjas de propriedades maiores, e na empresa de reciclagem de plástico localizada próxima à FLONA (especialmente mulheres) são as ocupações mais frequentes. Com relação ao perfil das moradias, todas as residências possuem abastecimento de energia elétrica e banheiro com sanitário, mas não possuem rede de esgoto nem serviço de recolhimento de resíduos sólidos. Em aproximadamente 20% das propriedades é utilizada lenha como fonte de energia para cozinhar e 40% das propriedades utilizam água proveniente da Serra das Pedras (“cerro”) para o abastecimento, enquanto 30% utilizam água proveniente de nascentes localizadas na FLONA.

Não existem indústrias, apenas dois estabelecimentos comerciais localizados às margens da PR-151.

CAPÍTULO 3. ESTRUTURA DA PAISAGEM

No presente capítulo, discute-se a conectividade estrutural da paisagem, a partir do cálculo das métricas descritoras da composição, diversidade da paisagem e das relações de vizinhança entre os fragmentos. Analisa-se também a configuração espacial a partir da classificação morfológica dos elementos da paisagem.

3.1. COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DA PAISAGEM

A paisagem analisada abrange uma área total de 1.100,68 ha, onde se inclui a FLONA de Piraí do Sul e seu entorno, definido um *buffer* de um quilômetro ao perímetro da unidade de conservação.

Foram considerados como fragmentos (habitat) os remanescentes tanto de vegetação nativa em diversos estágios de regeneração (capoeirinha, capoeira, estágio médio) quanto os reflorestamentos de espécies nativas (*Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*), devido aos sub-bosques bem desenvolvidos. Os cursos de água também foram considerados áreas de habitat.

Considerando o mosaico formado por porções de habitat e não habitat, a classe matriz corresponde à 52,7% da paisagem, ou 579,8 hectares; a classe fragmentos (floresta, habitat) é composta por polígonos que ocupam 47,3% da área total, ou 520,8 hectares (Tabela 1). Ambas as classes ocupam proporções bastante simétricas na paisagem (NP e PLAND), embora sua densidade na paisagem seja bastante diferente (PD), e o maior fragmento florestal (LPI) corresponda a 23,13% da paisagem.

Tabela 1: Distribuição das classes de paisagem na FLONA de Piraí do Sul e entorno. CA = área total da classe; PLAND = percentagem da paisagem ocupada pela classe; NP = número de polígonos; TM = tamanho médio dos polígonos; PD = Densidade dos Polígonos em cada 100 ha; LPI = Índice do Maior Fragmento.

CLASSE	CA (ha)	PLAND (%)	NP	PD (%)	LPI (%)	TM (ha)
Matriz	579,84	52,68	48	4,36	38,30	12,08
Floresta	520,84	47,32	47	42,70	23,13	11,69

Chama-se porosidade a medida da densidade de fragmentos em determinada paisagem, que constitui um aspecto crítico em seu manejo

(FORMAN; GODRON, 1986). A densidade de fragmentos na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno é de 42,70 unidades a cada 100 hectares, conforme tabela 1, apontando para uma concentração de florestas quase dez vezes mais fragmentada do que a matriz circundante (PD de 4,36)

A diversidade da paisagem pode ser medida pela complexidade formada pelo mosaico das diferentes classes que a compõem. (METZGER, 1999). No caso, a diversidade foi expressa pelo índice de diversidade de Shannon (SHDI), de 0,692 e pelo índice de uniformidade de Shannon (SHEI) igual à 0,998. O índice de diversidade SHDI obtido é considerado de moderado a baixo, próximo aos valores obtidos em outras unidades de conservação dos Campos Gerais (MILAN, 2014), o que também é esperado em função da pequena quantidade de classes determinadas para a análise. Quanto ao índice de uniformidade SHEI, muito próximo à 1, indica alta homogeneidade na área ocupada pelas classes, ou que a proporção da paisagem ocupada pela matriz é praticamente similar à ocupada pelos fragmentos. O resultado é pouco mais alto que os observados por Milan (2014) para o Parque Estadual de Vila Velha (SHEI 0,91), Parque Estadual do Guartelá (SHEI 0,89) e Parque Nacional dos Campos Gerais (SHEI 0,89), unidades de conservação com paisagens com quase a mesma proporção da classe matriz.

A área do fragmento é, até o momento, o parâmetro mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (PIROVANI *et al.*, 2014). O tamanho dos fragmentos afeta a biomassa, a produtividade e o estoque de nutrientes por unidade de área, bem como a composição de espécies e sua diversidade.

Certas espécies exigem maiores áreas como habitat para o estabelecimento de metacomunidades, enquanto outras sobrevivem em fragmentos pequenos. Cada espécie apresenta uma resposta diferente ao tamanho do fragmento (FORMAN; GODRON, 1986). Para Forman e Godron (1986), fragmentos maiores abrigam mais espécies de vertebrados e cadeias alimentares mais complexas, já que as espécies mais exigentes quanto à área são animais em níveis mais próximos ao topo de cadeia. Hilty *et al.* (2006) também afirmam que para um dado fragmento, quanto maior o fragmento, maior o número de níveis tróficos esperado.

Bennet (2004) sustenta que os grandes fragmentos, com maiores áreas de habitat, são recursos escassos e valiosos, insubstituíveis e de alta importância ecológica, apresentando relação positiva com a diversidade de vegetação, a oferta de habitats raros e especializados, riqueza de vegetais e animais.

Para Forman e Godron (1986), uma paisagem com muitos fragmentos grandes e uma proporção considerável de bordas ao redor de fragmentos e corredores, combinam as condições para espécies de interior e bordas.

O grau de fragmentação da paisagem está diretamente relacionado ao número de fragmentos existentes, sua densidade e tamanho médio (METZGER, 2003). Além do tamanho, forma e densidade de fragmentos, deve-se levar em conta como os elementos se configuram espacialmente na paisagem, para uma análise sobre a funcionalidade das conexões. (MILAN, 2014).

Foram identificados 47 fragmentos de floresta na paisagem, com tamanho médio de 11 ha e alto desvio padrão (Tabela 2). Neste caso, a análise da mediana demonstra que pelo menos metade dos fragmentos possui apenas um ha, e o valor do 3º quartil demonstra que 75% dos fragmentos possuem até 3,2 ha. Para fragmentos florestais dos Campos Gerais, foram encontradas médias de tamanho de 8,6 a 22,2 ha (MORO, NANUNCIO; DALAZOANA, 2012); Milan (2014) identificou médias de 2,81 ha ($\pm 12,06$), 3,67 ha ($\pm 18,25$) e 15,37 ha ($\pm 54,86$) para os fragmentos do Parque Estadual do Guartelá, do Parque Nacional dos Campos Gerais e do Parque Estadual de Vila Velha, respectivamente. Para os fragmentos de Piraí da Serra, localizados a aproximadamente 10 km da área de estudo, Milan (2014) encontrou médias de 4,30 ha ($\pm 20,53$).

Tabela 2. Parâmetros do tamanho dos 47 fragmentos na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno.

Parâmetros	Tamanho dos fragmentos (ha)
Tamanho mínimo (ha)	0,14
Tamanho máximo (ha)	254,58
Tamanho médio (ha) – (AREA_MN)	11,69
Desvio Padrão (AREA_SD)	39,82
Mediana (AREA_MD)	1,10
3º Quartil	3,21

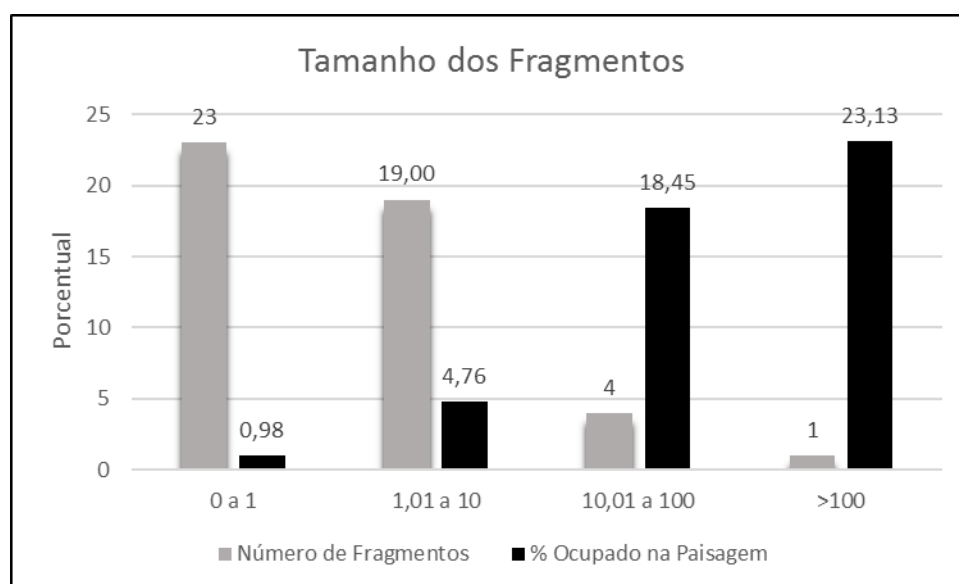
Org.: A autora.

O cálculo das métricas espaciais para a paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno de um quilômetro evidenciou heterogeneidade dos fragmentos (Tabela 2), em termos de área e quantidade. Os fragmentos menores, com área de até um hectare, são quantitativamente mais significativos, correspondendo a 48,94% da totalidade dos fragmentos existentes na paisagem, mas em termos de área, representam apenas 0,98% da área total da paisagem analisada. Fragmentos entre 1 e 10 ha ocupam 4,76% da área total. (Tabela 3, Figuras 20 e 21)

Tabela 3: Classes de tamanhos dos fragmentos florestais na paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno

Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Porcentual (%) em relação ao total de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem (%) da área total da Paisagem
< 1	23	48,94	10,83	0,98
1 a 10	19	40,43	52,40	4,76
10 a 100	4	8,51	203,03	18,45
> 100	1	2,13	254,58	23,13
Total	47	100,00	520,83	47,32

Figura 20: Classes de tamanhos dos fragmentos na paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno.



Org.: A autora.

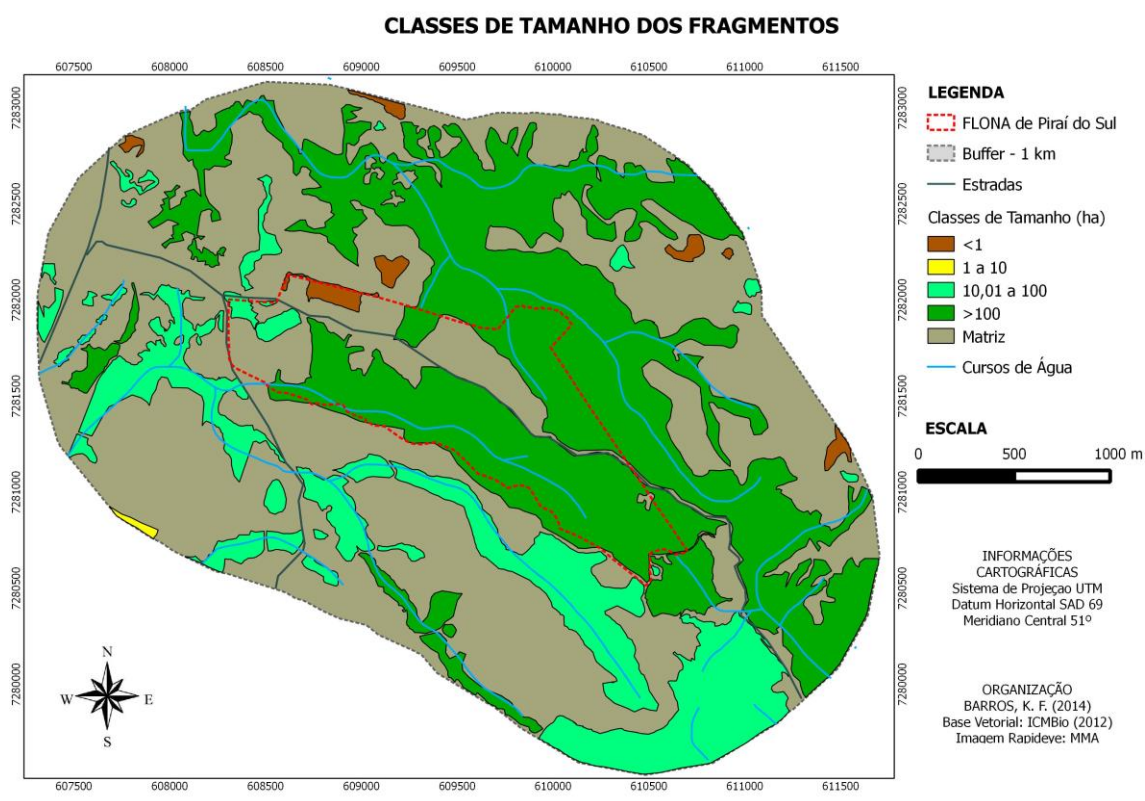
Por sua vez, os fragmentos com área entre 10 e 100 ha, embora quantitativamente menos representativos, ocupam 18,45% da paisagem. Há um único fragmento com mais de 100 ha, que ocupa 23,13% da área total da paisagem.

Perfil semelhante do tamanho dos fragmentos foi verificado, também no bioma Mata Atlântica, por Pirovani *et al.* (2014), constatando que os pequenos fragmentos ocupavam 12,10% da área total, na bacia do rio Itapemirim (ES). Cemin *et al.* (2009), constatou que 87,82% dos fragmentos da subbacia do Arroio Jacaré (RS) eram menores que 1 ha. Na APA da Escarpa Devoniana, nos Campos Gerais (PR), Milan (2014) constatou que cerca de 90% dos fragmentos possuem até 10 ha, ocupando menos de 10% da paisagem.

Em cada fragmento, há gradientes de energia e nutrientes das margens ao interior e pequenos fragmentos possuem uma proporção maior de borda em relação à área do que fragmentos grandes (FORMAN; GODRON, 1986). Assim, os pequenos fragmentos estão mais sujeitos ao chamado efeito de borda, que pode afetar as populações de diversas formas. As bordas podem não oferecer condições para serem utilizadas por determinadas espécies e, portanto, estima-se o tamanho efetivo do fragmento, ou área nuclear, como sua área total subtraída da área da borda. Isso resulta em fragmentos reduzidos e, decorrentemente, menor área de habitat para as espécies. (HILTY *et al.*, 2006)

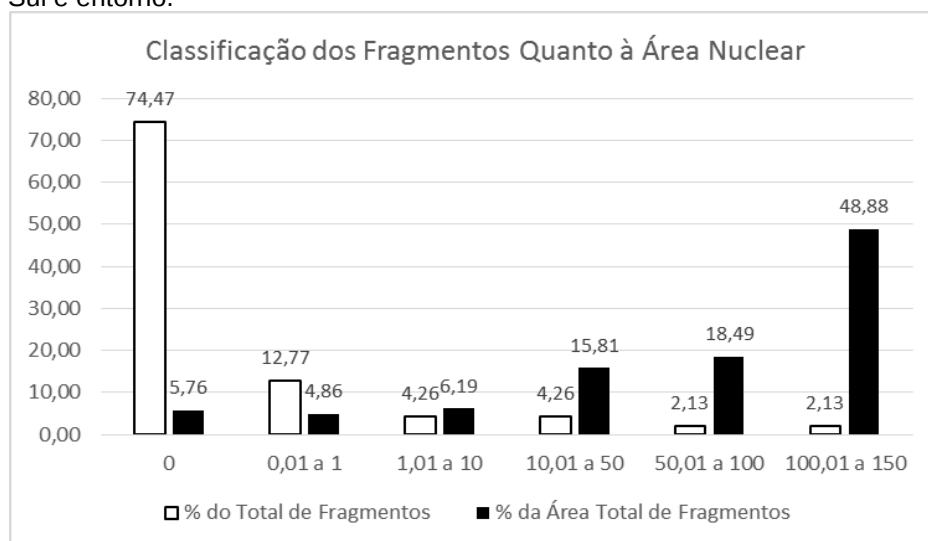
A faixa considerada como borda foi de 50 m, pois há registros, em paisagens da Floresta Ombrófila Mista, de que nos primeiros 50 metros tomados a partir dos limites externos dos fragmentos, há mudanças claras na comunidade vegetal (FONTOURA; GANADE; LARROCCA, 2006) e em processos de predação de sementes (BALDISERRA; GANADE, 2005). Também se considerou que o processo de fragmentação da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno é marcado por intervenções abruptas e relativamente recentes que contribuíram para o delineamento atual dos fragmentos, como construções de estradas e desmatamento. Decorrentemente, as bordas não apresentam a suavização relacionada a um processo natural de transição entre classes da paisagem e, portanto, seus efeitos devem se estender por uma distância significativa.

Figura 21: Cartograma de classes de tamanhos dos fragmentos identificados na FLONA de Pirai do Sul e entorno.



Os resultados do cálculo da métrica CORE (figura 21) demonstram as áreas dos fragmentos subtraídas das áreas de borda, permitindo uma análise mais apurada quanto à disponibilidade de áreas de habitat para as espécies e indicando, de forma mais apurada, se tais fragmentos são adequados ao perfil dessas espécies (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

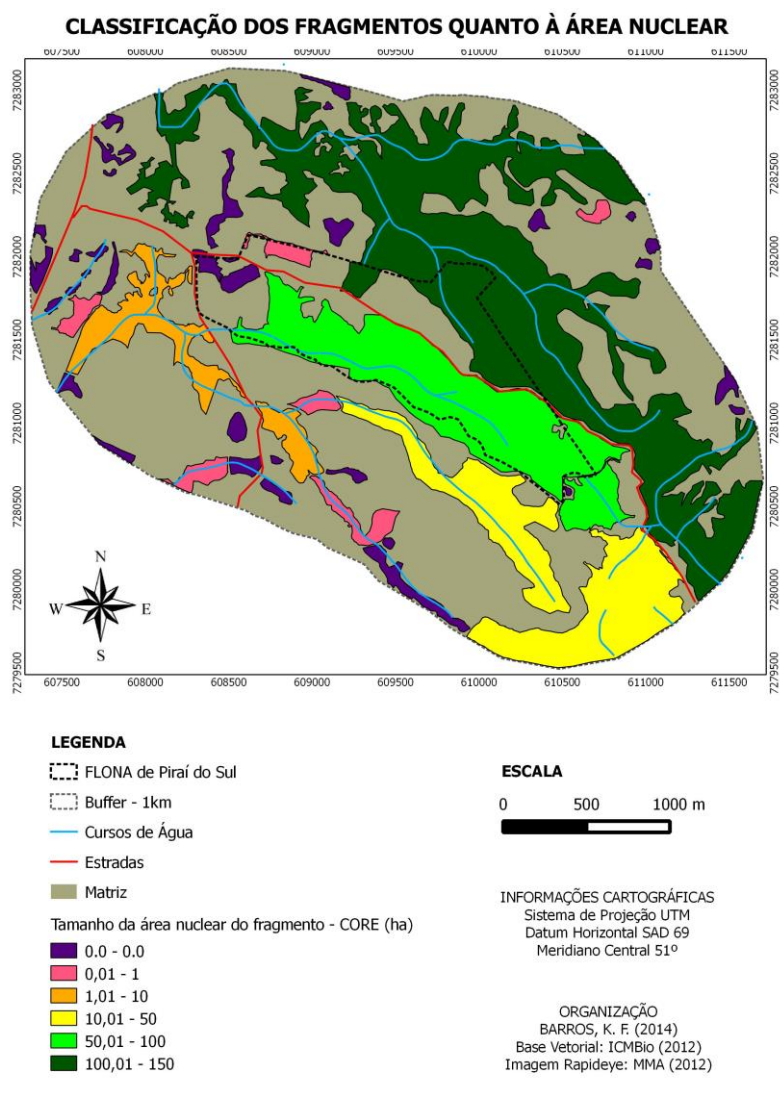
Figura 22: Classes de tamanho da área nuclear dos fragmentos identificados na FLONA de Pirai do Sul e entorno.



Org.: A autora.

Conforme figura 22, cerca de 74,47% do número total fragmentos não possuem áreas nucleares, indicando um processo de fragmentação avançado da paisagem, especialmente fora da unidade de conservação (Figura 22), ou seja, em áreas privadas com agricultura intensiva, silvicultura de pinus ou pecuária. Tais fragmentos podem constituir sumidouros na paisagem, dependentes de imigração por ser incapazes de sustentar suas populações, com taxas de mortalidade maiores que as de natalidade (BENNET, 2004). Contudo, a área ocupada por tais fragmentos é pequena, correspondendo a 5,76% da área total dos fragmentos.

Figura 23: Cartograma de classes de tamanho da área nuclear dos fragmentos identificados na FLONA de Pirai do Sul e entorno.



As duas áreas nucleares mais significativas, uma na classe de 50 a 100 ha (56,25 ha) e uma na classe de áreas nucleares com mais de 100 ha (123 ha) situam-se parcialmente na FLONA de Piraí do Sul (Figura 23). A rede hidrográfica também parece ser um aspecto relacionado à manutenção das grandes áreas nucleares, já que, especialmente o fragmento com a maior área nuclear, acompanha o traçado dos cursos de água. Constituem áreas-fonte na paisagem, provavelmente provendo sementes e propágulos, fornecendo alimento e abrigo e, assim, contribuindo à manutenção das espécies no mosaico (MILAN, 2014). Em tais áreas, possivelmente há um saldo positivo (entre natalidade e mortalidade) de animais que ficam disponíveis para colonizar outros fragmentos (BENNET, 2004).

Na FLONA de Piraí do Sul situam-se também três fragmentos sem áreas nucleares e um fragmento com área nuclear inferior a 1 ha. No primeiro caso, os fragmentos possuem somente áreas de borda. Todos estão situados em áreas próximas à sede da FLONA e isolados por plantios de pinus.

O tamanho dos fragmentos expressa, portanto, o processo de fragmentação da paisagem, evidenciando a resistência de poucos fragmentos a tal processo, especialmente os de maior tamanho. É provável que tal manutenção esteja consolidada especialmente por aspectos físicos, já que os maiores fragmentos, bem como as maiores áreas nucleares, encontram-se em porções de declive mais acentuado ou margeando a rede hidrográfica. A dificuldade de acesso para intervenções promotoras da fragmentação e a existência de uma unidade de conservação devem estar contribuindo para a manutenção de tais fragmentos.

A forma dos fragmentos, juntamente com o tamanho, afeta a proporção entre a área de borda e a área nuclear. Em fragmentos com formato mais circular, a relação entre borda e área nuclear é pequena, enquanto em fragmentos de formas mais irregulares, a taxa é grande, resultando em maior proporção de borda por unidade de área (HILTY *et al.*, 2006). Conforme Perico *et al.* (2005), essa proporção entre o interior e borda restringe a manutenção de populações de determinadas espécies, já que afeta fatores espaciais com forte impacto ecológico. A forma está estreitamente relacionada às condições ambientais existentes e afeta os fluxos, como a dispersão e o forrageamento (FORMAN; GODRON, 1986).

Quanto a forma, não foram identificados fragmentos com índice SHAPE igual a 1, com formato circular (Tabela 4). Já a classe de forma com índice SHAPE entre 1 e 1,99, referente aos fragmentos de formato relativamente circulares, é a mais representativa em termos quantitativos (70,2% dos fragmentos), embora corresponda a somente 7,29% da área total ocupada pelos fragmentos na paisagem. Nenhum destes fragmentos possui mais de 10 ha, 69,7% possui menos de 01 ha e aproximadamente 82% sequer possuem área nuclear.

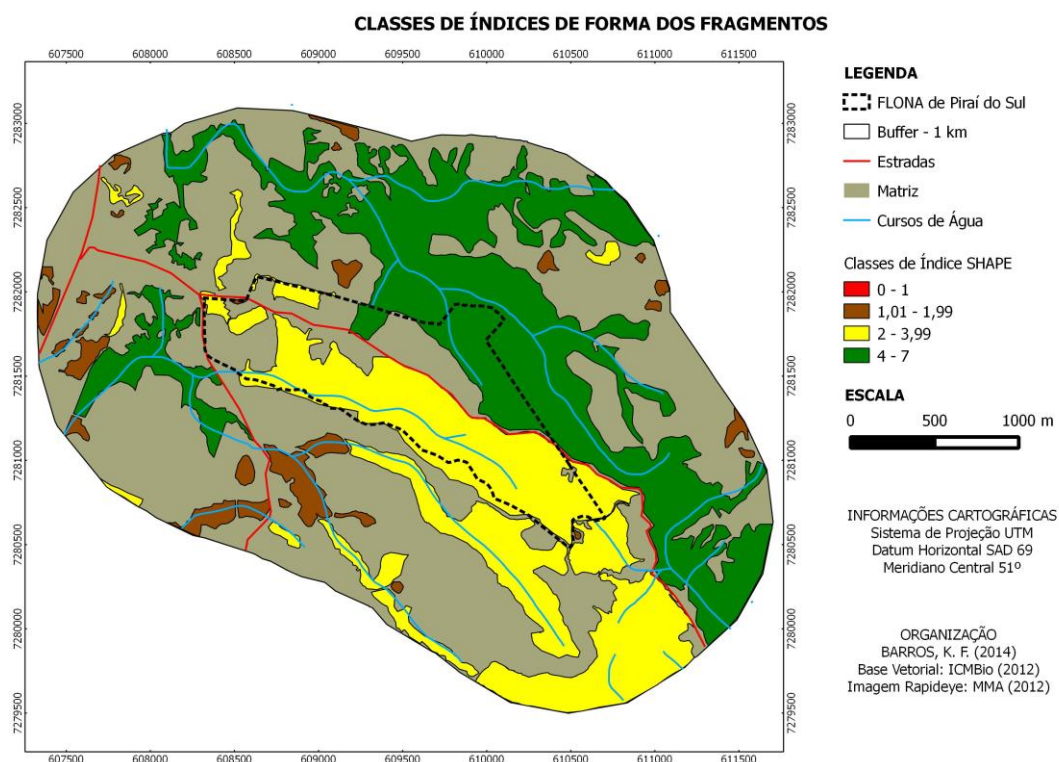
Tabela 4. Classes dos índices de forma (SHAPE) para os fragmentos identificados na FLONA de Pirai do Sul e entorno.

Índice de forma (SHAPE)	Número de fragmentos	% do Número de Fragmentos	Tamanho (ha)	Porcentagem da paisagem (%)
1	0	0	0,00	0,00
1,01 a 1,99	33	70,2	37,99	7,29
2 a 3,99	12	25,5	203,91	39,15
4 a 7	2	4,3	278,94	53,56
<i>Total</i>	<i>47</i>	<i>100</i>	<i>520,84</i>	<i>100,00</i>

A classe com índice SHAPE entre 2 e 3,99 abrange os fragmentos com formas pouco mais complexas e irregulares. Cerca de 39% da área total ocupada pelos fragmentos na paisagem da FLONA de Pirai do Sul e seu entorno possuem essa configuração.

Apenas dois fragmentos, conforme exposto na figura 24, compõem a classe de índice SHAPE entre 4 e 7, com formas ainda mais complexas, com mais irregularidades e reentrâncias. O fragmento com maior índice SHAPE é o fragmento de maior área (254,58 ha) e, mesmo com a ampliação do efeito de borda decorrente da existência de muitas reentrâncias e expansões, apresenta grande área nuclear (123,58 ha). Já no fragmento com o segundo maior valor de SHAPE, a área nuclear resultante é de pouco mais de 3,5 ha, devido às diversas convoluções existentes.

Figura 24: Cartograma das classes dos fragmentos quanto à forma, na FLONA de Pirai do Sul e entorno



Os índices FRACT obtidos na análise dos fragmentos (Tabela 5) revelam, por sua vez, que 93,62% do número total destes apresentam um padrão de repetição de formas mais simples e regulares (índice próximo a 1), enquanto três fragmentos, ou 6,38% do número total, têm índice FRACT mais próximo à 2, com formas mais singulares ou não reproduzíveis. Contudo, esses três fragmentos representam 46,18% da área total dos fragmentos na paisagem, o que fica evidenciado na figura 25. O perfil está associado ao predomínio de fragmentos com formatos próximos à circunferência, conforme já evidenciado pela análise dos valores de SHAPE.

Tabela 5. Classes dos índices de dimensão fractal (FRACT) para os fragmentos na FLONA de Pirai do Sul e entorno.

Dimensão fractal (FRACT)	Número de fragmentos	% do total de fragmentos	% da Área Total de Fragmentos
1 a 1,19	44	93,62	53,82
1,2 a 1,29	3	6,38	46,18
1,3 a 2	0	0,00	0,00
<i>Total</i>	47	100,00	100,00

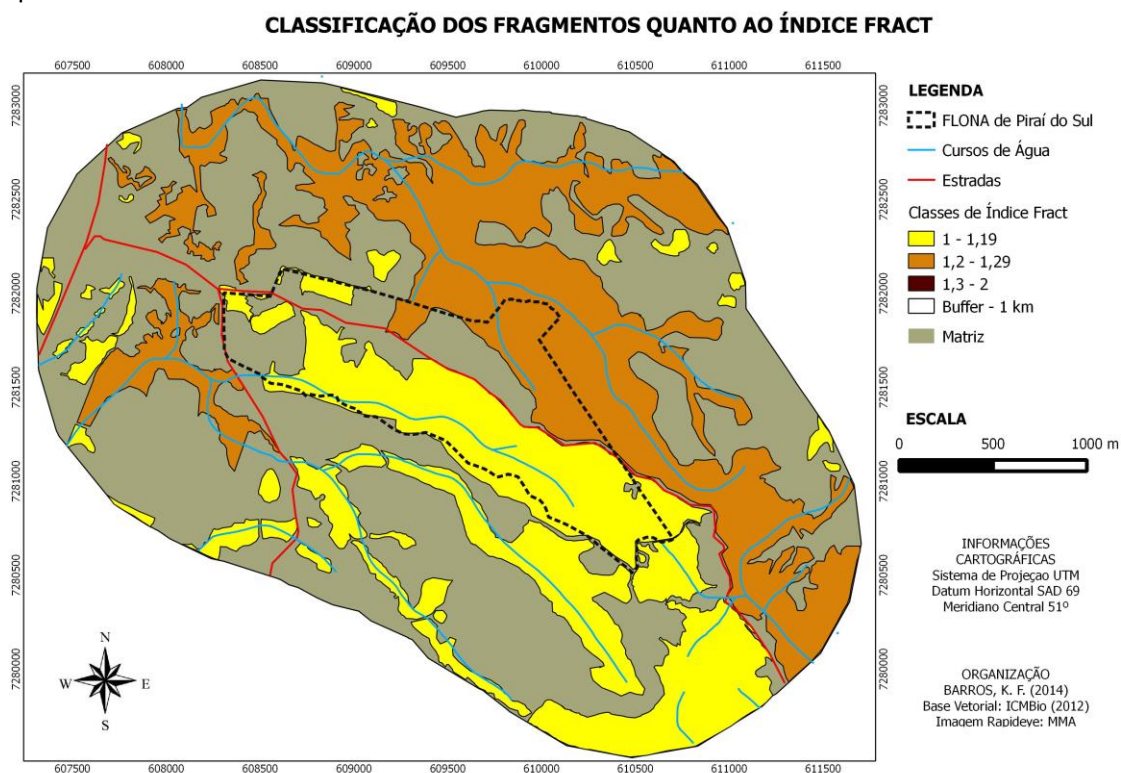
Percebe-se uma clara tendência a que os pequenos fragmentos sejam mais circulares e em maior número, enquanto os poucos fragmentos maiores

possuam formas mais complexas. Resultados semelhantes foram obtidos por Milan (2014), analisando a APA da Escarpa Devoniana (PR) e Hermann *et al.* (2005), no Parque Estadual da Mata dos Godoy (PR).

No caso da FLONA de Piraí do Sul e entorno, credita-se tal padrão à topografia e à distribuição dos cursos de água, uma vez que o declive e os eixos dos rios parecem ter contribuído à forma dos fragmentos. A estrada que atravessa a FLONA de Piraí do Sul também é definidora parcial do formato de fragmentos próximos a ela. Ainda, a estrada gerou bordas artificiais responsáveis pela fragmentação da paisagem, separando os dois maiores fragmentos que, na ausência da estrada, seriam uma única mancha.

O histórico da FLONA traz informações sobre a implantação de experimentos agrícolas na década de 40 e silviculturais na década de 60, os quais possivelmente foram definidores, em parte, do formato dos fragmentos localizados no interior da unidade de conservação. No entorno, os fragmentos pequenos e mais circulares, em sua maioria, localizam-se mais distantes dos cursos de água, indicando um processo mais avançado de fragmentação nas áreas mais planas e utilizadas para fins agrícolas, silviculturais, residenciais ou comerciais (proximidades das rodovias).

Figura 25. Cartograma de classificação dos fragmentos da FLONA de Piraí do Sul e entorno, quanto ao índice FRACT.



3.2. RELAÇÕES DE VIZINHANÇA ENTRE OS FRAGMENTOS E CONECTIVIDADE ESTRUTURAL DA PAISAGEM

A distância, expressa na análise estrutural pelas medidas relacionadas à proximidade entre os fragmentos, desempenha um papel essencial à configuração espacialmente explícita de habitats adequados (LANG; BLASCHKE, 2009). O isolamento dos fragmentos está estreitamente relacionado à configuração espacial do mosaico, sendo dependente das distâncias e das áreas de todos os fragmentos vizinhos, da permeabilidade das bordas e da matriz. Pode reduzir a taxa de imigração e, decorrentemente, afetar de modo negativo a riqueza de espécies (METZGER, 1999).

Para compreender como os fragmentos se configuram na paisagem e estimar o habitat disponível, foram utilizados índices baseados na distância entre eles. A métrica espacial de Distância ao Vizinho Mais Próximo (ENN) é uma métrica que permite quantificar a distância euclidiana borda a borda entre o fragmento e o mais próximo, de mesma classe (MILAN, 2014). Corresponde à quantidade mínima de distância de um fragmento de saída para todos os fragmentos de destino (LANG; BLASCHKE, 2009).

A tabela 6 aponta que o vizinho mais próximo de cada fragmento dista em média 32 metros, mas com desvio padrão de 31,10 m seria mais realista interpretar pela mediana que pelo menos metade dos fragmentos se encontra a cerca de 20 metros de seu vizinho. O valor médio aproxima-se ao encontrado por Milan (2014) no Parque Estadual do Guartelá (32,97) e no Parque Nacional dos Campos Gerais (38,29). (MILAN, 2014).

Tabela 6. Métricas relativas à Distância ao Vizinho Mais Próximo calculados entre os fragmentos florestais na FLONA de Pirai do Sul e entorno.

Métrica	Valor
Distância ao Vizinho Mais Próximo – Valor Médio – ENN_MN (m)	32,40
Distância ao Vizinho Mais Próximo – Mediana – ENN_MD (m)	20,00
Distância ao Vizinho Mais Próximo – Desvio Padrão – ENN_SD (m)	31,10

Conforme demonstram as Figuras 26 e 27, é claro o predomínio (80,85%) dos fragmentos que estão situados a menos de 50 m do vizinho mais próximo. Para 97,87% dos fragmentos, verifica-se a presença de outro num raio de 100 metros, já que apenas um fragmento apresenta isolamento superior a tal distância. Tal proximidade afeta positivamente os fluxos biológicos na

paisagem. Em Piraí da Serra (Piraí do Sul, PR), Nanuncio (2009) encontrou valores médios dessas distâncias bem maiores, de até 200 m.

Figura 26. Cartograma de distribuição dos fragmentos quanto à distância ao vizinho mais próximo da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno.

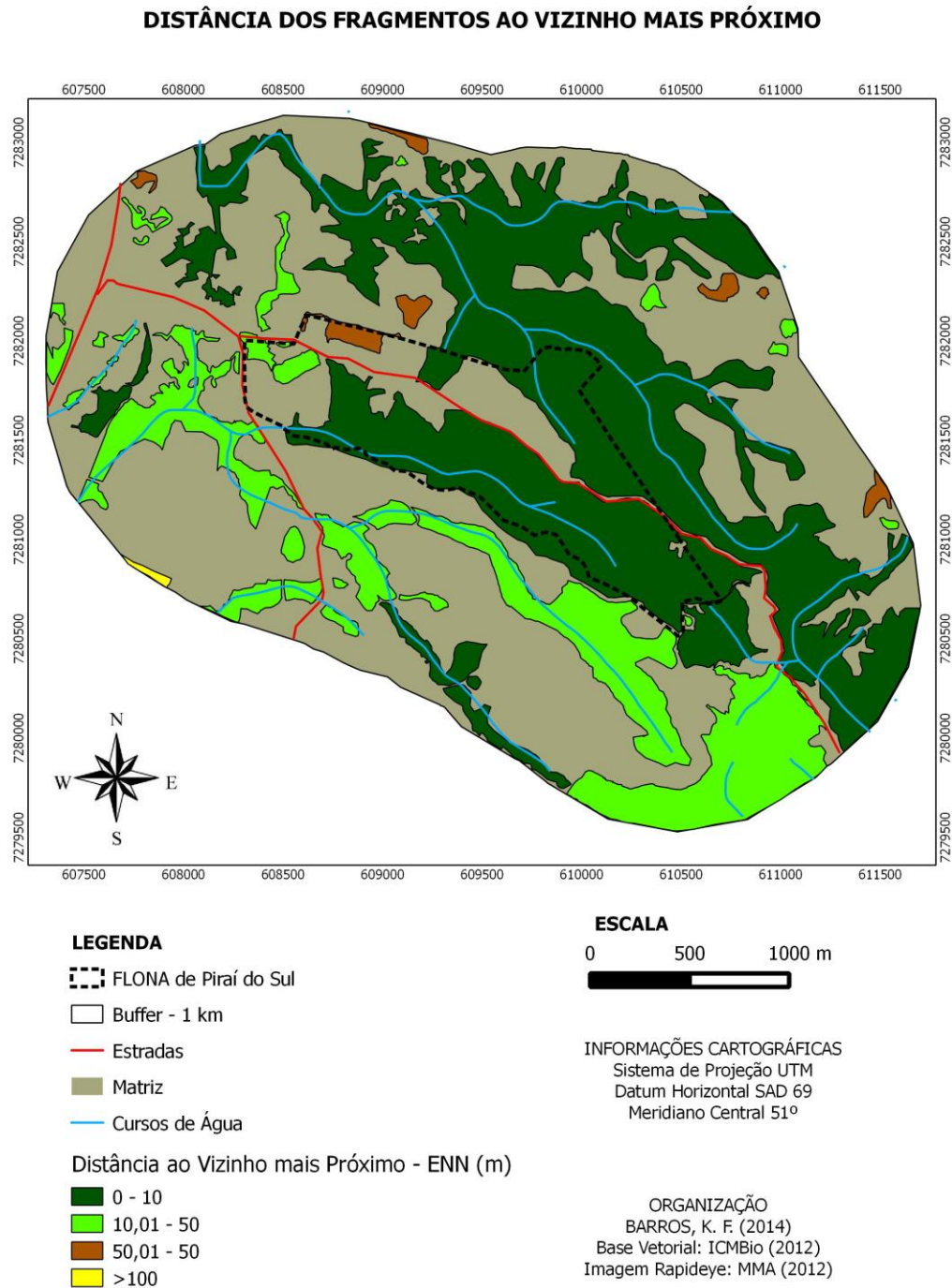
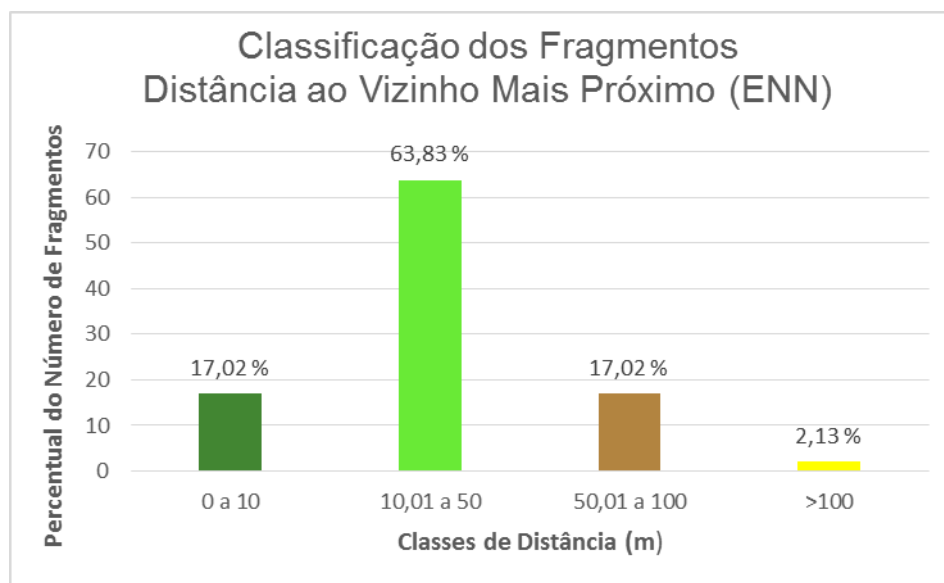


Figura 27. Classificação dos fragmentos da FLONA de Pirai do Sul e entorno quanto à Distância Vizinho Mais Próximo (ENN).



Org.: A autora

Os fragmentos cujo isolamento está entre 50,01 e 100m estão imersos em porções da matriz caracterizadas pela agricultura intensiva e silvicultura de pinus. Os fragmentos com valores ENN entre zero e 10 m têm essa distância definida pela existência da estrada que atravessa a FLONA de Pirai do Sul ou se localizam igualmente próximos a outros fragmentos dispostos ao longo dos cursos de água (Figura 26).

Para subsidiar a análise da interação entre os fragmentos na paisagem, calculou-se o índice de proximidade (PROX), o qual considera a relação da área do fragmento com a distância à próxima mancha da mesma classe, contidas dentro de um raio de busca determinado (LANG; BLASCKE, 2009). Assim, o índice é baixo para fragmentos com vizinhos menores e mais distantes; e é alto para fragmentos com vizinhos maiores e mais próximos. Uma limitação do índice, contudo, é também não levar em consideração as características da matriz.

Foram considerados os raios de 20, 50, 100 e 500 metros para calcular os valores médios do índice de proximidade (PROX_MN) e a mediana (PROX_MD), obtendo-se os valores constantes na tabela 7.

Tabela 7. Valores de Índices de Proximidade da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno.

Raio (m)	PROX_MN	PROX_MD
20	4318,40	1,20
50	2995,86	97,78
100	3093,46	524,37
500	3123,11	524,59

A investigação de proximidade realizada com um raio de 20 m resultou no menor índice da análise, igual a 1,20. O valor da mediana de Vizinho Mais Próximo (ENN) evidencia que mais de 53% dos fragmentos possui outro fragmento a uma distância de até 20 m; e a mediana da Proximidade (PROX_MD) indica os fragmentos situados nesse raio possivelmente possuem área pequena, gerando baixa oferta de habitat.

Para um raio de busca de 50 m, a mediana do índice de proximidade (PROX_MD) é de 97,78, o que indica uma configuração com vizinhos menos distantes e com maiores áreas. Já os índices de proximidade calculados a partir de um raio de busca de 100 m e 500 m são bem mais altos, 524,37 e 524,59, respectivamente. Nesses raios, a disponibilidade de habitat é, em tese, semelhante.

Os valores de proximidade obtidos de PROX para a paisagem da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno, nos raios de 50, 100 e 500 m são muito maiores que os obtidos para paisagens inseridas integralmente em outras unidades de conservação, como o Parque Estadual do Guartelá, o Parque Estadual de Vila Velha e o Parque Nacional dos Campos Gerais (MILAN, 2014). Essa diferença de proporções tão grandes deve estar relacionada ao padrão de distribuição dos fragmentos, muito diferenciado das demais áreas citadas. Na paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno, o predomínio em termos de área de poucos fragmentos maiores, próximos e com formato alongado e irregular, deve ser decisivo para definir índices de proximidade tão altos.

Conforme expresso na Tabela 8, os cálculos para o índice de conectividade (CONNECT), indicam que, em um raio de busca de 20 metros, 2,62% da área da paisagem é potencialmente conectável; na busca com raio de 50 metros, 3,61% das áreas apresenta conectividade estrutural. A

proporção incrementa-se para 6,29% quando o raio é ampliado para 100 metros. Tomando-se raios de busca de 500 metros e 1000 metros, a configuração dos fragmentos resulta em 17,39% e 29,15% de áreas potencialmente conectáveis, respectivamente.

Tabela 8: Valores do índice de conectividade (CONNECT), para a paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno.

Raio de Busca	CONNECT
20 metros	2,62
50 metros	3,61
100 metros	6,29
500 metros	17,39
1000 metros	29,15

Os índices são diretamente proporcionais aos raios de buscas, obviamente, devido à probabilidade de mais fragmentos existirem em áreas maiores. Os índices apresentam valores mais altos que em verificados em outras paisagens dos Campos Gerais (MILAN, 2014; NANUNCIO, 2009), possivelmente em razão do perfil de agregação dos fragmentos verificado.

3.3. CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM

A análise da configuração espacial da paisagem permitiu a identificação e classificação dos seguintes elementos: matriz, áreas nucleares, bordas, corredores, falsos-corredores (ramos e laços), ilhas e perfurações, conforme exposto na Tabela 9 e Figura 28.

Tabela 9. Métricas de composição da paisagem, calculadas para a paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno.

Elementos	Porcentagem da paisagem (%)	Área da paisagem (ha)	Frequência Absoluta
Matriz	52,6	579,0	48
Área nuclear	19,6	215,1	28
Borda	13,3	145,8	56
Corredor	4,4	47,9	20
Ilha	3,3	36,0	33
Ramo	5,3	57,9	308
Laço	1,7	18,6	11
Perfuração	0	0,00	0
Total	100	1.100,00	504

A análise morfológica evidenciou que a matriz corresponde a 52,6% da paisagem, ou 579,0 ha. É caracterizada por intervenções típicas da atividade agropecuária, com lavouras e pastagens, bem como por transformações relacionadas à silvicultura de espécies exóticas. Tais atividades geram variações temporais cíclicas na matriz, relacionadas aos períodos de cultivo agrícola e ao ciclo de corte de pinus, variações essas que possivelmente afetam os fluxos entre os demais elementos componentes da paisagem.

Identificou-se também que 47,4% da paisagem, ou (521 ha) consiste em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista em diversos graus de regeneração, e reflorestamentos de espécies nativas, essencialmente *Araucaria angustifolia*, com sub-bosque de vegetação nativa secundária. Considerando a borda como a faixa de 50 metros tomados a partir do limite externo do fragmento em direção ao seu interior, 145,8 ha (13,3%) compõem essa faixa e estão, portanto, sujeitos aos efeitos ecológicos de transição com a matriz.

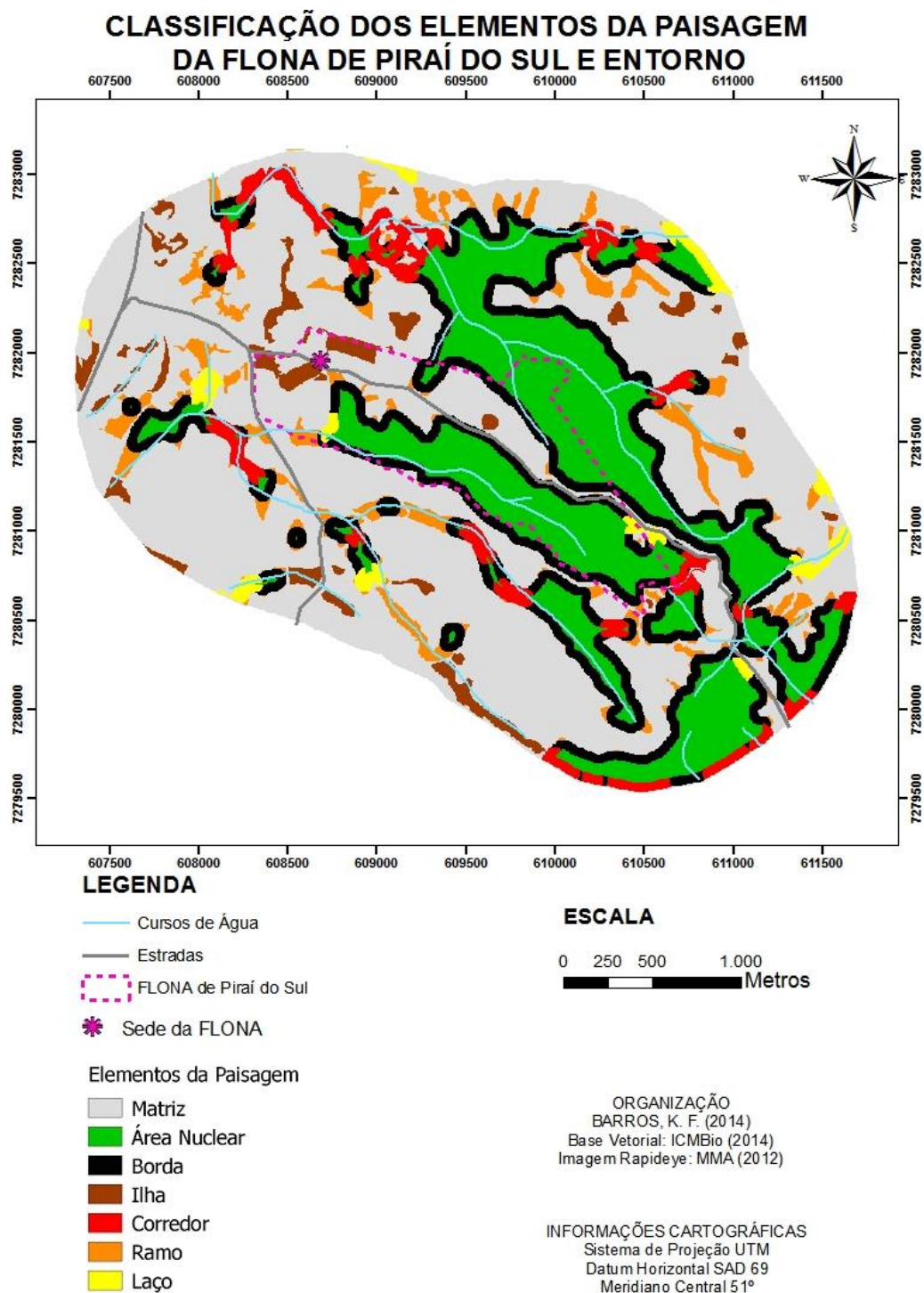
Destes remanescentes, 28 configuram-se como áreas nucleares, totalizando 215,05 ha. Verifica-se, portanto, que a área nuclear disponível na paisagem é maior que a área de bordas. As espécies que demandam condições características de interiores são, portanto, privilegiadas em termos de disponibilidade de área na paisagem.

Além disso, 33 fragmentos são considerados como ilhas, ocupando 3,3% da área analisada (36 ha).

Identificou-se 20 corredores verdadeiros, com dimensão total de 47,9 ha, e 319 falsos-corredores, incluindo os fragmentos classificados como ramos (308) e laços (11). Essa significância quantitativa indica que o processo de fragmentação da paisagem pode estar afetando a conectividade estrutural, já que a ligação entre as manchas, através de corredores verdadeiros, é menos representativa que as ligações não-efetivas correspondentes aos falsos-corredores.

Verifica-se uma correspondência entre o delineamento de vários corredores e o traçado da rede hidrográfica da paisagem. Espera-se que a quantidade e área de corredores existentes contribuam para minimizar os efeitos da fragmentação, incrementando a movimentação de organismos entre fragmentos que, sem os corredores, estariam isolados.

Figura 28. Cartograma dos elementos da paisagem da paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno



CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES DA ESTRUTURA PARA A CONECTIVIDADE FUNCIONAL DA PAISAGEM

A paisagem é reconhecida de maneira diversa por espécies diferentes e, conseqüentemente, a conectividade funcional resulta do estabelecimento de relações entre informações ecológicas (Capítulo 2) sobre espécies de vertebrados e de vegetais lenhosos registrados na FLONA de Piraí do Sul (BAZILIO; BASTIANI, 2014; FOERSTER, 2014; GRAZZINI, 2014; MORO *et al*, 2009), obtidas por revisão bibliográfica de cada espécie selecionada, e as características estruturais da paisagem (Capítulo 3).

Classicamente, o tamanho do fragmento é considerado um dos mais importantes limitantes para a ocorrência de espécies (FONSECA; ROBINSON, 1990; CHIARELLO, 1999). Contudo, fragmentos de habitat estão abertos às influências da matriz circundante e, assim, os animais podem se deslocar entre eles, bem como os vegetais podem se dispersar, de acordo com a permeabilidade da matriz e a conectividade entre os fragmentos (YABE, 2009).

4.1. IMPLICAÇÕES PARA AS AVES

A presença de pequenos fragmentos, com área total menor que 1 ha, mesmo sem áreas nucleares, podem constituir habitat e contribuir à funcionalidade de aves como o *Troglodytes musculus* (curruíra), que possui territórios de 9.000 a 1.500 m² (LLAMBIAS, 2012). Como a espécie é generalista e adaptada a ambientes alterados, a permeabilidade da matriz também favorece a manutenção da espécie na paisagem.

Os fragmentos pequenos, áreas de bordas e corredores, caracterizados pela presença de indivíduos de *Araucaria angustifolia*, limitantes com parcelas da matriz cobertas com vegetação de menor porte, áreas agrícolas, pasto ou mesmo proximidades de áreas edificadas, fornecem certas condições favoráveis à espécie *Theristicus caudatus* (curicaca), que habita ambientes abertos e se desloca até três quilômetros para buscar alimento (DAL CORNO, 2012). Contudo, o uso de agrotóxicos a presença mais intensa de seres humanos constitui uma barreira à espécie.

Para as metapopulações de *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), a percepção da paisagem possivelmente é semelhante ao *Troglodytes musculus* (curruíra) e da *Theristicus caudatus* (curicaca). Habitante de bordas e interior

de fragmentos, inclusive com matriz agrícola (PIRATELLI *et al.*, 2005) e com silvicultura (SIGRIST, 2009), os valores de conectividade (CONNECT) da paisagem permitem inferir que cerca de 17% da área total da paisagem é potencialmente conectável para esta espécie.

O processo de fragmentação constatado também não deve estar comprometendo a conservação da espécie *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto) na paisagem, já que a constância do registro deve estar relacionada a seu comportamento generalista, que permite que habite as bordas e interior de fragmentos de diversos tamanhos (<10 ha inclusive) e os corredores. O mesmo se aplica à resposta do *Saltator similis* (trinca-ferro) à estrutura da paisagem, que deve encontrar habitat em mais de 40% dos fragmentos da paisagem - com áreas entre 1 e 10 ha (MELO; CARVALHO; MAGALHÃES, 2012) e percebendo a matriz como permeável (UEZU; BEYER; METZGER, 2008).

4.2. IMPLICAÇÕES PARA OS ANFÍBIOS

As espécies mais abundantes na FLONA de Piraí do Sul e entorno, segundo Foerster (2014), são *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus sanborni*, *Hypsiboas bischoffi* e *Hypsiboas albopunctatus*, todas espécies generalistas e cuja abundância foi maior em sítios de reprodução inseridos em áreas abertas, correspondentes à matriz da paisagem. *Dendropsophus minutus*, *D. sandorni* e *Hypsiboas albopunctatus* são claramente mais abundantes em sítios inseridos na matriz, enquanto *Hypsiboas bischoffii* ocorre tanto no interior e bordas dos fragmentos, como na matriz.

A estrutura da paisagem é, portanto, determinante da composição da comunidade de anfíbios, pois como a matriz compõe 52,6% da área total, a oferta de ambientes preferenciais às espécies é favorecida. Certamente não se trata de relação linear, mas dependente da permeabilidade da matriz, que nesse caso constitui habitat para as espécies.

Quanto à movimentação dos anfíbios entre os elementos da paisagem, está relacionada à migração e dispersão das espécies. Diante da insuficiência de informações específicas sobre áreas de vida ou deslocamentos das espécies mais abundantes na paisagem, assume-se que anfíbios anuros têm um deslocamento médio registrado de cerca de 2 km, embora ocorram variações significativas entre as espécies (SMITH; GREEN, 2005). Alguns se

mantêm praticamente no mesmo local, sendo muito fiéis aos seus habitats, enquanto outros se deslocam até 10 km entre os elementos da paisagem. (SMITH; GREEN, 2005).

Segundo Foerster (2014), na FLONA de Pirai do Sul e entorno a distância do fragmento mais próximo apresentou-se importante para as espécies *Hypsiboas prasinus* e *Dendropsophus sanborni*, uma vez que fragmentos florestais próximos os sítios de reprodução podem servir como ambientes para forrageio, refúgio, hibernação e estivação. Assim, é esperado que a conservação desses fragmentos contribua à manutenção das espécies na paisagem. Como há maior abundância dessas espécies na matriz, o aumento da sua permeabilidade, pela conservação de sítios de reprodução aliada a um manejo voltado à redução do isolamento dos fragmentos, pode favorecer as espécies.

O fluxo hídrico também é essencial para as populações de anfíbios, já que os sítios de reprodução se situam em cursos de água, de maior ou menor porte, inseridos nos fragmentos e na matriz. A rede hidrográfica da paisagem apresenta fluxos no sentido de sudeste para oeste na paisagem e se encontra quase integralmente inserida nos fragmentos, em diferentes graus de conservação decorrentes da pressão decorrente dos usos da terra ao redor dos fragmentos. Os sítios de reprodução de anfíbios situados na matriz podem ser impactados, por exemplo, pela utilização de agrotóxicos ou pelas movimentações de solo e alterações abruptas em poças, decorrentes do manejo de talhões de pinus. No caso, os plantios agrícolas e a silvicultura constituem barreiras que prejudicam a conectividade funcional da paisagem.

Igualmente as estradas podem constituir barreiras à movimentação dos anfíbios na paisagem, especialmente a PR-151 e PR-090, na medida em que o grande fluxo de veículos, associado à maior largura da pista, implicam em ampliação potencial da mortalidade durante os deslocamentos nessas áreas da matriz.

4.3. IMPLICAÇÕES PARA OS MAMÍFEROS

Pardini et al (2005) constatou que a conectividade e o tamanho dos fragmentos se relaciona diretamente à abundância e diversidade de pequenos mamíferos em paisagens da Mata Atlântica. Na paisagem da FLONA de Pirai

do Sul e entorno, a funcionalidade da paisagem está estreitamente relacionada à sua estrutura, sendo que Grazzini (2014) identificou marcantes diferenças entre as espécies que compõem a matriz e as áreas correspondentes aos fragmentos.

A espécie *Akodon montensis* é a espécie mais abundante nos fragmentos. Segundo Pütker *et al.* (2006), a espécie pode se deslocar até cerca de 26 m na paisagem. O perfil ecológico da espécie permite, portanto, uma análise da conectividade da paisagem também pelo índice CONNECT calculado com raio de busca de 20 m e, assim, cerca de 2,62% (Tabela 8 do capítulo 3) da área da paisagem é potencialmente conectável para a espécie. Em termos de quantidade de fragmentos, os valores de ENN indicam que populações, dessa espécie, de pelo menos 17% do número total de fragmentos da paisagem têm, em tese, seus deslocamentos prejudicados em função do isolamento.

Na matriz, especificamente nas áreas de reflorestamentos de pinus, a espécie *Oligoryzomys nigripes* é a mais abundante (GRAZZINI, 2014). Caracteriza-se pela adaptação a estágios iniciais de regeneração, possui plasticidade ambiental e é até mesmo favorecida pela fragmentação florestal (CADEMARTORI *et al.*, 2008, PEDÓ *et al.*, 2010); não se move entre fragmentos (e suas distâncias de deslocamento são de até 80 m (PIRES; LIRA; FERNANDEZ; SCHITTINI; OLIVEIRA; 2002) com maior frequência de deslocamento entre 0 e 20 m (PÜTKER; MEYER-LUCHT; SOMMER, 2006). Desse modo, a abundância da espécie na paisagem é esperada e favorecida, ao menos nos 409,5 ha, ou 37,2% da área total, utilizados para silvicultura de pinus.

Thaptomys nigrita é a espécie de mamífero de pequeno porte mais abundante em área de vegetação nativa em estágio mais avançado de regeneração (GRAZZINI, 2014). É característica de ambientes com maior qualidade ambiental, com mais serrapilheira, maior disponibilidade de alimentos e estrutura florestal mais complexa (PARDINI; UMETZU, 2006). Portanto, as áreas nucleares da paisagem, correspondentes a 19,37% da área total ou 213,07 há, são habitats potenciais à espécie. Como seus deslocamentos atingem, em média, de 0 a 30 m (PÜTKER; MEYER-LUCHT; SOMMER, 2006), em pelo menos 17% dos fragmentos da paisagem, as

populações ficariam isoladas. Em função dos limites de deslocamento e restrição à ocupação de áreas de borda, a estrada que atravessa a FLONA e a PR-090, que separam fragmentos com grandes áreas nucleares, constituem barreiras da paisagem para a espécie.

Passando à análise da funcionalidade da paisagem para as espécies de mamíferos de maior porte consideradas residentes na FLONA de Piraí do Sul (BAZILIO; BASTIANI, 2013), inicia-se a discussão pela percepção potencial do *Didelphis aurita*, conhecido como gambá-de-orelha-preta.

Entre fragmentos, a espécie se desloca por distâncias entre 100 e 200 m (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2007; GRAZZINI, 2014). Dentro de um mesmo fragmento, os deslocamentos ampliam-se a distâncias de até 1.000m. Uma vez que a espécie é dispersora de várias sementes (CÁCERES; MONTEIRO-FILHO, 2007) e se desloca em paisagens fragmentadas, pode contribuir à dispersão de sementes entre as áreas de borda e áreas nucleares (PIRES; LIRA; FERNANDEZ; SCHITTINI; OLIVEIRA; 2003).

Segundo Leal (2013), o *Didelphis aurita* possui áreas de vida entre 5,08 a 45,19 ha, com média de 19,12 ha, notando-se diferenças significativas relacionadas ao sexo. Essas grandes áreas de vida são justificadas pelo fato que os indivíduos atravessam a matriz para acessar outros fragmentos em busca de alimento ou mesmo para fugir da competição. Contudo, segundo a mesma autora, há um predomínio expressivo na utilização dos fragmentos e a permeabilidade da matriz está relacionada à altura da cobertura vegetal e com a proximidade com os fragmentos ou corredores. Assim, as parcelas da matriz da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno, ocupadas por plantios silviculturais ou agrícolas podem ou não ser percebidos como barreiras para a espécie, conforme a etapa do ciclo ou, no caso de plantios agrícolas, conforme a espécie cultivada. As estradas ou pastagens são, portanto, barreiras perenes.

Já os 47,85 ha ocupados pelos corredores, correspondentes a 4,7% da área total analisada, facilitam os deslocamentos entre fragmentos capazes de oferecer os recursos necessários às atividades das espécies. Relacionando os valores áreas de uso diárias do *D. aurita*, que variam entre 0,07 ha e 2,37 ha (LEAL, 2013), às classes de tamanho de fragmentos da paisagem e ao isolamento que esses apresentam; considera-se que mesmo o menor fragmento existente na paisagem (área total de 0,14 ha) ou o mais isolado

(ENN = 194,74m) oferecem configurações adequadas à manutenção da espécie, obviamente dependentes dos recursos ambientais específicos existentes em cada elemento da paisagem. Assim, em tese, o quadro atual de fragmentação da paisagem não compromete a manutenção da espécie.

A cutia (*Dasyprocta azarae*) é a espécie de mamífero de médio/grande porte mais abundante na FLONA (BAZILIO; BASTIANI, 2013), sendo considerada importante dispersora de grandes sementes (SANTOS, 2005). A área de vida estimada para a espécie é de 4 a 16,4 ha, com distâncias máximas percorridas chegam a 900 m (CID, 2011). Lamberts (2003) registrou deslocamentos de até 50 m, relacionados ao transporte de sementes de *Araucaria angustifolia*. Considerando as áreas de vida e o tamanho dos fragmentos, estima-se que 49% do total de fragmentos da paisagem não sejam adequados à permanência das cutias. Contudo, por se tratar de espécie generalista e com capacidade de adaptação a ambiente alterados, bem como se levando em conta os valores de ENN para os fragmentos, a dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* pode estar relacionada à atividade da espécie em 80% dos fragmentos, que possuem outros fragmentos num raio de até 50 m de distância.

O *Guerlinguetus ingrami* (esquilo) também tem um papel importante na dispersão de sementes na Floresta Ombrófila Mista (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000) e, considerando sua capacidade de transportar sementes de *Araucaria angustifolia* até distâncias próximas a 25 m, em 27 fragmentos da paisagem ($ENN \leq 25$ m), nos quais o esquilo percebe uma paisagem com conexões disponíveis, a dispersão dessas sementes pode estar relacionada à espécie.

Outra espécie residente da FLONA de Piraí do Sul é o bugio (*Alouatta guariba clamitans*) (BAZILIO; BASTIANI, 2014), que pode existir em fragmentos de floresta, em habitats perturbados e muito próximos de populações humanas (BUSS, 2012), já que sua capacidade de deslocamento faz com que a fragmentação não afete significativamente sua manutenção na paisagem.

Os grupos podem realizar deslocamentos diários de 11 a 1564 m (BICCA-MARQUES, 2003). Preferem utilizar corredores, mas podem se deslocar até 200 m em áreas abertas para alcançar outros fragmentos, sendo isso raro, possivelmente em razão dos riscos envolvidos na exposição em

áreas da matriz (ESTRADA; COATES-ESTRADA, 1996). Essa movimentação na paisagem pode ser facilitada na FLONA de Piraí do Sul e entorno pela própria forma dos fragmentos, já que 92,71% da área total da paisagem, ou 29,8% do número de fragmentos ($SHAPE \geq 2$), estão configurados em formatos mais alongados, irregulares e complexos, que, apesar de não se refletirem, dentro da análise estrutural, como corredores verdadeiros, para a espécie *Alouatta guariba* podem contribuir para o acesso de recursos na paisagem.

Há variações quanto ao dimensionamento de áreas de vida de grupos de bugios, com variações desde 3,9 ha (CUNHA, 1994) até 33 ha (STEINMETZ, 2000). Considerando-se somente os fragmentos com área igual ou superior a 10 ha, a paisagem analisada oferece 05 fragmentos (10,64% do número total) com perfil de habitat adequado à espécie. Contudo, considerando que a matriz pode apresentar-se permeável ao deslocamento, essa oferta pode ser, na realidade, ampliada.

Tomando a percepção da *Puma concolor* (onça-parda) para a análise da conectividade funcional da paisagem, a área total corresponde a cerca de 10% da área de vida de um indivíduo da espécie, que precisa de aproximadamente 11.000 ha para o desenvolvimento de todas as suas atividades normais de forragear, acasalar e criar sua prole (PENTEADO, 2012). Para este predador de topo de cadeia trófica encontrado na FLONA de Piraí do Sul (BAZILIO; BASTIANI, 2013), a existência de fragmentos em melhor estado de conservação, acompanhando ou próximos aos cursos de água, configura corredores potenciais que permitem o deslocamento na paisagem, com menores riscos de exposição à caça ou de incidência de episódios de predação de animais domésticos.

O *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro), com preferência por ambiente abertos e área de vida variando de 6,4 a 26,9 ha, pode ser encontrado inclusive em áreas agrícolas ou de silvicultura (ANTUNES, 2012). Desse modo, na paisagem predominam áreas de habitat potencial para a espécie, na matriz.

Segundo Michalski e Peres (2005), não há relação entre o tamanho dos fragmentos e abundância de *Nasua nasua* (quati), já que, como espécie generalista, adapta-se a habitar bordas, corredores e mesmo a matriz (alterada por agricultura, pecuária) para realizar suas atividades diárias. Sendo a área de

vida de um grupo de quatis estimada em 445 ha (BEISIEGEL; MANTOVANI; 2006), o tamanho e a configuração da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno devem permitir a persistência da espécie, salvo outras questões ecológicas relacionadas à estrutura interna dos grupos ou competição com outros grupos. O deslocamento pela matriz, entretanto, implica em incremento de riscos, como atropelamento nas estradas e caça, já que sua dieta generalista pode incluir espécies agrícolas da matriz e gerar maior aproximação de pomares e residências. *Nasua nasua* também é um dispersor eficiente de grande parte das sementes que consome. Como apresenta grande mobilidade pelos diversos elementos da paisagem, podendo percorrer mais de 2 km por dia, e o tempo de retenção de sementes no animal pode ser de muitas horas, a dispersão das sementes pode ocorrer em locais distantes da planta mãe (COSTA, 1998), ampliando a permeabilidade da matriz às espécies vegetais consumidas.

Por fim, a paisagem apresenta-se funcionalmente conectada para o tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), por também ser uma espécie de hábitos insetívoros generalistas (SILVA, 2006), com plasticidade ambiental, sendo capaz de buscar recursos em paisagens fragmentadas. Sua área de vida é variável, de 2 até 20 ha e deslocamentos inferiores a 200 m (LOUGHRYE; COOLLEN, 1998). Desse modo, entende-se há na paisagem oferta de habitat para a espécie, nos fragmentos florestais, incluindo-se as áreas de bordas e os classificados como corredores, e mesmo na matriz, dependendo de condições específicas de permeabilidade que permitam a construção das tocas e a busca de alimento num raio de até 200 m. Tomando os fragmentos como referência, todos possuem um outro fragmento a distâncias inferiores a 200 m, favorecendo, portanto, os deslocamentos do *Dasypus novemcinctus* na paisagem.

4.4. IMPLICAÇÕES PARA A VEGETAÇÃO

A classificação dos elementos da paisagem e a avaliação estrutural de sua diversidade indicam, em primeira análise, que a persistência das espécies na paisagem depende da conservação dos fragmentos, já que a matriz é caracterizada por usos consolidados como estradas, agricultura, pecuária, silvicultura, moradias ou comércio. Nos 52,6% da paisagem correspondentes à

área da matriz, muito provavelmente não serão formados novos fragmentos, independentemente de estarem dentro do espectro de dispersão das espécies, pois o manejo das lavouras, pastagens e talhões constitui barreiras ao estabelecimento de indivíduos nessas áreas.

A única exceção é a conversão prevista de 39 ha de silvicultura de pinus para áreas de regeneração de floresta nativa, dentro da FLONA de Pirai do Sul. Nesse caso, a dinâmica de regeneração futuramente poderá permitir análise sobre o processo de expansão dos fragmentos.

A discussão sobre a relação entre a estrutura da paisagem e a composição vegetal dos fragmentos envolve inicialmente a busca de elementos ecológicos que indiquem o tipo (zoocoria, anemocoria, barocoria) e capacidade de dispersão de sementes e pólen, bem como o tipo funcional das espécies, ou seja, se são espécies iniciais, intermediárias ou tardias, o que permite analisar se podem se estabelecer em áreas de borda, em pequenos fragmentos ou exigem áreas nucleares maiores.

Analisando-se unicamente a distância, os valores de ENN pelo menos metade dos fragmentos se encontra a cerca de 20 metros de seu vizinho e que 97,87% dos fragmentos tem algum vizinho em um raio de 100 metros (tabela 6 e figura 25 do capítulo 3). Conforme tabela 7 e figura 27 (capítulo 3), o baixo índice de proximidade (PROX) encontrado para um raio de 20 m indica que fragmentos situados nesse raio possivelmente possuem área pequena. O alto índice PROX (524,37) para um raio de busca de 100 m também indica que, para um dado fragmento, nesse raio há alta disponibilidade de habitat oferecido por fragmentos maiores e próximos. Contudo, para o mesmo raio, o índice CONNECT de 6,29% indica uma pequena quantidade de fragmentos conectados.

Para Santos *et al.* (2011) mais de 80% da dispersão nas matas de araucária é zoocórica, embora a própria *Araucaria angustifolia* apresente polinização anemófila, sendo que o pólen pode atingir de 05 até 330 m, com médias de 125 m, em ambiente florestal (CRISTOFOLINI, 2013). Certamente, o fluxo de pólen atinge maiores distâncias se as árvores-mãe estão localizadas em áreas de borda do que no interior de fragmentos, onde a densidade de indivíduos é maior. A direção e velocidade dos ventos também influenciam a dispersão do pólen.

Contudo, a funcionalidade dessa conectividade para a *Araucaria angustifolia* depende também do grau de permeabilidade que a matriz apresenta para a dispersão do pólen e das sementes da espécie, sendo que o tipo de uso da terra implica na existência de barreiras ou a permeabilidade à dispersão. Assim, plantios de pinus adultos configuram-se como barreiras redutoras das taxas de pólen que conseguem atingir indivíduos da espécie localizado em outros fragmentos; portanto, reduzem a conectividade funcional da paisagem para a espécie. Uso para agricultura, pastagens ou estradas parecem não comprometer esse fluxo.

A velocidade do vento, em média, de 7,92 km/h (FUNDAÇÃO ABC, 2013) é, segundo Mattos (1994), próxima à ideal para a dispersão do pólen, de 7 km/h. Considerando que a direção predominante do vento na paisagem é sudeste, ou seja, vêm do sudeste para o noroeste, o fluxo do pólen é favorecido pelo gradiente de altitude, que contribui para o transporte das áreas mais altas para as mais baixas da paisagem.

A distância de dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* vai de aproximadamente 7 a 240 m, com média de 109 m e maior frequência de 125 m (CRISTOFOLINI, 2013). Cerca de 47% das sementes são encontradas a menos de 60 m de distância da árvore-mãe (BITTENCOURT, 2008). Certamente, a dispersão dos pinhões está relacionada à movimentação de animais dispersores na paisagem. Retomando a discussão de conectividade funcional da paisagem para a cutia (*Dasyprocta azarae*), por exemplo, a dispersão de pinhões pode estar relacionada à atividade da espécie em 80% dos fragmentos, que possuem outros fragmentos num raio de até 50 m de distância, distância condizente à possibilidade de deslocamento do animal com as sementes (LAMBERTS, 2003). Nos 27 fragmentos com ENN ≤ 25 m, o *Guerlinguetus ingrani* (esquilo) também pode exercer o transporte de sementes de *Araucaria angustifolia* a outros fragmentos próximos. Quanto à dispersão das sementes até a matriz, a emergência e crescimento de novos indivíduos é pouco provável, em razão do manejo das áreas agrícolas, pastagens e talhões de pinus constituírem uma barreira a essa dinâmica. Nos plantios de pinus não submetidos a manejo silvicultural, localizados dentro dos limites da FLONA de Piraí do Sul, *Araucaria angustifolia* compõe o estrato arbóreo do sub-bosque, com valor de importância representativo (18%),

decorrente da atividade dos animais dispersores que permitiram a implantação quando o plantio era mais jovem, mas não ocorre no banco de sementes (MARCONDES; ANDRADE; CARMO, não publicado), possivelmente devido aos efeitos alelopáticos das acículas do *Pinus* sp., acumuladas significativamente em razão da falta de manejo.

Para compreender como a estrutura da paisagem é percebida por *Ilex paraguariensis* (erva-mate), considera-se o vento e a interação com a fauna como elementos relevantes, já que a polinização é anemófila (FERREIRA *et al.*, 1983) ou entomófila generalista (MATTOS, 2011), sendo realizada por inúmeros insetos, especialmente *Apis mellifera* e dípteros das famílias Sciaridae, Syrphidae (FLOSS, 1994). A média da distância de dispersão do pólen é de 393m, com metade da distribuição ocorrendo a distâncias inferiores a 100m (DIAZ, 2013). A configuração da paisagem é adequada, em tese, à manutenção do fluxo de pólen da erva-mate, já que 97,87% do número total de fragmentos distam até 100 metros do seu vizinho mais próximo. Mais uma vez, contudo, a permeabilidade da matriz é determinante, nos mesmos termos que os discutidos para a *Araucaria angustifolia*. A dispersão de sementes de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) é zoocórica, por pássaros. Há registro de dispersão por *Turdus leucomelas* (sabiá-barranco), *Turdus rufiventris* (sabiá-laranjeira), *Thraupis sayaca* (sanhaço), *Thraupis bonariensis*, *Elaenia* sp. (guaracava-de-bico-curto), *Megarhynchus pitangua*, *Tyrannus melancholicus* (suiriri), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Phylloscartes ventralis* (borboletinha-do-mato), *Chiroxiphia caudata* (tangará), *Mimus saturninus* (sabiá-do-campo) e *Molothrus bonariensis* (vira-bosta) (COLUSSI; PRESTES, 2011).

Matayba elaeagnoides (Miguel-pintado) é uma espécie secundária de dispersão zoocórica (LEYSER *et al.*, 2009) estimada em mais de 70 m, por seus frutos bacóides serem semelhantes ao da *Cabralea canjarana* (canjarana) (Ferreira Pizo, 1994). *Casearia sylvestris* (cafezeiro) e *Nectandra grandiflora* (canela amarela) possuem polinização não especializada, com dispersão zoocórica também (YAMAMOTO; KINOSHITA; MARTINS, 2007).

De acordo com Gressler, Pizo e Morellato (2006), *Myrcia breviramis* (guamirim), como todas as demais as demais Myrtaceae, é polinizada principalmente por abelhas Apidae, embora visitada também por outros insetos como moscas e vespas, que no entanto não são polinizadores. Pequenos

pássaros são os principais dispersores desta espécie de *Myrcia*, sendo que répteis e formigas podem agir como dispersores eventuais dos pequenos e numerosos frutos caídos. Para *Myrcia splendens* (guamirim-chorão) o raio de dispersão dos pequenos frutos é de cerca de 70 metros, sendo que um raio semelhante de dispersão é esperado para *Myrcia* e *Myrsine*, com frutos também transportados pelas aves.

Hartz et al (2012) constatou grande proporção de espécies de aves frugívoras habitando áreas de borda e pequenos fragmentos, maior do que em áreas nucleares, indicando seu papel como dispersora de sementes na Floresta Ombrófila Mista.

O perfil generalista e a plasticidade ambiental das aves dispersoras viabilizam a dispersão entre os fragmentos, especialmente os que possuem porções de matriz em condições mais permeáveis ao deslocamento de tais aves. A atração de aves generalistas contribui à dispersão em paisagens fragmentadas, onde as espécies estão adaptadas à busca de recursos em diferentes ambientes, o que pode ajudar a explicar a persistência na paisagem da FLONA de Pirai do Sul e entorno da maioria das espécies vegetais aqui analisadas, de dispersão zoocórica.

Pivello et al. (2006), analisaram a qualidade dos fragmentos em função do tipo de dispersão, sendo zoocórica o indicativo de melhor estrutura. Numa floresta atlântica de altitude, num raio de busca de 800 metros, com bordas, corredores e áreas fonte, observaram que nos fragmentos pequenos e isolados predominam espécies arbóreas tardias (zoocóricas e autocóricas), como *Ilex paraguariensis*, enquanto nos fragmentos maiores, os “fonte”, numa situação bem definida de borda (considerada 50m) e interior, há menor qualidade de vegetação. Os piores resultados foram observados nos fragmentos pequenos porém conectados, os corredores, com mais de 80% de espécies anemocóricas. Os autores sugerem que, neste caso, a estrutura da vegetação foi mais importante do que o tamanho e conectividade das áreas na determinação da qualidade dos remanescentes. Enfatizam “a importância de se dedicar maior atenção à conservação de pequenos fragmentos, mesmo que isolados na paisagem, especialmente aos que ainda mantém uma boa estrutura da vegetação”. (PIVELLO et al., 2006, p. 857). No entanto Jesus et al. (2012) encontraram resultados totalmente opostos ao analisar outros

fragmentos de floresta atlântica sob condições semelhantes, com diversos raios de PROX. Para estes, os pequenos fragmentos eram dominados por espécies anemocóricas, em função do histórico de corte seletivo das espécies arbóreas de maior valor comercial, na maioria zoocóricas.

Para as espécies *Myrcia breviramis*, *Myrsine ferruginea*, *Vernonia discolor* e *Myrcia obtecta*, a conectividade funcional da paisagem não parece determinada diretamente pela conectividade estrutural, sendo sua representatividade determinada por elementos físicos, pelo uso do solo e a questão da complexidade florestal inerente à sucessão ecológica. São espécies comuns em áreas fragmentadas e típicas de estágio inicial. Como os fragmentos de maior tamanho e complexidade de formas encontram-se em estágios mais avançados de regeneração, tais espécies não encontram neles as características ambientais adequadas à sua permanência. Por outro lado, nas áreas da paisagem com cotas mais elevadas de altitudes e pequena profundidade dos cambisolos e neossolos litóticos, configuram-se condições físicas adequadas às espécies. Portanto, percebem as porções mais baixas e planas, como áreas não conectáveis em função das condições ambientais, independentemente do tamanho, forma ou disposição dos fragmentos.

Por outro lado, os fragmentos da porção sudeste da paisagem, com cotas superiores a 1150 m, são áreas onde as espécies conseguem se estabelecer. Nesse caso, o tamanho, a forma e o isolamento dos fragmentos importa e, constatando-se que tais fragmentos possuem áreas maiores que 50 ha, com vizinhos situados em até 50 m, a paisagem se encontra conectada funcionalmente para tais espécies na porção sudeste.

Contudo, outras porções da paisagem igualmente localizada na Serra das Pedras, mais a norte, constituem estruturalmente matriz não permeável, devido à ocupação por plantios de pinus, reduzindo a oferta de habitats e, além disso, ampliando o fluxo de sementes causador de invasão biológica nesses fragmentos de estágio inicial, mais suscetíveis à contaminação.

Mais do que a conectividade, o tipo funcional de algumas espécies explica a sua representatividade na paisagem. *Casearia sylvestris*, *Matayba elaeagnoides* e *Rudgea jasminoides* são espécies consideradas típicas de estágios intermediários de regeneração e *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora*, *Ilex paraguariensis*, *Ilex integerrima* e *Cryptocaria aschersoniana*

são espécies tardias. A ocorrência marcante de *Rudgea jasminoides* (grinaldeira), arbusto essencialmente ombrófilo e de ocorrência característica de interior das florestas bem conservadas, está associada às áreas nucleares da paisagem, ocupantes de 19,6% da sua área total.

O estabelecimento dessas espécies nos fragmentos está mais ligado à presença de características ambientais (relevo, profundidade do solo, proximidade de corpos d'água) propícios. Isso é verificado nos fragmentos situados nas áreas mais baixas, com latossolos mais profundos, maior umidade e estágio de regeneração mais avançado. Portanto, as características estruturais dos fragmentos, sua distribuição e relações de vizinhança constituem aspectos secundários à percepção da paisagem por essas espécies.

Essa discussão sobre funcionalidade da paisagem, buscando identificar a partir das correlações entre os dados ecológicos das espécies, elementos para compreender a composição das comunidades vegetais (no caso, baseando-se em suas espécies mais representativas), corrobora com a afirmação de Levin *et al* (2003), de que a estrutura e composição de uma comunidade vegetal resulta de interações complexas, podendo ser influenciada pela heterogeneidade física da paisagem, pelas relações entre as espécies e também pelo processo de dispersão.

Também indica a importância da conservação de uma gama de fragmentos com heterogeneidade de configurações estruturais capaz de sustentar a oferta das condições ambientais diversas o suficiente para o estabelecimento de espécies iniciais, intermediárias e tardias e a manutenção das diversas síndromes de dispersão, especialmente pelo vento e por aves frugívoras.

CAPÍTULO 5. CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE DA CONECTIVIDADE PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA PAISAGEM

5.1. ELEMENTOS DA CONECTIVIDADE E O PROCESSO DE FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM

A análise da conectividade estrutural e funcional da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno revelou a existência de um processo de fragmentação avançado, constatando-se os principais efeitos definidos por Fahrig (2003):

- *Redução da quantidade de habitat*: O manejo da paisagem ao longo do tempo gerou perturbações que substituíram a floresta nativa e passaram a constituir a sua matriz, ou seja, o elemento que controla a dinâmica da paisagem (FORMAN, 1995). Os fragmentos de FOM (incluindo aí os fragmentos sob vários estágios sucessionais e os reflorestamentos com nativas) ocupam menor proporção de área (47,3%) do que a matriz (52,7%) e, desse modo, a disponibilidade de recursos para as espécies passa a ser reduzida. A matriz apresenta vários usos e pode apresentar diversificada oferta de recursos para espécies mais generalistas, constituindo, em maior ou menor grau, áreas de habitat secundário. Considerando que a permeabilidade da matriz está diretamente relacionada à similaridade (estrutural ou de composição) em relação ao habitat nativo (METZGER, 2006), áreas de matriz com lavouras de ciclos curtos, plantios de pinus com tratamentos silviculturais constantes (talhões roçados, podados, desbastados ou que sofreram corte raso), pastagens e estradas apresentam-se pouco permeáveis.
- *Redução do tamanho dos fragmentos*: Pelo menos 75% do número total de fragmentos possuem até 3,2ha, sendo a metade dos fragmentos inferior a 1ha. Considerando as áreas de borda como um *buffer* de 50m junto ao perímetro dos fragmentos, percebe-se que 30 fragmentos, ou seja 70% não possuem áreas nucleares, enfatizando a intensidade do processo de fragmentação, especialmente nas áreas onde há interfaces com a matriz de uso caracterizado pela agricultura intensiva, silvicultura de pinus ou pecuária. Fragmentos

totalmente sob o efeito de borda estão sujeitos quase as mesmas variáveis microclimáticas da matriz, restringindo o estabelecimento de espécies não generalistas.

- *Aumento do número de fragmentos:* O cálculo da métrica estrutural de densidade de fragmentos determinou a existência de 42,7 unidades a cada 100 hectares, indicando que as áreas de habitat se encontram cerca de dez vezes mais fragmentada do que a matriz.
- *Aumento do isolamento dos fragmentos:* Embora mais de 53% dos fragmentos estejam na vizinhança de outro fragmento a uma distância de até 20m, os seus vizinhos, nesse raio, possuem área pequena, gerando baixa oferta de habitat, o que é confirmado pelo baixo índice de conectividade (2,6% para esse raio). 19% dos fragmentos apresentam isolamento superior a 50m, e os mesmos estão imersos em matriz de uso para agropecuária ou silvicultura, sendo que desses, 67% não possuem área nuclear. Essas ilhas podem estar funcionando como sumidouros, onde as populações não são capazes de persistir. (BENNET, 2004). Já os fragmentos menos isolados, ainda que pequenos, podem ser percebidos como trampolins ecológicos para determinadas espécies. O índice de conectividade, ampliando o raio de busca para 100m, ao estimar que apenas 6,3% da paisagem é potencialmente conectável, também é um forte indicador do grau de fragmentação.

A análise morfológica de padrões espaciais da paisagem também corrobora a caracterização do avançado processo de fragmentação da paisagem, na medida em que evidencia alta proporção de áreas de borda (13,3% da área total) e de falsos corredores (7% da área total), a ocorrência de ilhas (3,3%) e a configuração de apenas 4,4% de área como corredores, ou seja, fragmentos lineares, sem área nuclear, que liguem fragmentos maiores na paisagem, nucleados ou não.

Os índices de forma e fractal também auxiliam a compreensão do processo de fragmentação, percebendo-se claramente (figura 24, capítulo 3) que pressões decorrentes de uso do solo pela agricultura, pecuária ou silvicultura, circundante aos fragmentos, restringiram os fragmentos às

margens dos cursos de água, o que implicou em formas mais complexas dos fragmentos. Nesse caso, a FLONA parece ter constituído uma barreira à fragmentação, percebendo-se bordas menos irregulares em suas proximidades. Em porções da paisagem onde a matriz é caracterizada pela agricultura, pecuária e silvicultura, a rede hidrográfica evidencia-se, portanto, como um elemento físico repressor do processo de fragmentação.

Essas mesmas pressões causadoras do processo de fragmentação resultaram em um perfil peculiar de agregação, evidenciando maior proporção de matriz na porção ocidental da paisagem, onde se concentra o uso agrícola, pecuária e silvicultura, e por outro lado, fragmentos maiores concentrados na porção oriental da paisagem, caracterizada, em grande parte, por maiores altitudes e declividade. Nas áreas próximas à PR-151 e PR-090, de menores altitudes e relevo plano ou suave, mais distantes da rede hidrográfica, fora da FLONA e circundados por lavouras, pastagens ou plantios de pinus, concentram-se fragmentos de tamanho inferior a 10ha. Já nas áreas próximas aos cursos d'água ou com declive mais acentuado, concentram-se os fragmentos maiores e com formatos mais complexos, incluindo o maior fragmento da paisagem, que ocupa 23,3% (LPI) de sua área total. Milan encontrou valores muito mais baixos em outras áreas inclusive em áreas de conservação, como o Parque Estadual de Vila Velha, no Parque Estadual do Guartela e no Parque Nacional dos Campos Gerais.

Para compreender a persistência das espécies em paisagens fragmentadas, deve-se compreender como as espécies percebem sua estrutura. (METZGER, 2006). Em termos ecológicos, a fragmentação da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e seu entorno revela-se também na composição da fauna, já que espécies de hábitos generalistas e com plasticidade ambiental, capazes de habitar corredores, áreas de borda e pequenos fragmentos, cujas áreas de vida muitas vezes incluem a matriz como habitat secundário, destacam-se pela representatividade. Assim ocorre com as espécies de anfíbios *Dendropsophs minutus*, *Dendropcophus sandorni* e *Hypsiboas albopunctatus*, o pequeno roedor *Oligoryzomis nigripes* (mais abundante em áreas de silvicultura de pinus), as aves *Troglodytes musculus* (curruíra), *Theristicus caudatus* (curicaca), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), *Tachyphonus coronatus* (tiê preto) e *Saltator similis* (trinca-ferro) e os

mamíferos de médio e grande porte *Didelphis aurita* (gambá), *Nasua nasua* (quati), *Alouatta guariba clamitans* (bugio), *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro), *Gerlingetus ingrami* (esquilo) e *Puma concolor* (onça-parda). Por serem adaptadas a realizar suas atividades nos diversos elementos da paisagem, conseguem persistir na FLONA de Piraí do Sul e entorno. Para as espécies animais especialistas, que exigem como habitat o interior dos fragmentos e com capacidade de deslocamento pequena, como os roedores *Akodon montensis* e *Thaptomys nigrita*, por exemplo, o quadro de fragmentação pode prejudicar a permanência na paisagem.

A fragmentação também afeta a conservação da vegetação da paisagem, na medida em que, conforme discutido no capítulo 4, ela depende da manutenção dos fragmentos heterogêneos, para garantir condições ambientais adequadas aos diversos tipos funcionais de espécies e favoráveis aos processos de dispersão. Uma das críticas mais contundentes ao Código Florestal Brasileiro (anterior e atual) diz respeito a que sua definição de Áreas de Preservação Permanente (APP) garante a conservação de espécies ripárias tão somente, e na condição de corredores sem área nuclear, ignorando todas as comunidades dos interflúvios (METZGER, 2010). Com relação a manutenção de 20% da área da propriedade como Reserva Legal, Metzger (2010, p. 94) argumenta que seria necessário se “manter 60 a 70% do habitat original para que uma paisagem tenha uma estrutura adequada para fins de conservação” com a ressalva de que se o habitat for fortemente agregado (como se verifica na FLONA de Piraí do Sul), as estruturas e condições para a conservação são mais favoráveis.

5.2. CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DA CONECTIVIDADE AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL, A PARTIR DA FLONA DE PIRAÍ DO SUL

O conceito de conectividade vem sendo cada vez mais usado na tomada de decisões de conservação em paisagens fragmentadas (VOS *et al.*, 2002; BAGUETTE; VAN DYCK, 2007).

O fato da paisagem abrigar uma unidade de conservação, no caso, a FLONA de Piraí do Sul, torna-se coerente que o planejamento ambiental seja

incorporado nos instrumentos de gestão da unidade, que constituem seu Plano de Manejo e seu Conselho Gestor.

Como pressuposto inicial e fundamental, indica-se o estabelecimento de parcerias com a comunidade e a incorporação de informações sócio-políticas e sócio-econômicas no planejamento para a conservação ambiental da paisagem (LARCHER; WILKSON, 2013). Nesse sentido, qualquer planejamento deve necessariamente envolver a participação do Conselho Gestor da FLONA, pois o mesmo possui representações de setores ligados à atividade agrícola, pecuária e silvicultural implementada na paisagem e diretamente relacionada ao processo de fragmentação. Também possui representações de setores da pesquisa e agricultura familiar de base agroecológica, que podem contribuir à estruturação de ações viáveis para o incremento da conectividade, a partir do incremento da permeabilidade da matriz e da melhoria da qualidade de habitat. Sem a participação dos diversos atores sociais interessados na gestão da paisagem, nenhum plano será minimamente implementado.

Os planos de manejo devem, conforme Pivello (2005) definir ações práticas para a solução de problemas ecológicos e não apenas administrativos. Enquanto instrumento de planejamento para a conservação ambiental da paisagem, deve ser ecologicamente significativo (LARCHER; WILKSON, 2013).

Partindo desse pressuposto, a análise da conectividade comprova que o avançado processo de fragmentação da paisagem constitui um problema ecológico que deve ser tratado dentro do Plano de Manejo da FLONA. Nesse sentido, LAUSCHE *et al* (2013) afirma que os planos de manejo de unidades de conservação constituem um mecanismo que propicia a oportunidade e responsabilidade de identificar e incorporar demandas de incremento da conectividade nas unidades de conservação. O Plano de Manejo da FLONA de Piraí do Sul está em elaboração (ICMBio, 2014) e, portanto, não há até o momento definições sobre o zoneamento interno da unidade ou sobre a definição de uma zona de amortecimento.

Inicialmente, a análise de conectividade pode contribuir ao planejamento ambiental pela própria definição da abrangência espacial adequada à discussão sobre o processo de fragmentação avançado da paisagem da FLONA e seu entorno, baseada em informações ecológicas das

espécies mais representativas na paisagem. Sendo em sua maioria espécies generalistas, mas com perfis diferenciados de percepção da paisagem, outras espécies também são beneficiadas pela análise, assim como a integridade da rede hidrográfica e das áreas mais frágeis, com maior declividade. Ao zoneamento interno da FLONA, a análise da conectividade traz alguns elementos relevantes, tratados a seguir.

Nas áreas de matriz localizadas dentro da FLONA, a conectividade pode ser incrementada pela substituição dos reflorestamentos de pinus por usos que confirmam maior permeabilidade às espécies, principalmente vegetais. Nessas áreas, o desenvolvimento de pesquisas relacionadas aos objetivos da FLONA, de promoção do uso múltiplo sustentável da floresta (BRASIL, 2000), contemplando técnicas de recuperação de áreas degradadas pela silvicultura ou sistemas agroflorestais, implica em aumento da similaridade estrutural com os fragmentos circundantes e, decorrentemente, ampliará a oferta de habitat para espécies vegetais e animais.

A FLONA abriga 106,1ha dos fragmentos da paisagem, ou 18,3% da área total de fragmentos da paisagem. O maior fragmento da paisagem possui área de 255,1ha, dos quais 24,5 ha estão dentro dos limites da FLONA. Esse fragmento constitui uma importante área fonte, pois fornece área nuclear de 123,6ha e 131,5ha de área de borda, conferindo heterogeneidade e ofertando habitat para espécies animais generalistas e especialistas que demandem áreas de uso maiores, bem como para espécies vegetais iniciais, intermediárias e tardias, face à sua diversidade de solos, altitude e declividade. O fragmento também abriga considerável extensão de cursos de água significativos na paisagem. Portanto, sua conservação contribui à manutenção da integridade de habitat na paisagem. Desse modo, indica-se que a área do fragmento, contida dentro da FLONA, seja incluída em categoria com maior restrição de uso, para contenção da fragmentação.

O mesmo se aplica ao segundo maior fragmento da paisagem, que apresenta 85,2 ha dos seus 96,3ha nos limites da FLONA. Também possui área nuclear significativa, com 56,3ha, distribuída em diferentes condições de declividade, altitude e composição de solos. Indica-se que também seja incluído em zona com certas restrições de uso, sediando atividades que não impliquem em perturbações intensas, como pesquisa, visitação controlada e manejo

sustentável de produtos não madeireiros, com usos que não devem comprometer a conectividade estrutural ou funcional.

Considerando que a análise de conectividade trata da paisagem que extrapola os limites da FLONA, é pertinente que também a definição de sua zona de amortecimento seja pautada pela análise da conectividade. Lembra-se que zona de amortecimento é, legalmente (BRASIL, 2000, art. 2º, item XVIII) “o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. A definição da zona de amortecimento deve ser realizada sob critérios técnicos e científicos coerentes com sua função, para que o seu manejo possa contribuir ao desenvolvimento integrado com a conservação. (VILHENA, 2002).

Entre os critérios que devem contribuir à tomada de decisão para a inclusão de área na zona de amortecimento, o *Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo de Florestas Nacionais*, define os seguintes, relacionados à conectividade da paisagem (ICMBIO, 2009, p.40):

- Áreas naturais preservadas, com potencial de conectividade com a unidade de conservação (áreas de preservação permanente e reservas legais);
- Remanescentes de ambientes naturais próximos à Unidade de Conservação que possam funcionar ou não como corredores ecológicos;
- Sítios de alimentação, descanso/pouso e reprodução de espécies que ocorrem na unidade de conservação

O primeiro aspecto é a observação das exigências do Código Florestal, de manutenção das áreas de preservação permanente (APP) ao longo dos corpos d'água. Uma vez que a paisagem é relativamente homogênea, com áreas de fragmentos ocorrendo em proporções pouco maiores que a matriz, a manutenção de corredores é indicada porque os fragmentos abrigam ofertam espécies para colonizar áreas restauradas (PARDINI *et al.*, 2010).

Na Figura 29, são representados alguns elementos para o planejamento ambiental da paisagem, discutidos a seguir.

A pequena área situada a oeste da PR-151 não é percebida pela maioria das espécies como habitat, em razão do tamanho e isolamento e, como a rodovia constitui uma barreira consolidada a muitas espécies, aliada à baixa permeabilidade da matriz circundante, sua inclusão na zona de amortecimento da FLONA não deve ser priorizada.

Para as porções de matriz localizadas próximas aos limites da FLONA, às margens da PR-090, indica-se a conversão das áreas de plantios de pinus e áreas de solo descoberto (em recuperação), para que sejam formados elementos que ampliem a conectividade, a partir da redução do isolamento de fragmentos. Sugere-se que se busque a implantação mediante pesquisas comparativas envolvendo a implantação de faixas contínuas (corredores) ou núcleos (trampolins), comparando-se sua efetividade, também, quanto à redução da contaminação biológica por pinus proveniente de propriedades vizinhas e favorecidos pela direção do fluxo de vento.

Quanto às áreas situadas na porção oeste da paisagem, torna-se desejada sua inclusão na zona de amortecimento da FLONA. Devem ser estimuladas ações que contribuam à transformação dos falso-corredores em corredores verdadeiros e reduzam o isolamento de fragmentos atualmente considerados ilhas. As áreas de preservação permanente devem ser conservadas. Considerando os usos predominantemente agrícolas, como pastagens ou plantios de pinus predominam na matriz, deve-se promover ações que aumentem a permeabilidade, como o uso de técnicas agroecológicas, a redução no uso de agrotóxicos, ou a adoção de técnicas de exploração florestal de impacto reduzido. A conservação dos fragmentos indicados na análise morfológica estrutural como formadores de corredores deve ser priorizada, pois em uma paisagem fragmentada, a sobrevivência das espécies depende da existência de faixas de continuidade na cobertura vegetal, para se deslocarem ou dispersarem pela paisagem (METZGER, 2010).

Na porção leste e sudeste da paisagem, onde a matriz é predominantemente caracterizada pela silvicultura de pinus, devem ser implementados procedimentos de exploração florestal com impacto reduzido, para incrementar a permeabilidade. O planejamento ambiental das propriedades deve priorizar a formação de corredores verdadeiros, a partir dos fragmentos que atualmente constituem laços e ramos.

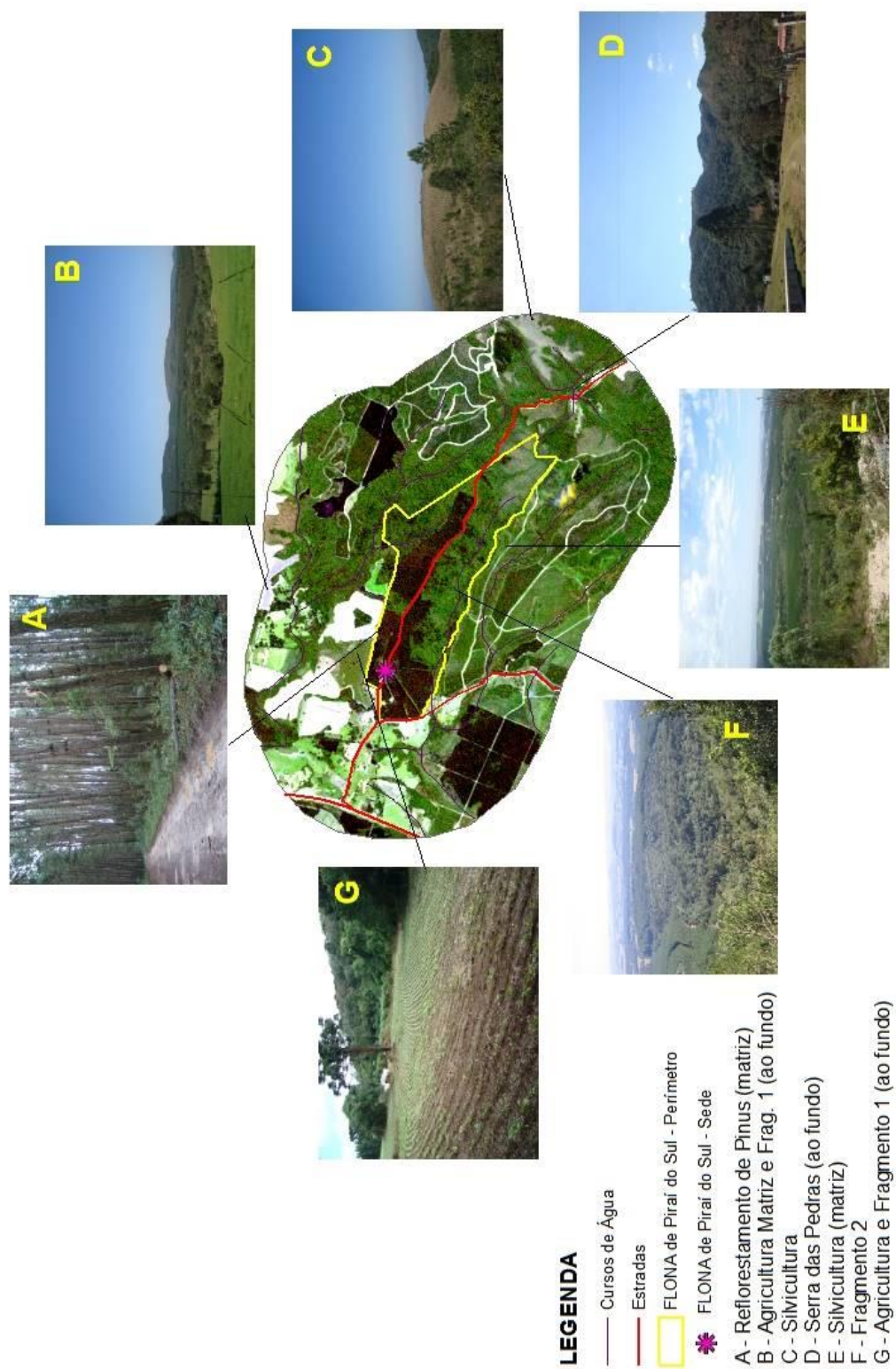
No programa de monitoramento a ser estruturado no Plano de Manejo da FLONA, dado o avançado quadro de fragmentação da paisagem, indica-se a inclusão do monitoramento da conectividade estrutural e funcional da paisagem, já a curto prazo, para subsidiar ações ainda mais específicas de manejo da paisagem.

No programa de pesquisa, por sua vez, indica-se a priorização da implementação de projetos voltados à compreensão da funcionalidade da paisagem para espécies animais e vegetais, mediante articulação com instituições de pesquisa.

Finalmente, no programa de proteção, indica-se o fortalecimento das ações de fiscalização ambiental, para a coibição de ações redutoras da permeabilidade da matriz, como o uso indiscriminado de agrotóxicos, caça ou desmatamentos de áreas de preservação permanente.

Figura 29. Áreas tratadas nas contribuições ao planejamento para a conservação ambiental da FLONA de Pirai do Sul e entorno

FLONA DE PIRAI DO SUL E ENTORNO - ELEMENTOS PARA O PLANEJAMENTO



CONCLUSÕES

A análise da conectividade estrutural e funcional da paisagem da FLONA de Piraí do Sul e entorno revelou a existência de um processo de fragmentação avançado, constatando-se o predomínio de uma matriz pouco permeável e alterada pela agricultura, silvicultura, pecuária e estradas.

Há um predomínio quantitativo de fragmentos pequenos, com 75% do número total de fragmentos apresentando áreas inferiores a 3,2ha. Tal resultado indica um processo de fragmentação mais preocupante do que a relatada por Sanquetta e Mattei (2006), sendo verificado que menos de 11% dos fragmentos possuem áreas com mais de 10ha. Aproximadamente 6,7% da área total da paisagem é ocupada por fragmentos com menos de 10 ha, concentrados na porção oeste.

O processo de fragmentação é contido pela ocorrência de um perfil peculiar de agregação dos fragmentos na paisagem. Verificou-se que 41,58% da área total da paisagem consiste em fragmentos com mais de 10 ha, existindo um único fragmento superior a 100ha que se situa parcialmente na FLONA.

Há maior proporção de matriz e fragmentos pequenos na porção ocidental da paisagem, onde se concentra o uso agrícola, pecuária e silvicultura, e por outro lado, fragmentos maiores concentrados na porção oriental da paisagem, caracterizada por maiores altitudes e declividade. Nas áreas próximas à PR-151 e PR-090, de menores altitudes e relevo plano ou suave, mais distantes da rede hidrográfica e circundados por lavouras, pastagens ou plantios de pinus, concentram-se fragmentos de tamanho inferior a 10ha. Já nas áreas próximas aos cursos d'água ou com declive mais acentuado, concentram-se os fragmentos maiores e com formatos mais complexos.

A análise da conectividade estrutural revela alta proporção de áreas de borda, 13,3% da área total, sendo que 70% dos fragmentos estão totalmente sujeitos ao efeito de borda, restringindo o estabelecimento de espécies não generalistas. A disposição espacial dos fragmentos implica em baixa oferta de habitat, pois mais de 53% dos fragmentos está na vizinhança de outro fragmento a uma distância de até 20m, os seus vizinhos, nesse raio, possuem

área pequena. O índice de conectividade, considerando raio de busca para 100m, ao estimar que apenas 6,3% da área da paisagem é potencialmente conectável, também é um forte indicador do grau de fragmentação. Apenas 4,4% da área total da paisagem configura-se como corredores, ligando fragmentos maiores na paisagem. A rede hidrográfica constitui um elemento determinante dessa configuração estrutural, sendo que as métricas estruturais de forma e fractal evidenciaram concentração de fragmentos com formas mais complexas e alongados às margens dos cursos de água.

Em termos funcionais, a percepção sobre a conectividade da paisagem é variável, conforme o grupo considerado. Para espécies animais representativas na paisagem, de hábitos generalistas e com plasticidade ambiental, o perfil de tamanho e disposição dos fragmentos revelado pela análise estrutural não compromete seu deslocamento entre os elementos da paisagem, por serem capazes de habitar corredores, áreas de borda e pequenos fragmentos ou mesmo a matriz (habitat secundário). A maioria das espécies animais representativas na paisagem apresentam esse perfil percebem, portanto, uma paisagem conectada. Espécies animais especialistas, contudo, que exigem como habitat ou grandes áreas nucleares ou com capacidade de deslocamento inferior às distâncias entre fragmentos vizinhos verificadas na paisagem, percebem um cenário de fragmentação que compromete a conectividade funcional.

Para as espécies vegetais, mais do que a conectividade, o tipo funcional explica a sua representatividade na paisagem, sendo o estabelecimento nos fragmentos determinado principalmente pela presença de características ambientais (relevo, profundidade do solo, proximidade de corpos d'água) propícios. Assim, as características estruturais dos fragmentos, sua distribuição e relações de vizinhança constituem aspectos secundários à percepção da paisagem por essas espécies. Portanto, a fragmentação afeta a conservação da vegetação da paisagem, na medida em que ela depende da manutenção de fragmentos suficientemente heterogêneos para garantir condições ambientais adequadas aos diversos tipos funcionais de espécies e favoráveis aos processos de dispersão.

A análise da conectividade traz elementos relevantes ao planejamento para a conservação ambiental, na medida em que comprova que o avançado

processo de fragmentação da paisagem constitui um problema ecológico que deve ser discutido no Conselho Gestor da FLONA de Piraí do Sul e tratado dentro do Plano de Manejo, em elaboração. Áreas de matriz localizadas dentro da FLONA, atualmente utilizadas para a silvicultura de pinus devem ser utilizadas para ampliar a área de fragmentos e os dois maiores fragmentos da paisagem, situados parcialmente na FLONA, devem ser especialmente protegidos. Indica-se a inclusão na zona de amortecimento, das áreas situadas na porção oeste da paisagem, devendo ser estimuladas ações que aumentem a permeabilidade da matriz e contribuam à transformação dos falso-corredores em corredores verdadeiros e reduzam o isolamento de fragmentos atualmente considerados ilhas, como o uso de técnicas agroecológicas e a redução no uso de agrotóxicos. Nas áreas onde a silvicultura é praticada, especialmente nas porções leste e sudeste da paisagem, devem ser adotadas técnicas de exploração florestal de impacto reduzido e priorizada a formação de corredores verdadeiros.

No programa de monitoramento a ser estruturado no Plano de Manejo da FLONA, dado o avançado quadro de fragmentação da paisagem, indica-se a inclusão do monitoramento da conectividade estrutural e funcional da paisagem, já a curto prazo, para subsidiar ações ainda mais específicas de manejo da paisagem. Deve ser estruturado monitoramento específico da estrada interna principal da FLONA, que separa os dois maiores fragmentos da paisagem, visando o planejamento de ações que favoreçam os fluxos biológicos entre tais fragmentos. Nos programas de pesquisa, monitoramento e proteção, que devem compor o Plano de Manejo, ações voltadas ao incremento da conectividade devem ser priorizadas.

Assim, entende-se que a análise da conectividade estrutural e funcional forneceu elementos suficientes para compreender como a FLONA de Piraí do Sul se insere na paisagem, pela integração de informações físicas e ecológicas. Também permitiu a elaboração de considerações relevantes ao planejamento voltado à conservação ambiental da paisagem, a partir dos instrumentos de gestão da FLONA, considerações essas que podem subsidiar a incorporação, no Plano de Manejo, de critérios adequados ao enfrentamento do problema ecológico representado pelo comprovado quadro de fragmentação da paisagem.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, n. 18, IGEOG-USP, São Paulo, 1969.
- ALMEIDA, A.; BATISTA, J. L.; DAMASCENA, L. S.; ROCHA, W. J. S. F. Análise sobre a fragmentação dos remanescentes de Mata Atlântica na APA do Pratigi para identificar as áreas com maiores potenciais para a construção de corredores ecológicos baseados no método AHP. **AGIRÁS - Revista AGIR de Ambiente e Sustentabilidades**. Ibirapitanga, v. 2, n. 3, p. 31-43, Ago./Nov., 2010.
- ALMEIDA, D.; MARCHINHI, L.C.; SODRÉ, G. S.; D'ÁVILA, M.; ARRUDA, C. M. F. **Plantas Visitadas por abelhas e Polinização**. Piracicaba: ESALQ. 2003. 40 p.
- ALVES, L.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**. v.6, n. 2., 2006.
- AMARAL, I. Acerca de “paisagem”: Apontamentos para um debate. **Finisterra**. Lisboa, v. XXXVI, n. 72, p. 75-81, 2001.
- ANJOS, L. O ciclo anual de *Cyanocorax caeruleus* na floresta de araucária (Passeriformes: corvidae). **Ararajuba**. n. 2. p. 19-23, 1991.
- ANTONGIOVANNI, M.; METZGER, J. P. Influence of matrix habitats on the occurrence of insectivorous bird species in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**. n. 122, p. 441–451, 2005.
- ANTUNES, V. S. Área de uso e seleção de habitats por veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*; Fischer, 2014) no pantanal da Nhecolândia, MS. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). USP. 75p. 2012.
- BAGUETTE, M.; VAN DICK, H. Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. **Landscape Ecology**, v. 22, p. 1117–1129, 2007.
- BALDISSERA, R.; GANADE, G. Predação de sementes ao longo de uma borda de Floresta Ombrófila Mista e pastagem. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 161-165, 2005.
- BASLER, A. B.; MULLER, E. S.; PETRY, M. V. Frugivory by birds in *Myrsine coriacea* (Myrsinaceae) inhabiting fragments of mixed Araucaria Forest in the Aparados da Serra National Park, RS, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 17, n. 2, p. 113-120, 2009.
- BAZILIO, S.; BASTIANI, E. Levantamento de Mamíferos de Médio e Grande Porte na FLONA de Piraí do Sul, no Município de Piraí do Sul- Pr. **Relatório Técnico**. 2013. Não publicado.
- BEISEGEL, B. M.; MANTOVANI, W. Habitat use, home range and foraging preferences of the coati *Nasua nasua* in a pluvial tropical Atlantic forest area. **Journal of Zoology**, 269, 77-87, 2006.

BENNETT, A. F. **Enlazando el Paisaje: El Papel de los Corredores y la Conectividad en la Conservación de la Vida Silvestre**. San José, Costa Rica: UICN, 2004. 278pp.

BERTRAND G., Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de ciências da terra**, v. 13, p. 1-27, 1972.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007. 332 p.

BICCA-MARQUES, J.C. **How do Howler Monkeys cope with habitat fragmentation?** In: MARSH, L. K. (Ed.). *Primates in fragments: Ecology and Conservation*. New York: Plenum Publishers, 2003, p. 283-303.

BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBEN, A. M. Pollen movement within a continuous forest of wind-pollinated *Araucaria angustifolia*, inferred from paternity and TWOGENER analysis. **Conserv Genet.** n. 9, p. 855–868, 2008.

BÓLOS, M. I. C. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia**, v. 15, n. 1-2, p.45-68, 1981.

BORDIGNON, M.; MONTEIRO-FILHO, E. O serelepe *Sciurus ingrami* (Sciuridae: Rodentia) como dispersor do Pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae: Pinopyhta). **Arq. Ciên. Vet. Zool.** n 3, v. 2, p. 139-144, 2000.

BRASIL. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cadastro_uc>. Acesso 30 de abril de 2013.

BRASIL. Decreto de 2 de junho de 2004, da criação da Floresta Nacional de Piraí do Sul. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Dnn/Dnn10197.htm>. Acesso em 25 de novembro de 2014.

BRASIL. MMA/ SBF. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

BUSS, G. 2012. **Conservação do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) (PRIMATES, ATELIDAE) no entorno do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CACERES, N. C.; MONTEIRO-FILHO, ARAUJO, E. L. Germination in seed species ingested by opossums: implications for seed dispersal and forest conservation. **Braz. arch. biol. technol. [online]**. v. 50, n.6, pp. 921-928, 2007.

CADEMARTORI, C.V.; MARQUES, R.V.; PACHECO, S.M. Estratificação vertical no uso do espaço por pequenos mamíferos (Rodentia, Sigmodontinae) em área de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.10, n. 3, p. 191-198, 2008.

CÂNDIDO JUNIOR, J. F. The contribution of community ecology to choice and design of natural reserves. **Ciência e Cultura**, v. 45, n. 2, p.100-103, 1993.

CARVALHO, S. M.; CUNHA, F. C. A.; CAVICHIOLI, M. A. Paisagem: evolução conceitual, métodos de abordagem e categoria de análise da Geografia. *Formação* (Presidente Prudente), Presidente Prudente, v. 2, n.9, p. 309-348, 2002.

CASTELLA, P.R.; BRITEZ, R. M. B. A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 236p, 2004.

CEMIN, G; PERICO, E; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.705-711, 2009.

CHETKIEWICZ, C. L.B.; SAINT CLAIR, C. C.; BOYCE, M. S. Corridors for conservation: integrating pattern and process. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 37, p. 317-342, 2006.

CHIARELLO, A. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. **Biological Conservation**, n. 89, 71-82, 1999.

CID, B. **Reintrodução da cutia vermelha (*Dasyprocta leporina*) no Parque Nacional da Tijuca (Rio de Janeiro, RJ): avaliação dos procedimentos, determinação do sucesso em curto prazo e caracterização dos padrões espaciais**. Dissertação (mestrado em ecologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011. 133p

CLAVAL, P. **A geografia cultural**. 3 ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2007.

COCHAK, C.; BAZILIO, S. Avifauna da Floresta Nacional de Piraí do Sul, Região Centro-Leste do Paraná, PR. Trabalho de Conclusão de curso (Biologia). Universidade Estadual do Paraná. 2014

COLUSSI, J.; PRESTES, N. P. Frugivoria realizada por aves em *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (Myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e *Ilex paraguariensis* St. Hil. no norte do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 19, n. 1, p. 48-55, 2011.

CORRÊA, C.; CORNETA, C. M.; SCULTORI, C.; VON MATTER, S. Síndromes de dispersão em fragmentos de cerrado no município de Itirapina/SP. (sem dados da publicação).

COSTA, C. P. A. Frugivoria e dispersão de sementes por quatis (*Procyonidae: Nasua nasua*) no Parque nas Mangabeiras, Belo Horizonte, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 1998. 101 p.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Investigação Operacional**, v. 24, p. 109-137, 2004

CRISTOFOLINI C. **Dinâmica da Diversidade Genética de *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) Kuntze em paisagem de campo no estado de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). UFSC. 2013. 93p.

CUNHA, A. 1994. **Aspectos sócio-ecológicos de um grupo de bugios (*Alouatta fusca clamitans*) do Parque Estadual de Itapuã, RS. Dissertação (Mestrado em Ecologia)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994. 75p.

CUSHMAN, S. A.; EVANS, J.; MCGARIGAL; K. Landscape Ecology: Past, Present and Future. In: HUETTMANN, F; CUSHMAN, S. A. (eds.), Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation. Cap. 4. p. 65 – 82. Springer, 2009.

DAL CORNO, R. B. Biologia reprodutiva de curicaca (*Theristicus caudatus*) no sul do Brasil no domínio da Mata Atlântica. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Manejo da Vida Silvestre). UNISINOS. 2012. 60p.

DARIO, F. R. Avifauna em fragmentos florestais da mata atlântica no sul do Espírito Santo. **Biotemas**, n. 23, n. 3, p. 105-115, 2010

DIAZ, V. S. **Diversidade genética, estrutura genética espacial e fluxo gênico da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill) em dois fragmentos florestais na área de entorno do Parque Nacional do Iguaçu**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo/ ESALQ. 2013. 90p.

DUARTE, J. M. B.; VOGLIOTTI, A.; ZANETTI, E. S.; OLIVEIRA, M. L.; TIEPOLO, L. M.; RODRIGUES, L. F.; ALMEIDA, L. B. *Mazama gouazoubira* G. Fischer [von Waldheim], 1814, no Brasil. Avaliação do Risco de Extinção do Veado-catingueiro. **Biodiversidade Brasileira**. n. 3, p. 50-58, 2012.

DUDLEY, **Guidelines for Applying Protected Area Management Categories**. IUCN, 2008, 86 p.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxlas, Mexico. **International Journal of Primatology**, v. 17, n. 5, 1996.

FADINI, R. F.; MARCO JR, P. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. **Ararajuba**, v. 12, n.2, p. 97-103, 2004.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FAHRIG, L.; PALOHEIMO, J.E. Effect of spatial arrangement of habitat patches on local population size. **Ecology**, v. 69, p. 468-475, 1988.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2010.

FERREIRA, A. G.; KASPARY, R., FERREIRA, H. B.; ROSA, L. M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Brasil Florestal**. n.53, p. 29-33, 1983.

FERREIRA, P. I.; GOMES, J. P.; BATISTA, F., BERNARDI, A. P.; COSTA, N. C. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Espécies Potenciais para Recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2013.

FERREIRA, V. O. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v. 6, n. 2, 187-208, 2010.

FIGUEIRÓ, A. F. **Aplicação do zoneamento ambiental no estudo da Paisagem: uma proposta metodológica**. Dissertação (mestrado em utilização e conservação dos recursos naturais). Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 243 p.

FLOSS, P.A. **Variações genéticas entre populações naturais de *Ilex paraguariensis* St.Hil. (erva mate) avaliados em Chapecó, SC e Três Barras, SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). USP, 1994. 94 p.

FOERSTER, N. E. **Partilha Acústica, uso do sítio de vocalização e influência da heterogeneidade ambiental em uma taxocenose de anuros em um remanescente de floresta ombrófila mista**. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Paraná. 2014. 86p.

FONSECA, V. L. E.; SANTOS, I. A.; SANTOS-FILHO, P. S. S.; ENGELS, W.; RAMALHO, M.; WILMS, W.; AGUILAR, J. B. V.; PINHEIRO-MACHADO, C. A.; ALVES, D. A. A.; KLEINERT, A. M. P. Checklist das abelhas e plantas melitóflas no Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**. v. 11, sup. 1. Disponível em <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventor>>. Acessada em 25 jun 2014.

FONSECA, G.A.B. & J.G. ROBINSON. Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. *Biological Conservation*, v. 53, p. 265-294, 1990.

FONTOURA, S. B.; GANADE, G.; LAROCCA, J. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucaria forest and pasture in South Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v.29, n.1, p.79-91, 2006.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade Funcional e a Importância da interação organismo-paisagem. **Oecol. Bras.**, v. 11, n.4, p. 493-502, 2007.

FORMAN, R. T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. John Wiley, New York, 1986. 619p.

FUNDAÇÃO ABC. Dados agrometeorológicos da Estação de Piraí do Sul – Estação Mangueirinha. Relatório técnico. 2014. Não publicado.

GASCON, C.; LAURENCE, W.F.; LOVEJOY, T.E. Fragmentação florestal e Biodiversidade na Amazônia Central. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Org.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 112-127.

GRAZZINI, G. C. Identidade e diversidade de pequenos mamíferos não voadores da Floresta Nacional de Piraí do Sul, Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Paraná. 2014. 98 p.

GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELATTO, Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v.29, n.4, p.509-530, 2006

HAILA, Y. A Conceptual genealogy of fragmentation research: from island. Biogeography to landscape ecology. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p. 321–334, 2002.

HAMMER, O. **PAST**. Paleontological Statistics Version 2.00: Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. 1999-2010.

HARTZ, Sandra Maria ; PINHEIRO, G. C. ; MENDONCA-LIMA, A. ; DUARTE, Leandro da Silva . The Potential Role of Migratory Birds in the Expansion of Araucaria Forest. *Natureza & Conservação*, v. 10, p. 52-56, 2012.

HENRY, O. Frugivory and the importance of seeds in the diet of the range-rumped agouti (*Dasyprocta leporina*) in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**. v. 15, p. 291-300. 1999.

HERMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. A Paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**, v.35, n. 1, p. 13-22, 2005.

HILTY, J. A.; LIDICKER, W. Z.; MERENLENDER, A. M. Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, 2006. 345p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

ICMBIO. **Diagnóstico Socioambiental da Floresta Nacional de Pirai do Sul**. Pirai do Sul, 2014. Não publicado.

ICMBio. **Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos de Manejo de Florestas Nacionais**. 2009. 53 p.

JULIA, J. P. Autoecologia de la corzuela parda (*Mazama gouazoubira*, Fisher 1814) en el noroeste Argentina. **Tese**. Universidade de Salamanca. 2012.

KLEIN, R. M. **O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro**. Sellowia, v. 12, p. 17-45. 1960.

KORMAN, V. **Proposta de interligação das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passo Quatro, SP)**. Dissertação (mestrado em ecologia em agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003. 131 p.

KUHLMANN, M. **Adenda alimentar dos bugios**. Silvíc., v. 9, p. 57-62.1975.

LAMBERTS, A.V. D. H. **Predação e sobrevivência de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze em áreas de mata nativa e plantação de *Pinus eliotti* na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS**. Dissertação de mestrado. UNICAMP. 2003. 86p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 424p.

LARCHER, Iara; WILKERSON, Marit L. Wildlife Connectivity Approaches and Best Practices in U.S. State Wildlife Action Plans. **Conservation Biology**. v. 28, n. 1, 13–21, 2013.

LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. (Ed.) **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, 1997. cap. 23, p. 351- 365.

LAUSCHE; B.; FARRIER, D.; VERSCHUUREN, J; VINA, A. G. M; TROUWBORST, A.; BORN, C.H.; LAWRENCE, A. The Legal Aspects of Connectivity Conservation: a Concept Paper. **IUCN Environmental Policy and Law Paper**, v. 1, n. 85. 2013

LEAL, K. P. G. **Uso do Espaço por *Didelphis aurita* (Wied-Neuwied, 1826) em uma área fragmentada do sul de Minas Ferais**. Dissertação (mestrado em Ecologia Aplicada) Universidade Federal de Lavras. 2013. 86p.

LEVIN, S.A., MULLER-LANDAU, H. C.; NATHAN, R.; CHAVE, J. Ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. v. 34, p. 575-604, 2003.

LEYSER, G.; VINISKI, M.; DONIDAL, A. L.; ZANIN, E. M.; BUDKE, J. C. Espectro de Dispersão em um Fragmento de Transição entre FOM e FE na região do Alto Uruguai, RS, BR. **Pesquisa Botânica**. n. 60, p. 355–366, 2009.

LINDENMAYER, D. B.; CUNNINGHAM, R. B.; DONNELLY, C.F.; LESSLIE, R. On the use of landscape surrogates as ecological indicators in fragmented forests. **Forest Ecology and Management**, v. 159, p. 203–216, 2002.

LLAMBÍAS, P. E. How do Southern House Wrens *Troglodytes aedon musculus* achieve polygyny? An experimental approach. **Journal of Ornithology**, n. 153, p. 571–578, 2012.

LORETTO, D.; VIEIRA, M. V. The Effects of reproductive and climatic seasons on movements in the black-eared opossum (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826). **Journal of Mammalogy**. n. 86, v. 2, p. 287-293, 2005.

LOUGHRY, W. J.; COLLEEN, M. Patterns in a population of nine-banded armadillos (*Dasypus novemcinctus*). **Rev. Biol. Trop.**, v. 46, n.4, p. 161-169, 1998.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. E. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. *Evolution*, v. 17, N. 4. p. 373-387, 1963.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. O Conceito de Paisagem: Diversidade de Olhares. **Sociedade e Território**, v. 23., n. 2, p. 159-177, 2011.

MARCONDES, J. P.B.A; ANDRADE, A. L. P.; CARMO, M. R. B. Regeneração Antural e Banco de Sementes sob plantio de *Pinus Elliottii* na Floresta Nacional de Piraí do Sul, Paraná. Trabalho de conclusão de curso (Biologia). Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2014. 15p.

MARQUES, A. C. Planejamento da paisagem da Floresta Nacional de Três Barras (Três Barras – SC): Subsídios ao Plano de Manejo. Dissertação (Mestrado em Ciências da Terra). Universidade Federal do Paraná. 2007. 145 p.

MATISZIW, T.C.; MURRAY, A.T. Connectivity change in habitat networks. **Landscape Ecology**, v. 24, p. 89–100, out. 2009.

MATTOS, A. G. **Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. Sant. Hil) em exploração no planalto norte catarinense**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina. 2011. 175 p.

MATTOS, J.R. 1994. **O Pinheiro Brasileiro**. 2ª ed. Artes Gráficas Princesa Ltda, Lages, v.1. 225p.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. **Ecological Applications**, v. 12, p. 335–345, 2002.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. **Fragstats**: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA. United States Department of

Agriculture. General Technical Report. Pacific Northwest Research Station. n. 351, 1995. 122 p.

MELO, M. A.; CARVALHO, M. A.; MAGALHÃES, A. F. A. **Monitoramento ativo de aves translocadas por Depave-3, com ênfase em passeriformes: resultados, experiências e estudo de caso de *Saltator similis* d'Orbigny & Lafresnaye, 1837.** In: Centros de Triagem do Estado de São Paulo, Relatório de Atividades. p. 48-51. 2012.

MENDONÇA, F. de A.; VENTURI, L. A. B. Geografia e metodologia científica. In: **Simpósio de Geomorfologia.** Revista Geosul, n. especial, Florianópolis, 1998.

MERRIAM, G. Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. p. 5-15. In: BRANDT, J.; AGGER, P. (Eds.). **International seminar on methodology in landscape ecological research and planning**, 1. Roskilde: Roskilde University, 1984.

MERRIAM, G. Corridors and connectivity: animal populations in heterogeneous environments. In: SAUNDERS, D., HOBBS, R. J. (Es). **Nature conservation 2: the role of corridors.** Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, p. 133–142, 1991.

METZGER, J. P. How to deal with non-obvious rules for biodiversity conservation in fragmented landscapes? **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 4, n.2, p. 11-23, 2006.

METZGER, J. P. Estrutura da Paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Acad. Bras. Ci.** v.71, n.3-14, p.445-463, 1999.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza e Conservação**, v. 8, p. 92-99, 2010

METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 01-09, dez., 2001.

METZGER, J. P.; DÈCAMPS, H. The Structural Connectivity Threshold: an Hypothesis in Conservation Biology at the Landscape Scale. **Acta Oecologica - International Journal of Ecology**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.

METZGER, J.P.; PIVELLO, V. R.; JOLY, C. A. Landscape Ecology Approach in the Conservation and Rehabilitation of Riparian Forest Areas in S.E. Brazil. In: CHAVEZ, E. S.; MIDDLETON, J. La ecologia del paisaje como base para el desarrollo sustentable en America Latina. 1998. Disponível em <<http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html>>. Acesso em 15 dez 2014.

MICHALSKI, F.; PERES, C. A. Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. **Biol. Conserv**, v. 124, p. 383–396.2005

MILAN, E. Ecótonos Campo-Floresta na Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, Campos Gerais do Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado (Gestão do Território). Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2014. 92 p.

- MILANO, M. S. Conservação "in situ" e sistemas de unidades de conservação. In: Seminário Técnico sobre Estratégias de Conservação da Biodiversidade. FUNATURA. Brasília, 1991.
- MINEROPAR. Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006. 63p.
- MIRANDA, J. M. D.; PASSOS, F. C. Hábito alimentar de *Alouatta* (Humboldt) (Primates, Atelidae) em Floresta de Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 21, n. 4, p. 821–826, dezembro 2004.
- MORAES, P. L. R.; ALVES, M. C. Biometria de frutos e diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez e *Cryptocarya moschata* Nees (Lauraceae). **Biota Neotropica**. v. 2, n. 1, p. 1-11.
- MORO, R.S.; KACZMARECH, R.; PEREIRA, T.K.; CHAVES, C.C.; MILAN, E.; GELS, M.; MORO, R.F.; MIODUSKI, J. 2009. Perfil fitossociológico da vegetação da Floresta Nacional de Piraí do Sul, PR. **Relatório técnico**. Ponta Grossa: ICMBio/UEPG, p.49.
- MORO, R.S.; NANUNCIO, V.M.; DALAZOANA, K. A fragmentação natural de uma paisagem em mosaico: Campos Gerais do Paraná, sul do Brasil. In: SÁNCHEZ FLORES, E.; (Eds.) **Dinámicas locales del cambio global: aplicaciones de percepción remota y análisis espacial en la evaluación del uso del territorio**. Ciudad Juarez: UACJ, 2012. p. 51-78.
- NANUNCIO, V. M. Análise da fragmentação da vegetação florestal de Piraí da Serra, Campos Gerais do Paraná. Dissertação (mestrado em Geografia). Departamento de Geociências. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2009, 98 p.
- NASSAUER, J.I.; CORRY, R.C.; CRUSE, R. Alternative future landscape scenarios: A means to consider agricultural policy. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 2, p. 44-53, 2002.
- NAVEH, Z. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. **Landscape and Urban Planning**. n. 50, p. 7-26, 2000.
- NOSS, R.F. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. **Conservation Biology**, v. 15, n.3, p. 578– 590, 2001.
- NUCCI. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. Revista Eletrônica Geografar. V. 2, n. 1, p. 77-79, jan-jun 2007
- OLIVEIRA, A. A. B. A abordagem sistêmica no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. 10 ed. Anais. Rio de Janeiro: UERJ, 2003.
- PARDINI, R., SOUZA, S. M.; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J. P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, n.124, p.253-266, 2005.
- PARDINI, R.; BUENO, A. A. GARDNER, T. A; PRADO, P. I. METZGER, J. P. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. **Plos On**, v. 5, 2010.

PARDINI, R.; UMETZU, F. Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande – distribuição das espécies e da diversidade em uma área de Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, v. 6, n. 2. Disponível em < – <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00606022006>>. Acessada em 20 de outubro de 2014.

PEDÓ, E.; FREITAS, T. R. O.; HARTZ, S. M. The influence of fire and livestock grazing on the assemblage of non-flying small mammals in grassland–Araucaria Forest ecotones, southern Brazil. **Zoologia**. 2010; 27:533-40.

PENTEADO, M. J. F. Área de vida, padrões de deslocamento e seleção de habitats por Pumas (*Puma concolor*) e jaguatiricas (*Leopardus pardalis*), em paisagem fragmentada do estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Ecologia). UNICAMP, 2012. 139p.

PEREIRA JUNIOR, H. R. J.; BAGAGLI, E. Ecologia e Distribuição Espacial do Tatu de Nove Bandas, *Dasypus novemcinctus*, e sua relação com o fungo patogênico *Paracoccidioides brasiliensis*. **Rev. Instituto Superior de Engenharia, Arquitetura e Design**, n.3, p.63-79, 2011.

PEREIRA, T. K. **Padrões Estruturais e Funcionais das Paisagens Ripárias dos Rios Pitangui e Jotuba no primeiro Planalto Paranaense**. Dissertação (mestrado em Gestão do Território). Setor de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2012.

PERICO, E.; CEMIN, G.; LIMA, D. F. B.; REMPEL, C. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. Goiânia: 2000. p. 2339-2346.

PHILLIPS, S. J.; WILLIAMS, P.; MIDGLEY, G.; ARCHER, A. Optimizing dispersal corridors for the cape Proteaceae using network flow. **Ecological Applications**, v. 18, n. 5, 2008, p. 1200–1211.

PIRATELLI, A.; ANDRADE, V. A.; LIMA FILHO, M. Aves de fragmentos florestais em área de cultivo de cana-de-açúcar no sudeste do Brasil, *Iheringia*, v. 95, n. 2, p. 217-222, 2005.

PIRES, A. S.; LIRA, P. K.; FERNANDEZ, F. A. S.; SCHITTINI, G. M.; OLIVEIRA, L. C. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**. v.108, p. 229–237, 2002.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E.; PIRES, A. M. Z. C. R. Aspectos conceituais para a gestão biorregional. **Área Protegida: Conservação no âmbito do Cone Sul**. Pelotas, Cap. 8, p. 118-131, 2003.

PIRES, M. M. Y.; SOUZA, L. A. Morfoanatomia e aspectos da biologia floral de *Myrcia guianensis* (Aubletet) A. P. de Candolle e de *Myrcia laruotteana* Cambesse (Myrtaceae). **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 33, n. 3, p. 325-331, 2011.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECILIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise Espacial de Fragmentos Florestais na Bacia do Rio Itapemirim. **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.271-281, 2014.

PIVELLO, V. R.; METZGER, J. P. Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 21-29, 2007

PIVELLO, V.R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. cap. 24. p. 401-4013.

PIVELLO, V.R.; PETENON, D.; JESUS, F.M.; MEIRELLES, S.T.; VIDAL, M.M.; ALONSO, R.A.S.; FRANCO, G.C. & METZGER, J.P. 2006. Chuva de sementes em fragmentos de Floresta Atlântica (São Paulo, SP, Brasil), sob diferentes situações de conectividade, estrutura florestal e proximidade da borda. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 854-859.

PIZO, M. A.; SILVA, W. R.; GALETTI, M.; LAPS, R. Frugivory in cotingas of the Atlantic Forest of southern Brazil. **Ararajuba**. v. 10, n. 2, p. 177-185. 2002.

POZZO, R. R.; VIDAL, L. M. O Conceito Geográfico de paisagem e as representações sobre a ilha de Santa Catarina feitas por viajantes dos séculos XVIII e XIX. **Revista Discente Expressões Geográficas**, Florianópolis, n. 6, p. 111–131, jun.,2010.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Projeto "Manejo e Conservação do Bugio, *Alouatta clamitans* (Primates, Atelidae) na Região Metropolitana de São Paulo: aprimorando o programa de reintrodução". 2009. 132 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRAÍ DO SUL. Plano Diretor de Piraí do Sul. 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRAÍ DO SUL. Plano Municipal de Recursos Hídricos. CD-ROM.2007

PROCARNÍVOROS. Animais: Onça parda (*Puma concolor*). Disponível em <<http://www.procarnivoros.org.br/2009/animais1.asp?cod=34>>. Acessada em: 07 de junho de 2014.

PROCARNÍVOROS. Animais: Quati (*Nasua nasua*). Disponível em <<http://www.procarnivoros.org.br/2009/animais1.asp?cod=11>>. Acessada em 07 de junho de 2014.

PÜTTKER, T. Effects of fragmentation on use of vegetation structures, density, movement patterns and parasite load of selected small mammal species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic forest, Brazil. Dissertation (Doktorgrades des Fachbereichs Biologie). Universität Hamburg. 2007. 121p.

PÜTTKER, T.; MEYER-LUCHT, Y.; SOMMER, S. Movement distances of five rodent and two marsupial species in forest fragments of the coastal Atlantic rainforest, Brazil. **Ecotropica**. n. 12, p. 131-139, 2006.

RIBEIRO, J. F.; VIEIRA, E. M. Interactions between a seed-eating neotropical rodent, the Azara's agouti (*Dasyprocta azarae*), and the Brazilian 'pine' *Araucaria angustifolia*. **Austral Ecology**. v. 39, n. 3, p. 279–287, 2014.

RIBEIRO, M. A. G. A paisagem, uma ferramenta de análise para o desenvolvimento sustentável de territórios emergentes na interface entre natureza e Sociedade. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2009. 92p.

ROCHA, C. H.; MILANO, M. S. Comunidades Locais e unidades de conservação: pensando globalmente, agindo localmente. In: GESTION EM RECURSOS NATURALES – III CONGRESO INTERNATIONAL. **Anais...** Pucón: Sociedad de Vida Silvestre de Chile, 1993.

ROCHA, C.H. **Ecologia da Paisagem e manejo Sustentável em Bacias Hidrográficas: Estudo do Rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná.** Dissertação (mestrado– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1995.

SÁNCHEZ, R. O.; CARDOSO DA SILVA, T. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 47-53, abr./jun., 1995.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. (Org.). Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária. Curitiba: Multi-Graphic, 2006. 297 p.

SANT'ANA, L. C. F.; PASSOS, M. M.. SANT'ANA, T. C, F. A paisagem e a (re)construção do geográfico na interface sociedade natureza. In: IV Simpósio Paranaense da Pós-Graduação em Geografia, 2009, Marechal Cândido Rondon.

SANTOS, E. F. **Ecologia da cutia *Dasyprocta leporina* (Linnaeus, 1758) em um fragmento florestal urbano em Campinas-SP (Rodentia: Dasyproctidae).** Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, 2005. 73p.

SANTOS, M. M. G.; OLIVEIRA, J. M.; MULLER, S. C.; PILLAR, V. D. Chuva de sementes de espécies lenhosas florestais em mosaicos de floresta com Araucária e campos no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 25, n. 1, p. 160-167, 2011.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAURA, S.; VOGT, P; VELÁSQUEZ, J.; HERNANDO, A.; TEJERA, R. Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. *Forest Ecology and Management*. n. 262, p. 150-160, 2011.

SCHELLAS, J.; GREENBERG, R. **Forest patches in tropical landscapes.** Washington (DC): Island Press, 1997. 426p.

SCHIER, R. A. Trajetórias do Conhecimento da Paisagem na Geografia. **RA'E GA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.

SIGRIST, Tomas. Iconografia das Aves do Brasil. Bioma Cerrado. **Avis Brasilis**, p. 458 e 460, 2009.

SILVA, K. F. M. Ecologia de uma população de tatu-galinha (*Dasypus septemcinctus*) no cerrado do Brasil Central. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília. 2006. 43p.

SILVA, M. S. F. Padrões Espaciais de Alterações da Paisagem da Floresta Nacional do Ibura, Sergipe, Brasil. 30 anos de Contribuição à Geografia. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2013.

SILVEIRA, E. L. D. **Paisagem**: um conceito chave na geografia. Santa Maria: UFSM, 2009.

SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geografia e ecologia da paisagem: pontos para discussão. *Sociedade & Natureza*, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2013.

SMITH, M.A.; GREEN, D. M. Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? **Ecography**, n. 28, p. 110-128, 2005.

SOARES FILHO, B. S. Análise de Paisagem: Fragmentação e Mudanças. UFMG. 1998. (Apostila)

STEINMETZ, S. Ecologia e comportamento do bugio (*Alouatta fusca clamitans*) no Parque Estadual Intervales. Tese (doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia Física (?) Geografia Ambiental (?) ou Geografia e Ambiente (?). In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Org). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: UFPR, 2002.

TAYLOR, P.D.; FAHRIG, L; HENEIN, K.; MERRIAM, G. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, v. 68, p. 571-573, 1993.

TEIXEIRA, L.A.G.; MACHADO, I.C. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v.18, p. 853-862, 2004.

TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, Copenhagen, v. 90, p. 7-19, 2000.

TOGASHI, H. F. Interpretação da paisagem: uma tarefa interdisciplinar. **Revista Colombiana de Geografia**, n. 18, p. 71-81, 2009.

TRICART, J. A Geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico**, v.34, n.251, p. 15 - 42, 1976.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro: Ed. do autor, 4ª ed., 2000. 259 p.

TURNER, M. G. What is the State of the Science? **Rev. Eco. Evol. Syst.**, v. 36, p.319-344, 2005.

TURNER, M.; GARDNER, R.; O'NEILL, L. **Landscape ecology in theory and practice**. Nova York: Springer, 2001.

UEZU, A.; BEYER, D.D. & METZGER, J.P. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic Forest region? **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 8, p. 1907-1922. 2008.

UNICENTRO. *Ilex integerrima*. Disponível em <<http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/foto-fot/>>. Acessada em: 01 jun 2014.

VACCARO, S.; LONGUI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma

floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza - RS. **Ciência Florestal**. v.9, n.1, p.1-18, 1999.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v.12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/152994485/8-Conservacao-da-biodiversidade-em-fragmentos>>. Acesso em: 25 set. 2013.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

VOGT, P. **GUIDOS version 2.0: User Guide**. Joint Research Centre (JRC). Italy, p. 17, 2014.

WU, J. Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Parkworkshop. **Landscape Ecology**, v. 21, p.1-11, 2013.

WU, J.; HOBBS, R. Key issues and research priorities in landscape ecology: na idiosyncratic synthesis. **Landscape Ecology**, v. 17, p. 335 - 365, 2002.

YABE, R. S. Birds of Pantanal forest patches and their movements among adjacent habitats. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 17, n. 3-4, p. 163-172, 2009.

YAMAMOTO, L. F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 21, v. 3, p. 553-573. 2007.