

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

ELISANA MILAN

ECÓTONOS CAMPO-FLORESTA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA
ESCARPA DEVONIANA, CAMPOS GERAIS DO PARANÁ, BRASIL

PONTA GROSSA
2014

ELISANA MILAN

ECÓTONOS CAMPO-FLORESTA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA
ESCARPA DEVONIANA, CAMPOS GERAIS DO 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
2014

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

Milan, Elisana

M637 Ecótonos campo-floresta na área de
proteção ambiental da escarpa devoniana,
Campos Gerais do Paraná, Brasil/ Elisana
Milan. Ponta Grossa, 2014.
90f.

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

Orientadora: Profª Drª Rosemeri Segecin
Moro.

1.Ecologia de paisagem. 2.APA da
escarpa devoniana. 3.Estrutura da
paisagem. 4.Fragmentação natural. I.Moro,
Rosemeri Segecin. II. Universidade
Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em
Gestão do Território. III. T.

CDD: 577

TERMO DE APROVAÇÃO

ELISANA MILAN

"ECÓTONOS CAMPO-FLORESTA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ESCARPA DEVONIANA, CAMPOS GERAIS DO PARANÁ, BRASIL"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso 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. Roseneri Segecin Moro
UEPG

Prof^ª Dr^ª Lia Maris Ritter Antiqueira
USP

Prof. Dr. Isonel Sandino Meneguzzo
UEPG

Ponta Grossa, 31 de março de 2014.

Dedico a meu pai e minha mãe, razão da minha vida, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram nos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dr^a. Rosemeri Segecin Moro, a quem carinhosamente chamo de "mãe científica", pelo incentivo, orientação, paciência, atenção, amizade e ensinamentos, que desde a graduação vem dedicando a mim.

Ao colega e amigo Willian Samuel Santana da Roza, pelo inestimável auxílio em geoprocessamento, pelas conversas construtivas acerca do conhecimento geográfico e pela divertida companhia durante o curso e fora dele.

À Ingrid Gomes, Átila Santana e Joel Zubek também pelo auxílio com as geotecnologias.

À colega e amiga Christiane Niedzielski de Lima pelo companheirismo, amizade, parceria e paciência ao ouvir meus desabafos.

Ao Professor Dr. Nicolas Floriani por oportunizar o estágio docente em sua disciplina no curso de Biologia (UEPG).

Aos professores Drs. Luiz Carlos Alatorre (UACJ - México) e Silvia Meri Carvalho (UEPG), membros da banca de qualificação, pelas construtivas sugestões.

Aos professores do Mestrado em Gestão do Território, pelo conhecimento compartilhado durante o curso e pelos diversos "toques geográficos".

A Luiz Augusto Diedrichs e Tadeu Capriotti, do IAP Ponta Grossa (ERPGO - SUCPG), profissionais que tive o privilégio de conhecer e poder trabalhar durante o estágio curricular da graduação, pelo apoio durante a seleção ao mestrado.

À Karine Dalazoana, pelos apontamentos acerca do pré-projeto para seleção ao mestrado e incentivo.

Ao projeto Sisbiota 2010, pela bolsa CAPES concedida, que oportunizou a realização deste trabalho.

À Gabriela, Mariana, Gustavo B. e Gustavo M., Leilane, Paulo, Rodrigo, Mozart, Taíse, Rosicleide e Camila, pela valiosa amizade, pela compreensão nos momentos que me fiz ausente, pela paciência nas horas difíceis, por ouvir os desabafos, pelas palavras e gestos de conforto e carinho.

Agradecimentos especiais aos meus pais Sabino Agostinho Milan e Elenir Maria Barbieri Milan e minha família (irmã Ana Paula, sobrinhos Alana e Pedro Otávio, tios Gilnei e Dirley), pelo apoio e incentivo na concretização dos meus objetivos.

E por último, mas não menos importante, a Deus, por sempre se fazer presente em minha vida, me guiando e iluminando meu caminho.

Enfim, a todos aqueles que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Ecótonos constituem uma zona de transição entre sistemas ecológicos adjacentes com uma série de características definidas exclusivamente por escalas espaciais e temporais e pela intensidade das interações entre estes sistemas. Sendo este conceito ecológico multiescalar, considera-se toda a região da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana um ecótono, uma vez que a mesma se configura como uma área de transição entre habitats campestres e florestais. Além disso, a elevada diversidade biológica e de ambientes caracteriza a região como sendo de grande relevância ecológica dentro do Bioma Mata Atlântica, suscitando estudos para a compreensão da realidade regional no intuito de minimizar impactos, equilibrando o uso e a conservação. Neste sentido, este estudo busca analisar a estrutura da paisagem através dos padrões espaciais resultantes de processos ecológicos envolvidos no ecótono campo-floresta da região. Para tanto, através da ótica da Ecologia da Paisagem, analisou-se a composição e estrutura da paisagem em seis áreas selecionadas: duas unidades de conservação (áreas controle) e quatro áreas manejadas (áreas amostrais). Por meio de geoprocessamento nos programas Envi 4.7 e ArcGis 9.3, as imagens foram preparadas para a análise da paisagem nos programas Guidos 1.3 e Fragstats 2.0. Os resultados apontam para uma paisagem florestal bastante fragmentada, oportunizando uma multiplicidade de ecótonos potenciais com a matriz campestre. A maioria dos fragmentos é de tamanho pequeno, inferior a 10 ha, isodiamétricos, apresentando, entretanto, pouca abrangência em termos de área ocupada na paisagem. Por outro lado, em número muito reduzido, destacam-se na paisagem os fragmentos grandes, superiores a 100 ha. Do ponto de vista ecológico, os grandes fragmentos podem agir mantendo a diversidade biológica ao funcionar como áreas fontes, ao passo que os fragmentos pequenos atuariam como trampolins ecológicos, refúgios ou ainda, especula-se, na nucleação florestal. A geomorfologia é o principal fator controlador da conformação estrutural dos fragmentos e cerca de 41% da paisagem suportam ecótonos campo-floresta.

Palavras chave: Ecologia de Paisagem, APA da Escarpa Devoniana, Estrutura da Paisagem, Fragmentação Natural.

ABSTRACT

Ecotones are transition zones between adjacent ecological systems with a number of characteristics uniquely defined by spatial and temporal scales and intensity of interactions between these systems. Once this ecological concept of ecotone is multiscale, it was considered whole the Escarpa Devoniana Environmental Protection Area region as ecotonal, since it is configured as a transition area between grassland and forest habitats. Moreover, the high biological and environment diversity characterize the region as supporting great ecological significance within the Atlantic Forest Biome, arising studies to understand the regional reality in order to minimize impacts, balancing use and conservation. In this sense, this study aims to analyze the landscape structure through spatial patterns as resulted from ecological processes involved in field-forest ecotones within the region. So, through the perspective of the landscape ecology, it was analyzed the composition and structure of six selected areas: two conservation units (control areas) and four managed areas (sample areas). Through the geoprocessing Envi 4.7 and ArcGIS 9.3 softwares, the images were prepared to perform Guidos 1.3 and Fragstats 2.0 softwares. The results point to a highly fragmented forest landscape, providing opportunities for a multitude of potential ecotones with the grassland matrix. The patches are mostly of small size, under 10 ha, isodiametrics, however, few representative in terms of occupied area in the landscape. On the other hand, some large patches, over 100 ha, stand out in the landscape. From the ecological perspective, large patches can act maintaining biodiversity by acting as source areas, whereas small one would act as stepping-stones, refuges or forest nucleators. Geomorphology is the main controlling factor of the structural conformation of the patches and almost 41% of the landscape are under ecotones.

Keywords: Landscape Ecology, Escarpa Devoniana Environment Protection Area, Landscape structure, Natural Fragmentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplos de níveis hierárquicos de ecótonos.....	25
Figura 2	Esquema geomorfológico do estado do Paraná.....	27
Figura 3	Cartograma de distribuição potencial das formações vegetais ecotonais no sul do Brasil.....	28
Figura 4	Localização da APA da Escarpa Devoniana no estado do Paraná e delimitação das áreas selecionadas.....	29
Figura 5	Exemplos de feições geomorfológicas encontradas na APA da Escarpa Devoniana, estado do Paraná.....	31
Figura 6	Exemplos de rios situados na APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná.....	32
Figura 7	Usos da terra na APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná, com a delimitação das seis áreas estudadas.....	35
Figura 8	Distribuição das unidades fitoecológicas do Estado do Paraná.....	36
Figura 9	Feições da vegetação da APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná.....	36
Figura 10	Parque Estadual do Guartelá, Tibagi (PR) - área controle 1.....	38
Figura 11	Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa (PR) - área controle 2.....	39
Figura 12	Parque Nacional dos Campos Gerais, Ponta Grossa (PR) - área amostral.....	40
Figura 13	Piraí da Serra, Piraí do Sul (PR) - área amostral.....	41
Figura 14	Porção norte da bacia do Rio São João, Carambeí (PR) - área amostral.....	42
Figura 15	São Luiz do Purunã, Balsa Nova/Campo Largo (PR) - área amostral.....	43
Figura 16	Cartograma de hipsometria da área amostral São Luiz do Purunã (Balsa Nova, PR).....	45
Figura 17	Cartograma de hipsometria da área controle Parque Estadual do Guartelá (Tibagi, PR).....	46
Figura 18	Cartograma de hipsometria da área controle Parque Estadual de Vila Velha (Ponta Grossa, PR).....	47
Figura 19	Cartograma de hipsometria da área amostral Piraí da Serra (Piraí do Sul, PR).....	48
Figura 20	Cartograma de hipsometria da área amostral Rio São João (Carambeí, PR).....	49
Figura 21	Cartograma de hipsometria da área amostral Parque Nacional dos Campos Gerais (Ponta Grossa, PR).....	50

Figura 22	Diagrama de blocos representando os procedimentos metodológicos.....	53
Figura 23	Contribuição da quantidade de fragmentos em cada classe na área total ocupada pelos fragmentos na paisagem.....	63
Figura 24	Perfil esquemático dos capões encontrados na APA da Escarpa Devoniana.....	65
Figura 25	Perfil esquemático de um fragmento encaixado em cânion e as métricas de borda relacionadas ao plano de observação considerado.....	68
Figura 26	Elementos classificados da paisagem para o PEG, Tibagi (PR).....	69
Figura 27	Elementos classificados da paisagem para o PEVV, Ponta Grossa (PR).....	70
Figura 28	Elementos classificados da paisagem para o PNCG, Ponta Grossa (PR).....	71
Figura 29	Elementos classificados da paisagem para Piraí da Serra, Piraí do Sul (PR).....	72
Figura 30	Elementos classificados da paisagem para a bacia Rio São João, Carambeí (PR).....	73
Figura 31	Elementos classificados da paisagem para São Luiz do Purunã, Balsa Nova/Campo Largo (PR).....	74
Figura 32	Análise de agrupamento dos valores relativos de matriz, área nuclear e bordas nos locais estudados.....	75
Figura 33	Esquema ilustrativo das relações interpretadas pelo índice PROX, em função do tamanho da área em foco A e seus vizinhos mais próximos, dentro de um mesmo raio de busca	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características das áreas estudadas.....	37
Tabela 2	Porcentagem de área ocupada em cada classe na paisagem.....	58
Tabela 3	Índices de diversidade e uniformidade para as áreas estudadas.....	59
Tabela 4	Porcentagem da paisagem potencialmente ecotonal para as áreas estudadas.....	59
Tabela 5	Classes de tamanhos dos fragmentos florestais nas áreas estudadas.....	61
Tabela 6	Parâmetros do tamanho dos fragmentos nas áreas estudadas.....	62
Tabela 7	Classes dos índices de forma (SHAPE) para as áreas estudadas.....	64
Tabela 8	Classes da dimensão fractal (FRACT) para as áreas estudadas.....	65
Tabela 9	Densidade dos fragmentos nas áreas estudadas.....	66
Tabela 10	Elementos da paisagem calculados para as áreas estudadas.....	68
Tabela 11	Distâncias do Vizinho Mais Próximo (VMP) para os fragmentos nas áreas estudadas.....	76
Tabela 12	Valores médios, mediana e desvio padrão do Vizinho Mais Próximo (VMP) para os fragmentos nas áreas estudadas.....	76
Tabela 13	Valores do índice de proximidade (PROX) calculados para as áreas estudadas.....	77
Tabela 14	Valores do índice de conectividade (CONNECT) calculados para as áreas estudadas.....	80

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 MARCOS CONCEITUAIS	13
1.1 O CONCEITO POLISSÊMICO DE PAISAGEM	13
1.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM	15
1.2.1 Uma proposta de síntese	15
1.2.2 Paradigmas e principais teorias	17
1.2.3 Elementos de análise em Ecologia da Paisagem	19
1.3 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ESCARPA DEVONIANA: ECÓTONO CAMPO-FLORESTA	21
1.3.1 O conceito de ecótono	21
1.3.2 Ecótonos e escalas de análise	24
1.3.3 Funções dos ecótonos	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ESCARPA DEVONIANA	27
2.1.1 Biogeografia da APA da Escarpa Devoniana	27
2.1.2 Geomorfologia	30
2.1.3 Clima	30
2.1.4 Hidrografia	31
2.1.5 Uso da terra	32
2.1.6 Vegetação	32
2.2 ÁREAS ESTUDADAS	37
2.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	51
2.3.1 Materiais	51
2.3.2 Métodos	52
2.3.3 Métricas de análise da estrutura da paisagem	54
2.3.4 Explicitação das métricas empregadas	54
2.3.5 Estatística empregada	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1 DIVERSIDADE DA PAISAGEM	58
3.2 TAMANHO E FORMA DOS FRAGMENTOS	60
3.3 FRAGMENTAÇÃO E CONECTIVIDADE DA PAISAGEM	65
4 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83

INTRODUÇÃO

Ressaltando a interação entre os processos ecológicos e os padrões espaciais onde os mesmos ocorrem, a Ecologia da Paisagem é o ramo da ciência que procura reconhecer os agentes e as implicações resultantes da heterogeneidade espacial do ambiente, sempre considerando, numa determinada escala, os recortes espacial e temporal (METZGER, 2001).

Um dos processos ecológicos que vem suscitando vários estudos tem sido a fragmentação. Ainda que na atualidade a maior parte dos processos de fragmentação da paisagem ocorram por influência antrópica, há aqueles que resultam da dinâmica natural, relacionadas principalmente às flutuações climáticas (BEHLING, 1997), fatores edáficos, topográficos, hidrológicos e/ou geomorfológicos (CONSTANTINO; BRITEZ; CERQUEIRA, 2005; MILAN; MORO, 2012; MORO; NANUNCIO; DALAZOANA, 2012).

Dentre os processos naturais há os padrões em mosaico gerados pela alternância entre habitats campestres e florestais que oferecem processos ecológicos ecotonais bastante complexos na paisagem do sul do Brasil (MORO; NANUNCIO; DALAZOANA, 2012). Ainda se destaca, no âmbito dos processos naturais que desenham algumas paisagens ecotonais no sul do Brasil, a irradiação de pequenos bosques (capões) dissociados de áreas fontes maiores. Para Yarranton e Morrison (1974), este processo de nucleação é o responsável pelo avanço da floresta sobre o campo através da facilitação realizada por determinadas espécies.

Os Campos Gerais, em termos biogeográficos, estão incluídos nos Campos Sulinos (MMA/SBF, 2007), ecossistemas campestres do bioma Mata Atlântica nas partes planálticas do Estado do Paraná (IBGE, 2012). Assim, com o objetivo de assegurar a proteção deste ambiente particular, constituído pelas formações geológicas marcantes, pelo limite natural entre planaltos e remanescentes de ecossistemas representativos, foi criada a Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, no ano de 1992 (PARANÁ, 1992). Desta forma, este trabalho busca analisar a estrutura da paisagem através dos padrões espaciais resultantes de processos ecológicos envolvidos no ecótono campo-floresta da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana, visando fornecer subsídios à gestão dos recursos naturais e planejamento ambiental regional, assim como compreender sua

organização funcional. Os objetivos específicos são: (i) analisar a estrutura espacial dos fragmentos florestais, dentro das áreas selecionadas; (ii) calcular as métricas da paisagem relativas à fragmentação e buscar a emergência de possíveis padrões na estrutura da paisagem; (iii) classificar os elementos funcionais da paisagem (bordas, áreas centrais, corredores, ilhotas, matriz, etc); (iv) analisar sua conectividade estrutural.

Este estudo faz parte do projeto *Biodiversidade dos campos sulinos e ecossistemas florestais associados: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável*, do edital CNPq/CAPES Sisbiota 2010 que, dentre outros objetivos, pretende investigar padrões taxonômicos, funcionais e filogenéticos de organização de espécies da flora e da fauna em comunidades biológicas características dos campos e ecótonos campo-floresta nos três estados sulinos.

1 MARCOS CONCEITUAIS

1.1 O CONCEITO POLISSÊMICO DE PAISAGEM

Pensar a Geografia requer uma revisão dos conceitos-chave - espaço, lugar, território, região e paisagem - que guardam entre si forte relação e concebem identidade e autonomia a esta ciência. Pertencendo, ao mesmo tempo, ao domínio das Ciências da Terra e ao das Ciências Humanas, a Geografia tem por objeto próprio a compreensão do processo interativo entre sociedade e natureza, produzindo, como resultado, um sistema de relações e de arranjos espaciais que se expressam por unidades paisagísticas identificáveis (BRITTO; FERREIRA, 2011). Cada um dos conceitos tem sido foco de amplo debate, suscitando várias acepções, de acordo com uma ordem de pensamento que leva em consideração a formação intelectual do pesquisador e os interesses relacionados à pesquisa que permitem avanços na teoria geográfica.

Sendo a paisagem o conceito fundante deste estudo, dependendo do enfoque adotado e dos fatores envolvidos, sua definição pode apresentar diversos significados, que podem ser tanto abrangentes como específicos, estando relacionados às áreas do conhecimento que sobre elas se debruçam (EMÍDIO, 2006). Dentro da Geografia, o caráter polissêmico da paisagem exige um posicionamento entre as múltiplas abordagens geográficas adotadas e dependente das influências culturais e discursivas entre os geógrafos. Esta elasticidade demonstra, na realidade, uma complexidade do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural (BRITTO; FERREIRA, 2011).

A categoria paisagem permite refletir sobre as bases de fundamentação do conhecimento geográfico e insere-se no debate sobre a complexidade da abordagem integrada entre a natureza e a cultura nas ciências sociais (VITTE, 2007). A noção de paisagem sempre acompanhou a humanidade, uma vez que a sobrevivência dos seres humanos sempre dependeu de sua relação com o meio. Entretanto, a formulação de um conceito de paisagem começa a se manifestar mais claramente a partir das representações artísticas, tanto do Oriente quanto no Ocidente. Na Antiguidade o ambiente fora do controle humano era olhado com

desconfiança e entendido como elemento hostil, daí serem construídos jardins fechados para cultivo, lazer ou contemplação (MAXIMIANO, 2004).

É na Geografia Tradicional (1870-1950), na Alemanha, que o conceito de paisagem (*Landschaft*) é privilegiado, juntamente com o de região, girando em torno deles a discussão sobre o objeto da geografia e a sua identidade no âmbito das demais ciências. Nesse momento, os debates incluíam os conceitos de paisagem, região natural e região paisagem, assim como os de paisagem cultural, gênero de vida e diferenciação de áreas, abordadas com um caráter descritivo (BRITTO; FERREIRA, 2011).

Durante a emergência da Geografia Teorética Quantitativa, na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos, principalmente na década de 1960 a meados de 1970, a Geografia sofreu profundas modificações, adotando-se a visão da unidade epistemológica da ciência, calcada nas ciências da natureza, principalmente na Física. Nessa fase, a geografia passa a ser considerada como ciência social e/ou uma ciência espacial, fato que se reduz a importância do conceito de paisagem e promove-se o conceito de espaço, que adquire uma posição de conceito-chave na Geografia (CORRÊA, 2008).

A Geografia Crítica (década de 1970), surgida na França, mantém o espaço como o conceito-chave, embora marcando uma revolução à medida que buscou romper com a Geografia Tradicional e a Geografia Teorética. Intensos debates entre os geógrafos marxistas e não-marxistas ocorrem a partir daquela década. O espaço é concebido como o *locus* da reprodução das relações sociais de produção, isto é, reprodução da sociedade. Dessa maneira, sociedade e espaço deveriam ser trabalhados concomitantemente a partir de uma formação sócio-espacial, que por sua vez, pode ser considerada como um paradigma, que contém e estão contidos nos conceitos-chave, de natureza operativa, de **paisagem, região, espaço, lugar e território** (CORRÊA, 2008).

Paralelamente à Geografia Crítica, as décadas de 1970 e 1980, viram também o surgimento da Geografia Humanista e Cultural, respectivamente, assentadas na fenomenologia, no existencialismo, na subjetividade, intuição, nos sentimentos, na experiência, no simbolismo, privilegiando o singular e a compreensão como base de inteligibilidade do mundo real. Nessa fase, o conceito de paisagem é revalorizado, assim como o conceito de região. O lugar passa a ser o conceito-chave e o espaço, ganha o significado de “espaço vivido” (CORRÊA, 2008).

Paisagens são, portanto, em quase todas as abordagens dos séculos XIX e XX, entidades espaciais que dependem da história econômica, cultural e ideológica de cada grupo regional e de cada sociedade e, se compreendidas como portadoras de funções sociais, não são produtos, mas processos de se conferir ao espaço significados ideológicos ou finalidades sociais com base nos padrões econômicos, políticos e culturais vigentes (SCHIER, 2003).

Retornando a Geografia Física (no período da Geografia Crítica), a visão da paisagem foi ampliada com a incorporação, gradativa, do termo ecossistema em substituição a paisagem, focando mais nos elementos funcionais, integrativos, e menos na parte descritiva. Esta percepção da unidade da paisagem por meio das relações dos ecossistemas concorre, em muito, durante os anos 80, a incorporação das ideias de desenvolvimento sustentável e do ecocentrismo. Nesse aspecto, a paisagem volta a tomar corpo tanto como objeto de exploração por grupos econômicos como objeto de interesse de proteção de uma coletividade com certa consciência ambiental. Ocorre que, especificamente, a visão ecossistêmica perde um pouco sua espacialidade, tornando-se mais biológica e menos geográfica. Assim, a multidisciplinaridade ganha força no estudo do meio ambiente e da geografia (SCHIER, 2003).

1.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM

1.2.1 Uma proposta de síntese

A Ecologia da Paisagem caracteriza-se por uma dicotomia em seu surgimento, com duas visões diversas de paisagem. O termo “Ecologia da Paisagem”, cunhado pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, em 1939, emergiu para designar uma disciplina científica interativa entre a Geografia e a Ecologia, combinando, na prática, o estudo espacial dos fenômenos e as interações funcionais de um dado lugar (NAVEH; LIEBERMAN, 1984). Para Troll, a paisagem seria “uma entidade espacial e visual”, cuja noção básica é a heterogeneidade do espaço habitado pelo homem. Para Metzger (2001), esta abordagem foi fortemente influenciada pela Geografia Humana, pela Fitossociologia e pela Biogeografia, além das vertentes da Geografia que envolvem o planejamento regional, sendo então a espacialidade a noção básica de paisagem. Esta visão holística ou sistêmica busca

um entendimento sobre a paisagem em seus componentes naturais, físicos e humanos (EMÍDIO, 2006).

A retomada da Ecologia da Paisagem por biogeógrafos e ecólogos americanos, na década de 1980, influenciada pela ecologia de ecossistemas, pela modelagem e pela distribuição de espécies e repartição de recursos, levou à abordagem ecológica. Esta se contrapõe à geográfica ao enfatizar as paisagens naturais, com pouco ou nenhuma ação antrópica, dando maior destaque à aplicação de conceitos para a conservação da diversidade biológica e ao manejo de recursos naturais, não necessariamente sob macro escalas. A escala espaço-temporal de análise dependerá da espécie sob o foco de estudo. Nesta abordagem, vários pesquisadores propõem definições para a paisagem, podendo esta ser considerada uma área heterogênea composta por conjuntos interativos de ecossistemas (FORMAN; GODRON, 1986); um mosaico de relevos, tipos de vegetação e formas de ocupação (URBAN; O'NEILL; SHUGART, 1987); ou ainda simplesmente uma área espacialmente heterogênea (TURNER, 1989). Ainda segundo Turner (1989), o propósito nessa abordagem é o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos ecológicos.

Ressaltando a interação entre os processos ecológicos e os padrões espaciais onde os mesmos ocorrem, a Ecologia da Paisagem é o ramo da ciência que procura reconhecer os agentes e as implicações resultantes da heterogeneidade espacial do ambiente, sempre considerando, numa determinada escala, os recortes espacial e temporal (METZGER et al., 2007). Para diversos pesquisadores (FORMAN; GODRON, 1981; TURNER; GARDNER; O'NEILL, 2001; TURNER, 2005; CUSHMAN; EVANS; McGARIGAL, 2010), a Ecologia da Paisagem não é apenas um ramo da ciência, mas uma ciência relacional de muitas áreas do conhecimento como a Geografia, Ecologia, Sensoriamento Remoto, Sociologia, Economia, entre outras, com um foco nos padrões espaciais e temporais da paisagem. Esta abordagem foi fortemente influenciada pelas facilidades de análise de imagens de satélite, tendo sido desenvolvida uma vasta literatura sobre procedimentos e métricas de quantificação da estrutura da paisagem (TURNER; GARDNER, 1991; RIITTERS et al., 1995; McGARIGAL; MARKS, 1995; GUSTAFSON, 1998). Desde então avanços se deram em direção às bases teóricas relacionadas à mudança de paradigma das ciências ambientais, e especialmente em

direção às bases aplicadas, em vista do grande desenvolvimento dos Sistemas de Informação e das geotecnologias (PORTO, 2007; LANG; BLASCHKE, 2009).

Recentemente a análise do padrão espacial tem se voltado cada vez mais a elucidar processos ecológicos em complexas paisagens heterogêneas (JOLY et al., 2001; RENJIFO, 2001; SUMMERVILLE; CRIST, 2001; LOVETT et al., 2005; CUSHMAN; HUETTMANN, 2010). Segundo Metzger (2001), na abordagem geográfica o mosaico heterogêneo é visto através dos olhos humanos, de suas necessidades, anseios e planos de ocupação territorial. Como o homem consegue agir não só em pequenas, mas também em amplas extensões de seu território, a Ecologia da Paisagem deve trabalhar com escalas espaciais e temporais amplas. Já na abordagem ecológica, o mosaico é considerado como um conjunto de habitats que apresentam condições mais ou menos favoráveis para a espécie ou a comunidade estudada. Assim, o olhar sobre a paisagem é feito através destas espécies, de suas características biológicas e de suas necessidades em termos de área de vida, alimentação, abrigo e reprodução. Dentro desta perspectiva, a escala espaço-temporal de análise não é obrigatoriamente ampla, como na primeira abordagem, e sim dependente da escala de ação/percepção da espécie/comunidade estudada.

1.2.2 Paradigmas e Principais Teorias

Algumas teorias que formam o arcabouço teórico da Ecologia da Paisagem auxiliam na compreensão de paisagens heterogêneas. A Teoria da Biogeografia de Ilhas (MacARTHUR; WILSON, 1963) chamou a atenção para os processos ecológicos que ocorrem em pequenas porções isoladas de habitats terrestres, analogamente comparadas aos que ocorrem em ilhas oceânicas (CUSHMANN; EVANS; McGARIGAL, 2010). O modelo de paisagem binário de habitat e matriz (não-habitat) daí derivado levou ao desenvolvimento de todo um conjunto de métricas de espacialização baseado em distâncias entre fragmentos (McGARIGAL; MARKS, 1995). O problema geral com a aplicação dessa teoria clássica para habitats terrestres é o fato de esses ecossistemas serem muito mais complexos que a relativa simplicidade do modelo estático de ilhas biogeográficas, em particular pelo fato de a matriz poder desenvolver múltiplas e diferentes funções dependendo do organismo focado (HILTY; LIDICKER; MERENLENDER, 2006).

O segundo maior paradigma conceitual da Ecologia de Paisagem é o modelo dinâmico de paisagem em mosaico (CUSHMAN; EVANS; McGARIGAL, 2010), onde a paisagem é vista, como já foi comentado, da perspectiva de um processo ecológico ou de um organismo em particular. Fragmentos de habitats estão cercados por outros fragmentos mais ou menos similares, em oposição aos altamente contrastantes e frequentemente hostis habitats da Teoria de Ilhas.

Da Teoria das Metapopulações, proposta pelo ecólogo norte-americano Levins, em 1969, derivaram os modelos onde conjuntos de subpopulações interconectadas funcionariam como unidades demográficas, existindo simultaneamente em áreas distintas. Essa teoria é especialmente importante ao se analisar a dinâmica populacional regional ou a fragmentação de habitats devido à destruição de manchas de habitats e a eliminação de lugares que suportam uma subpopulação de uma metapopulação (IGARI, 2007). A conectividade é estimada em função do quanto o movimento é facilitado ou impedido pelas diferentes coberturas do solo ao longo da paisagem (CUSHMANN; EVANS; McGARIGAL, 2010).

Para análises de resistência de movimento, merece destaque a Teoria da Percolação, proposta por Broadbent e Hammersley, nos anos 1950, como um modelo matemático de propagação em meios aleatórios, que confronta os padrões espaciais com sistemas construídos randomicamente (IGARI, 2007). A teoria propõe que mudanças rápidas no tamanho, número e formato de áreas em uma paisagem interferem no movimento de algumas espécies (METZGER; DÉCAMPS, 1997). Hilty, Lidicker e Merenlender (2006) ampliam o conceito para a escala de metacomunidades, sendo estas o arranjo de fragmentos ou manchas de um tipo particular de comunidade variavelmente conectada por dispersores. O conceito transfere o foco do movimento individual de espécies ou organismos para considerar grupos de espécies, as comunidades. As metacomunidades, de maneira semelhante às metapopulações, apresentariam um equilíbrio dinâmico entre extinção e recolonização.

Finalmente, transitar por populações ou comunidades envolve aceitar os princípios da Teoria Hierárquica de Sistemas, porém sistemas ecológicos podem frequentemente ser mais acuradamente descritos através de um sistema de gradientes multiescalar (CUSHMAN; LITTELL; McGARIGAL, 2010).

1.2.3 Elementos de análise em Ecologia da Paisagem

A Ecologia da Paisagem é baseada, de modo geral, em três características do espaço natural, de acordo com Forman e Godron (1986):

- *Estrutura*: corresponde às relações espaciais existentes entre ecossistemas ou elementos distintos presentes no espaço – diz respeito à distribuição de matéria, energia e espécies em relação a tamanho, forma, número, tipo e configurações de ecossistemas;
- *Função*: corresponde aos fluxos de matéria, energia e espécies entre os componentes do ecossistema, isto é, as interações entre os elementos no espaço;
- *Mudança*: análise das alterações, ao longo do tempo, da estrutura e função ecológicas da paisagem.

Alguns termos comumente utilizados na Ecologia da Paisagem são definidos por Forman (1995), Turner, Gardner e O'Neill (2001) e Metzger (2001):

- *Heterogeneidade*: consiste em elementos dissimilares em qualidade ou estado, com diferentes tipos de habitats ou cobertura, ocorrendo na paisagem.
- *Mancha*: área da paisagem que difere dos arredores em aparência e natureza.
- *Corredor*: faixa relativamente estreita de um tipo particular que difere das áreas adjacentes em ambos os lados, que ligam pelo menos dois fragmentos de hábitat anteriormente unidos.
- *Matriz*: cobertura de fundo numa paisagem, sendo esta extensiva e com alta conectividade, entretanto nem todas as paisagens possuem uma matriz definível.
- *Fragmentação*: quebra do hábitat ou tipo de cobertura em parcelas menores e desconectadas.
- *Conectividade*: continuidade espacial de um hábitat ou tipo de cobertura ao longo da paisagem.
- *Borda*: porção de um ecossistema ou tipo de cobertura próxima ao perímetro e dentro da qual as condições ambientais podem diferir dos locais de interior

da mancha (área nuclear). São as áreas mais expostas às perturbações externas, que ocasionam os efeitos de borda.

Ainda podem ser citadas outras definições, apontadas por McGarigal e Marks (1995):

- *Composição da paisagem*: engloba a variedade e abundância de fragmentos dentro de uma paisagem, mas não o posicionamento ou localização de manchas no mosaico.
- *Configuração da paisagem*: refere-se à distribuição física ou espacial dos fragmentos na paisagem, como por exemplo, o isolamento ou conectividade entre fragmentos, assim como forma e áreas de borda e núcleo de um fragmento.
- *Unidade de paisagem*: cada tipo de componente da paisagem (unidades de recobrimento e uso do território, ecossistemas, tipos de vegetação, etc.).

Segundo Forman (1983), pode-se citar ainda:

- *Fragmento*: mancha originada por fragmentação de uma unidade inicialmente contínua.
- *Fragmentação natural*: causada por fatores não antrópicos, como distúrbios ambientais, mudanças climáticas ou condicionantes físicos, profundidade do solo, disponibilidade de água e nutrientes, etc.
- *Mosaico*: paisagem que apresenta uma estrutura contendo um padrão de manchas, corredores e matriz.
- *Trampolins ecológicos*: pequenos fragmentos dispersos pela matriz, relativamente próximos entre si, que podem agir facilitando fluxos entre manchas maiores.
- *Área fonte*: fragmento que possui elevada qualidade ambiental, geralmente o de maior tamanho na paisagem, capaz de prover sementes e propágulos, auxiliando na manutenção das espécies daquela paisagem. Em termos de população, área onde as taxas de natalidade e/ou imigração excedem as de mortalidade.
- *Área sumidouro*: fragmento no qual desaparecem organismos, sedimentos, sementes e outros componentes, inativos por não encontrarem condições adequadas. Em termos de população, área onde as taxas de mortalidade excedem as de natalidade e/ou imigração.

- *Percolação*: diz-se que uma paisagem percola quando um fragmento permite a uma espécie restrita a esse hábitat, atravessar a paisagem de uma extremidade à outra.

Vogt et al. (2009) destacam ainda:

- *Ilhas/ilhotas*: pequenos fragmentos geograficamente isolados, dispersos na matriz, sem áreas nucleares e com pouca chance de conectividade. Apenas espécies mais vágéis seriam beneficiadas.
- *Falso-corredor (ramos, laços)*: são ramificações de fragmentos com formato semelhante a corredores, porém sem interligar verdadeiramente duas áreas distintas, ou seja, são projeções de áreas não-nucleares conectados a um único fragmento.
- *Perfuração*: clareira aberta no interior do fragmento.

1.3 ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ESCARPA DEVONIANA: ECÓTONO CAMPO-FLORESTA

1.3.1 O conceito de ecótono

O termo ecótono foi utilizado pela primeira vez em estudos da vegetação terrestre e cunhado por Clements (1905) para definir uma zona de tensão entre dois ecossistemas diferentes, o que é confirmado pela etimologia da palavra, de origem grega, onde *tono* significa tensão, agregada do prefixo *eco*, indica área ou zona de tensão. De acordo com a definição original do termo, é necessário que pelo menos duas condições sejam atendidas, para que determinada área seja considerada um ecótono: transição entre dois ecossistemas diferentes e tensão entre ambos.

Neiff (2003) afirma que a transição entre dois ecossistemas implica a existência de uma área com valores intermediários para os parâmetros que caracterizam a estrutura desse conjunto de organismos (densidade, cobertura, volume). Esse estado intermediário pode surgir como resposta dos organismos às mudanças espaciais e/ou temporais de cada local ou habitat, ou ser simplesmente consequência de um fator de dispersão tal como o fluxo de água, o vento ou outro agente que modifique o padrão espacial do conjunto (NEIFF, 2003). Na região de encontro de duas comunidades distintas há uma rápida substituição de espécies ao longo do gradiente, e é onde muitas atingem o limite de suas distribuições.

A tensão implica reconhecer que ambos os ecossistemas interferem um sobre o outro, através de competição direta, por exemplo, com diferentes taxas de reprodução e crescimento, tolerância e taxa de recuperação aos distúrbios, entre outros atributos que intervêm para configurar a preponderância de um ou outro ecossistema. O resultado pode ser uma transição, uma modificação estrutural e funcional dos ecossistemas na zona de contato (NEIFF, 2003).

Neiff (2003) ainda afirma que, a partir da década de 1980, o termo ecótono foi utilizado em sentido geográfico mais amplo, usualmente para definir sistemas de transição entre duas comunidades ou paisagens (SHUGART, 1997; WARD; TOCKNER; SCHIEMER, 1999), isto é, limitando-se a somente uma das propriedades dos ecótonos. O termo inclusive foi utilizado por Gopal (1994) para fazer referência ou relação topográfica de posição, como uma simples transição entre dois sistemas diferentes. Isto demonstra que, se existem dificuldades em se estabelecer as delimitações dos próprios ecossistemas, mais ainda ao se tratar de ecótonos.

Em macroescala, Veloso, Rangel Filho e Lima (1991), ao definirem os sistemas de transição da vegetação brasileira, criaram as “zonas de tensão ecológica”. Os autores afirmam que entre diferentes habitats existem comunidades indiferenciadas, onde as espécies se interpenetram, constituindo as transições florísticas. Consideram, portanto, ecótono como a mistura florística entre tipos de vegetação, diferenciando encrave como áreas disjuntas que se contatam, mas não se interpenetram.

O IBGE (2004), no mapeamento da vegetação brasileira, retoma o conceito de áreas de tensão ecológica quando as floras de diferentes regiões fitoecológicas interpenetram-se formando contatos caracterizados como encaves ou ecótonos. No caso dos encaves, o mosaico de vegetação é composto por formações que guardam sua identidade florística e fisionômica sem se misturar, permitindo a definição da formação ou subformação dominante. Já nos ecótonos, a identidade florística ocorre em nível de taxocenose, não havendo marcantes diferenças fitofisionômicas entre elas. Frequentemente ocorrem endemismos que melhor as identificam. As áreas de tensão ecológica, às vezes, são coincidentes com o contato de duas formações geológicas e com faixas de transição climática.

Daubenmire (1968), referindo-se ao ecótono no sentido de transição, apontou três tipos, segundo a maior ou menor gradação existente entre as comunidades vegetais:

- a) Quando há transição abrupta em resultado a uma descontinuidade;
- b) Quando há forte competição entre duas comunidades de plantas e origina-se uma abrupta transição entre os ecossistemas;
- c) Ecótonos estendidos, onde tanto os fatores do meio como as mudanças entre as comunidades são graduais.

Lang e Blaschke (2009) lembram, no entanto, que transições “bruscas” ou “suaves” relacionam-se a problemas de escala.

Há mais do que uma questão semântica quando se denomina uma área de ecótono. Significa que é uma área de tensão muito instável sem padrões próprios de variabilidade e cuja estrutura (proporção de espécies, fisionomia, etc.) depende inteiramente das tensões que se impõem a dois ecossistemas adjacentes e da relação destes com os demais que o cercam. Essa cadeia de interdependência não é exclusiva de um ou outro tipo de ecótono, pois ocorre em todos os ecossistemas terrestres.

Odum e Barrett (2008) consideram como ecótono uma área criada pela justaposição de diferentes habitats ou tipos de ecossistemas. O conceito pressupõe a existência de interação ativa entre dois ou mais ecossistemas, do que resulta que em ecótonos surgem propriedades inexistentes em ambos os ecossistemas adjacentes (NAIMAN; DÉCAMPS, 1990). Em biomas terrestres, a zonação pode, muitas vezes, ser identificada e mapeada pela vegetação nativa que está mais ou menos em equilíbrio com o clima regional (ODUM; BARRETT, 2008).

Apesar da maioria dos autores definirem de forma semelhante um ecótono, algumas conceituações são dúbias, abrindo margem para diferentes interpretações e possibilitando que áreas diferentes sejam tratadas igualmente como ecótonos. Com relação exclusiva ao termo ecótono, há um consenso em referir-se ao mesmo como uma zona de transição entre ecossistemas diferentes, escala dependente. Já o conceito de borda, que surgiu paralelamente ao de ecótono, gerava mais ambiguidade quando os estudos estavam voltados a microescalas. Posteriormente, com análises tomando a paisagem como objeto de estudo, o conceito de borda estabeleceu-se como a delimitação espacial da variação de parâmetros entre ambientes diferentes a partir de uma linha limite. A fronteira, entendida como a linha

que coincide com a borda, é um artefato que permite uma série de inferências quantitativas acerca das relações geométricas entre áreas adjacentes.

Bordas, ecótonos e fronteiras não são sinônimos, portanto, e sim aspectos diversos da representação da realidade. Um ecótono pode ser estudado unicamente por suas qualidades intrínsecas, enquanto bordas e fronteiras só tem sentido se estudadas em função de suas qualidades extrínsecas. Ou seja, pela variação entre elementos adjacentes, pelo fluxo de energia ou matéria que consegue atravessar, ou não, pelo efeito do afastamento espacial gradual a partir de um limite.

Uma das definições mais aceitas pela comunidade científica, resultado do simpósio MAB/SCOPE-UNESCO (1988) e utilizada no presente trabalho, considera o ecótono como uma zona de transição entre sistemas ecológicos adjacentes com uma série de características definidas exclusivamente por escalas espaciais e temporais e pela intensidade das interações entre sistemas ecológicos adjacentes (HOLLAND, 1988). A escala, portanto, é um aspecto determinante na definição dos termos, sendo **ecótono** um conceito funcional ecológico multiescalar, **borda** um conceito espacial geográfico de meso a micro-escala, e **fronteira** um conceito cartográfico independente da escala, embora sujeito a resolução de análise.

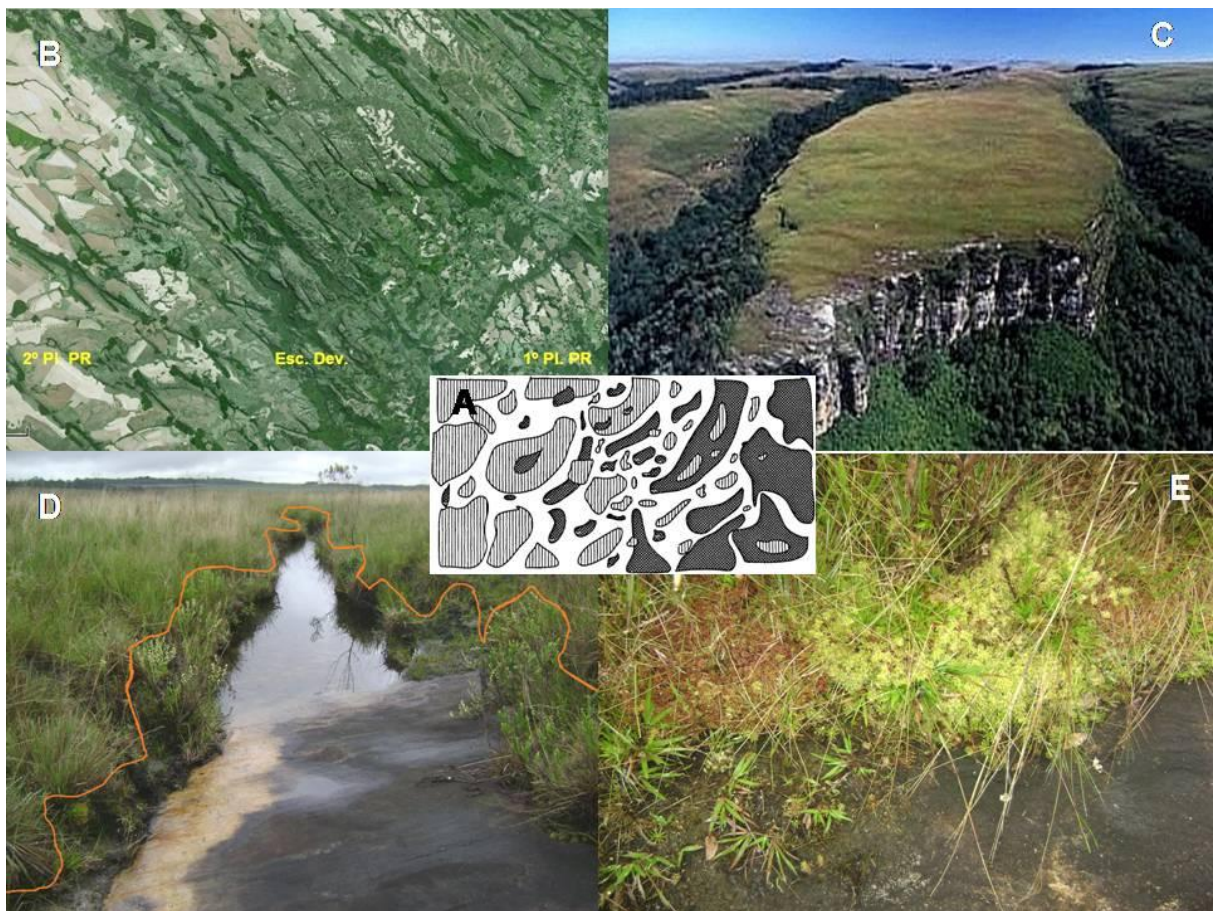
1.3.2 Ecótonos e escalas de análise

Enquanto fenômeno, os ecótonos podem ser examinados sob diferentes escalas, e estão sujeitos a distúrbios de variada natureza, amplitude, frequência, duração e intensidade (HENRY, 2003). Holland (1988) considera que regiões de descontinuidade dentro de um ecossistema uniforme podem assumir a função ecológica e as características de ecótonos. A aceitação literal desse ponto de vista amplia extraordinariamente a definição inicial de ecótonos como zonas de transição entre sistemas ecológicos adjacentes, colocando o conceito de ecótonos em escalas muito diversas, desde grandes unidades biogeográficas até micro-habitats.

O que Holland (1988) considera como diferentes escalas são tratadas por Gosz (1993) como níveis hierárquicos. Segundo Gosz (1993), nos estudos de ecótonos, vários níveis de hierarquia podem ser abordados (Figura 1): bioma, paisagem, manchas ou fragmentos, comunidades e populações de indivíduos. Os prováveis fatores controladores em nível populacional envolvem interações

interespecíficas, vetores biológicos, controles fisiológicos, genética da população, microtopografia e microclimatologia.

Figura 1: Exemplos de níveis hierárquicos de ecótonos. A) Bioma - zona de transição hipotética, refletindo o padrão de mosaico que separa dois biomas; B) Paisagem - Porção dos Campos Gerais onde o padrão em mosaico descrito por Gosz (1993) se aplica (O Primeiro Planalto Paranaense (1° PL PR) é dominado por florestas (Floresta Ombrófila Densa e Mista), o Segundo Planalto (2° PL PR) pelos campos (Estepe Gramíneo-lenhosa), e na Escarpa Devoniana (Esc. Dev.) a zona de transição entre os ecossistemas forma um mosaico - Cânion do rio Iapó, Castro, PR); C) Manchas ou fragmentos - manchas do mosaico de campo e floresta determinado pela Escarpa Devoniana, Balsa Nova, PR; D) Comunidades - comunidades de vegetação ripária (linha laranja) e de interflúvio numa formação campestre (estepe higrófila), Balsa Nova, PR; E) Populações - banco de esfagno, Balsa Nova, PR.



Fonte: A) Gosz, 1993; B) Google Earth, 2012, mod.; C) <http://www.naturezabrasileira.com.br>, 2012; D) e E) R.S. Moro, 2010.

O conceito de resolução tem sido aplicado frequentemente, e erroneamente, a escala espacial do ecótono, referindo-se especialmente em nível de microescala. A diferença mais evidente entre os dois modos de examinar o ecótono é demonstrada por intermédio da sua área total. Segundo Kolasa e Zalewski (1995), a duplicação da área do ecótono numa escala maior (macro) implica uma quadruplicação na área total do ecótono numa escala inferior (micro). Isto é

esperado para projeções geográficas, que são quadráticas. Com respeito à resolução, no entanto, esta significa apenas quantos *pixels* de uma imagem são discerníveis com um dado instrumento selecionado - a alteração da resolução não altera as dimensões do ecótono.

Em nível de ecótono, uma importante implicação da escala é sua relação com a diversidade de espécies. Seguramente, os índices de diversidade apresentarão valores mais elevados quando o ecótono for estudado em microescala ecológica, e a escala deve ser escolhida de acordo com a questão a ser respondida pela pesquisa (KOLASA; ZALEWSKI, 1995).

1.3.3 Funções dos ecótonos

Sendo de interesse central nas pesquisas em paisagens, para Risser (1995) os ecótonos são especialmente importantes para a investigação ligando a Ecologia da Paisagem com a ecologia de comunidades (CLEMENTS, 1905; KUPFER; MALANSON, 1993). Algumas características dos ecótonos os tornam importantes para investigar os processos de dinâmica da paisagem, como:

- a) servir de habitats para muitas espécies, por isso sua importância para a manutenção da biodiversidade;
- b) são agentes modificadores de fatores abióticos (vento, luz, temperatura) e locais de elevada produção de matéria orgânica e de ciclagem de nutrientes;
- c) atuam como reguladores de fluxos (espécies, matéria e energia) nos ambientes, constituindo “filtros” de materiais e espécies entre comunidades contíguas;
- d) agem como barreira ou área de isolamento com ecossistemas vizinhos;
- e) são considerados potenciais indicadores de respostas a mudanças climáticas.

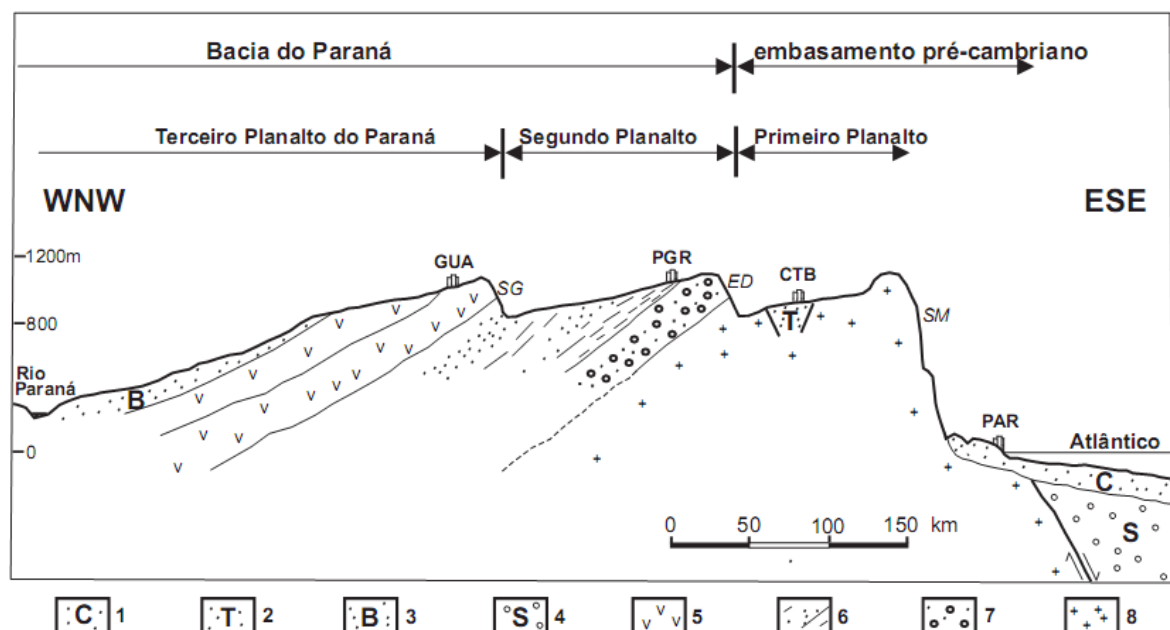
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ESCARPA DEVONIANA

2.1.1 Biogeografia da APA da Escarpa Devoniana

O estado do Paraná é marcado por um relevo tectônico impressionante (Figura 2), talvez o mais importante aspecto determinante de suas fitocenoses, donde resulta a fitogeografia paranaense se debruçar sobre uma diversidade fitofisionômica notável de florestas entremeadas por formações campestres, resultantes de peculiaridades geomorfológicas, pedológicas e paleoclimáticas (RODERJAN et al., 2002).

Figura 2: Esquema geomorfológico do estado do Paraná. 1: sedimentos cenozóicos da Planície Costeira e Plataforma Continental; 2: sedimentos cenozóicos da Bacia de Curitiba; 3: Grupos Bauru e Caiuá (Cretáceo); 4: Bacia de Santos; 5: derrames de basalto da Formação Serra Geral; 6: unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná; 7: Formação Furnas; 8: embasamento Pré-Cambriano. Cidades - PAR: Paranaguá; CTB: Curitiba; PGR: Ponta Grossa; GUA: Guarapuava. Escarpas: SM: Serra do Mar; ED: Escarpa Devoniana; SG: Serra Geral.

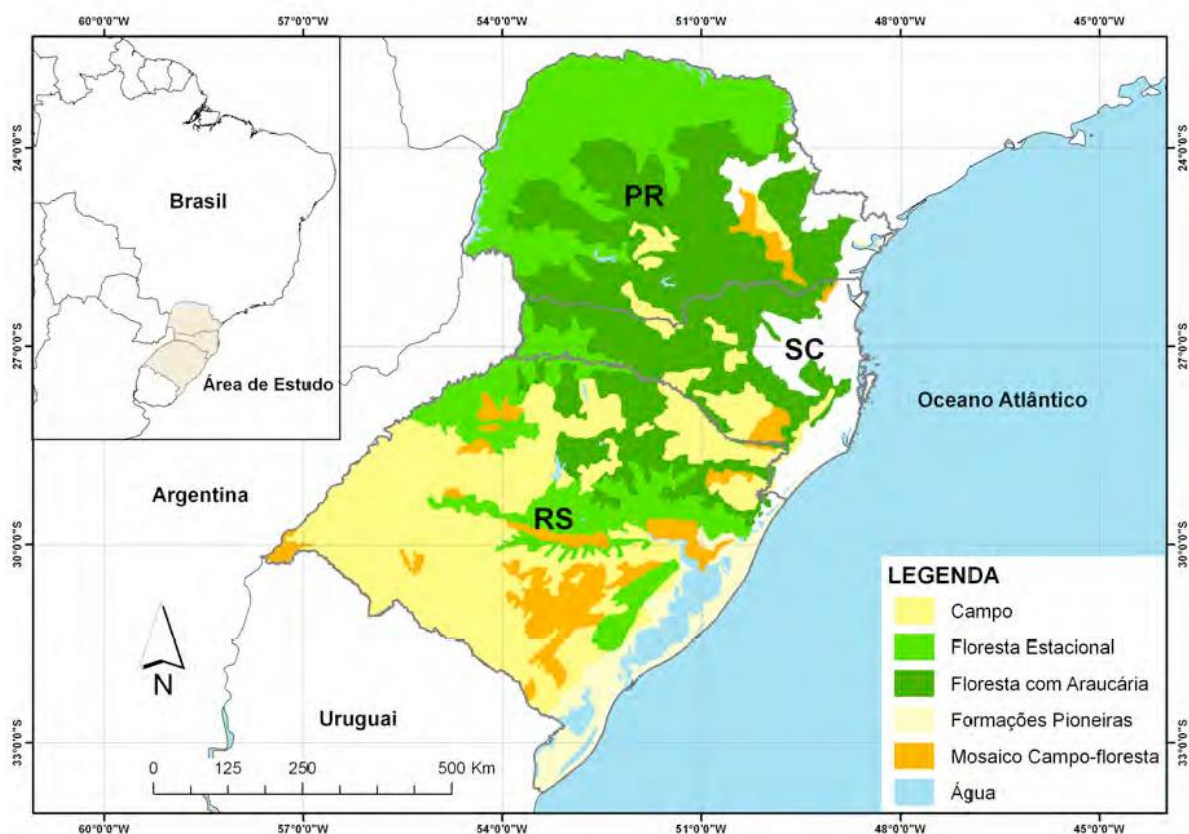


Fonte: Melo et al., 2007.

Em termos biogeográficos, os Campos Gerais estão incluídos nos Campos Sulinos (MMA/SBF, 2007) (Figura 3). Esses ecossistemas campestres nas partes

planálticas do Estado do Paraná foram incluídos pelo IBGE (2012) no bioma Mata Atlântica. Os padrões em mosaico gerados pela alternância entre habitats campestres e florestais geram processos ecológicos ecotonais bastante complexos na paisagem do sul do Brasil (MORO; NANUNCIO; DALAZOANA, 2012).

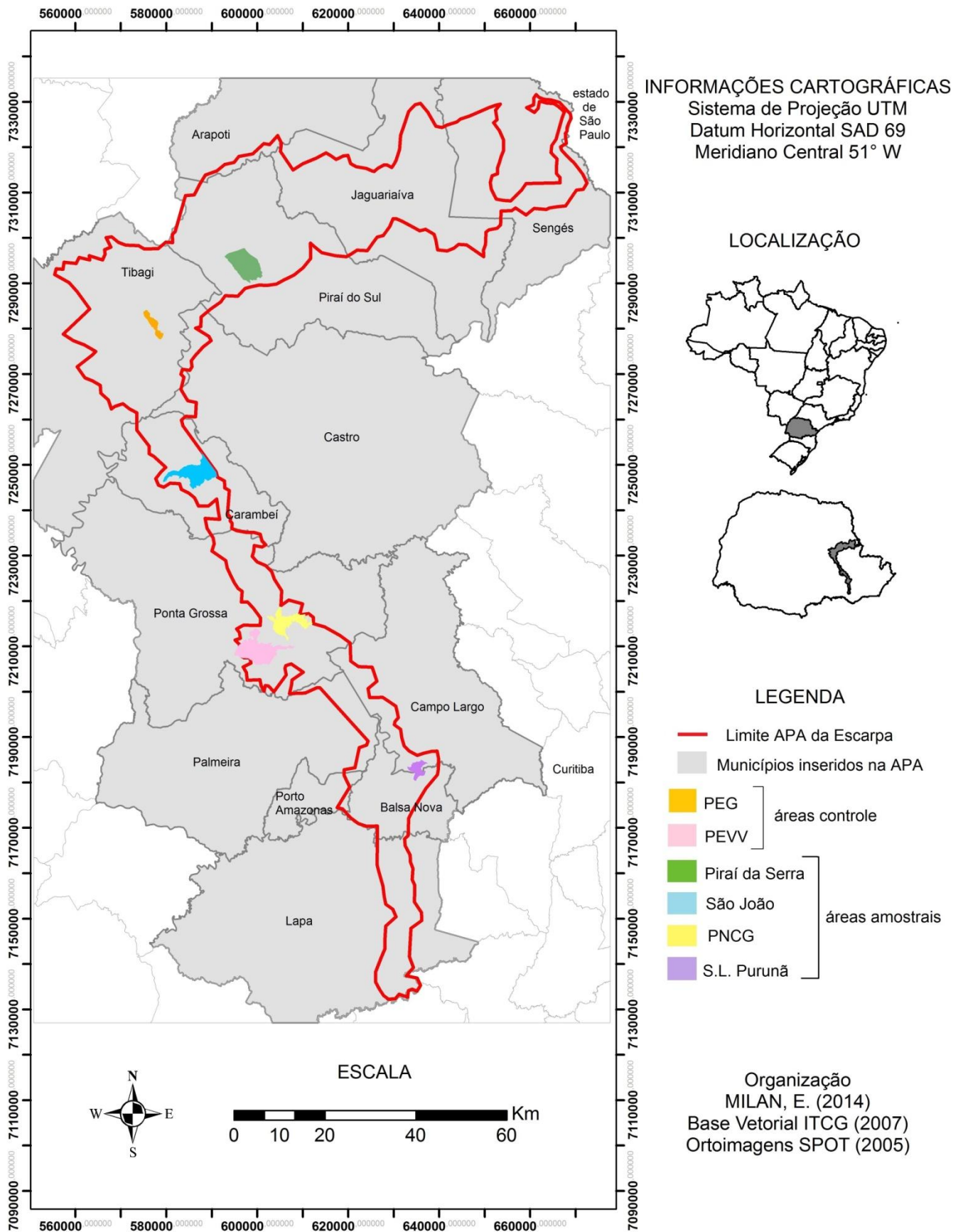
Figura 3: Cartograma de distribuição potencial das formações vegetais ecotonais no sul do Brasil. Campo, Mosaico Campo-floresta (formações savânicas); ecótonos Campo-Floresta com Araucária; ecótonos Campo-Floresta Estacional.



Fonte: Pillar, 2010.

Com o objetivo de assegurar a proteção deste ambiente particular, constituído pelas formações geológicas marcantes, pelo limite natural entre planaltos e remanescentes de ecossistemas representativos, foi criada em 1992 a Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana (PARANÁ, 1992). Esta unidade de conservação de uso sustentável possui uma área de 392.363,38 ha e cerca de 260 quilômetros de extensão, em formato de arco (Figura 4). Abrange uma parcela significativa da região dos Campos Gerais e se distribui por treze municípios (SEMA/IAP, 2004).

Figura 4: Localização da APA da Escarpa Devoniana no estado do Paraná e delimitação das áreas selecionadas. PEG – Parque Estadual do Guartelá; PEVV – Parque Estadual de Vila Velha; Pirai da Serra; rio São João; PNCG – Parque Nacional dos Campos Gerais; São Luiz do Purunã.



2.1.2 Geomorfologia

De acordo com Melo et al. (2007), os Campos Gerais ocupam a porção leste do Segundo Planalto Paranaense, no reverso (borda) da Escarpa Devoniana, a qual é caracterizada por um padrão de relevo em *cuesta*, de origem erosiva limitando um planalto. Nesse setor do planalto os topos atingem altitudes máximas em torno de 1.290 metros, junto à Escarpa, diminuindo até cerca de 850 metros para oeste e noroeste. As altitudes mais baixas, no vale do rio Tibagi, atingem 700 metros.

O relevo nos Campos Gerais é contrastante (Figura 5): nas proximidades da *cuesta* da Escarpa Devoniana as amplitudes são grandes, com frequentes encostas abruptas, verticalizadas, com cânions e trechos de rios encaixados, com inúmeras cachoeiras e corredeiras sobre leito rochoso, com desníveis de até 450 metros, além de muitas reentrâncias e ramificações da Escarpa Devoniana (MELO et al., 2007).

Segundo Melo e Meneguzzo (2001), afastando-se da Escarpa, no sentido oeste e noroeste, passa a predominar paisagem de topografia suavemente ondulada de configuração muito uniforme, formada por conjuntos de colinas, pequenas elevações do terreno com declives suaves e amplitude inferior a 50 metros. Os outeiros, pequenas elevações cujas amplitudes variam entre 50 e 100 metros, também fazem parte desta paisagem. Relevos ruiniformes e feições de desabamento são típicos dos Campos Gerais.

2.1.3 Clima

O clima da região da APA da Escarpa Devoniana é classificado segundo Köppen como Cfa, em uma pequena parte norte-noroeste e Cfb, abrangendo todo o restante da região.

No tipo Cfa, a temperatura média do mês mais frio se situa abaixo de 18°C, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, verões quentes e geadas pouco frequentes, concentração de chuvas nos meses de verão, embora sem estação seca bem definida (SEMA/IAP, 2004).

O tipo Cfb, apresenta temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, temperatura do mês mais quente inferior a 22°C, sem estação seca definida. Em toda a região, janeiro é o mês mais quente do ano, retardando-se raras vezes até princípios de fevereiro.

Figura 5: Exemplos de feições geomorfológicas encontradas na APA da Escarpa Devoniana, estado do Paraná. A) Relevo ruíniforme (PEVV); B) Cachoeira da Mariquinha (PNCG); C) e D) Rio Iapó, encaixado no Cânion do Guartelá; E) Cachoeira do Corisco (Sengés).



Fonte: Internet (Google imagens), 2014.

Segundo Cruz (2007), região dos Campos Gerais apresenta um número de horas anuais de insolação que varia de 1.800 a 2.400 horas. A média anual de precipitações encontra-se entre 1.200 e 1800 mm e os valores médios de umidade relativa do ar são elevados, favorecendo o equilíbrio da temperatura e interferindo nas atividades biológicas, predominando na maior parte da região a faixa entre 75% e 80%.

2.1.4 Hidrografia

Os rios da região da APA da Escarpa Devoniana pertencem à bacia hidrográfica do Rio Paraná. Os principais rios da APA, segundo Melo et al. (2007), são rios antecedentes, isto é, anteriores aos processos que geraram o relevo atual, no caso a erosão diferencial que sucedeu os soerguimentos crustais da região

litorânea e do Arco de Ponta Grossa. Esses rios mantiveram o mesmo sentido antigo de fluxo de suas águas para o interior, escavaram e rebaixaram seu leito à medida que os soerguimentos foram ocorrendo e o relevo foi sendo elaborado (Figura 6). Eles têm suas nascentes no Primeiro Planalto Paranaense e sentido geral da drenagem para oeste, noroeste e norte, sendo obrigados a vencer a Escarpa Devoniana para seguir seu curso (MELO et al., 2007).

Figura 6: Exemplos de rios situados na APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná. A) Rio São João (Carambeí); B) Rio Iapó (Tibagi); C) Rio Tibagi (Tibagi).



Fonte: Internet (*Google imagens*), 2014.

2.1.5 Uso da terra

O mapeamento de uso da terra (Figura 7) demonstra o predomínio de áreas utilizadas para cultivo, representando aproximadamente 45% da área (RAMOS et al., 2007). Reflorestamentos ocupam cerca de 13% da área dos Campos Gerais, enquanto a vegetação florestal ocupa aproximadamente 22% da área, incluindo diferentes estágios sucessionais e tipologias, e áreas de campo somam 17,3%, confinando-se ao reverso da Escarpa Devoniana (RAMOS et al., 2007; MORO; CARMO, 2007; CARMO; MORO; NOGUEIRA, 2007). Áreas urbanas, corpos d'água e cerrado ocupam juntos aproximadamente 2% da área na região (RAMOS et al., 2007).

2.1.6 Vegetação

Os Campos Gerais foram definidos originalmente por Maack (1948) como uma zona fitogeográfica natural de campos limpos e matas de galeria ou capões

isolados de floresta com araucária, situada sobre o Segundo Planalto Paranaense, no reverso da Escarpa Devoniana.

A classificação fitoecológica do IBGE (2012) denomina a vegetação dos Campos Gerais como sendo predominantemente de Estepe Gramíneo-lenhosa entremeada por mosaicos de Floresta Ombrófila Mista Montana e disjunções de Savana (Figura 8). Esta característica de coexistência de fitocenoses contrastantes levou a criação do termo “tensão ecológica”, presumindo que estas distintas formações, ao seguir o curso natural da sucessão ecológica, estariam competindo entre si pela ocupação do espaço, inclusive atribuindo as formações savanícolas a condição de relictos. Desta forma, a vegetação na APA forma um verdadeiro mosaico com interposição de diferentes formações vegetacionais (Figura 9), nitidamente ecotonal (IBGE, 2012).

Além de paisagens com singular beleza, os Campos Gerais configuram-se como uma área de grande relevância ecológica que compreende ecossistemas campestres e florestais, dentro do Bioma da Mata Atlântica, considerado um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MMA/SBF, 2007). A área é considerada de importância Alta e Extremamente Alta para a Conservação (MMA/SBF, 2007), reconhecida oficialmente pelo Governo Federal através do Decreto 5092/2004 e da Portaria MMA 09/2007, e de áreas campestres valiosas para conservação no Cone-Sul (GRANDO et al., 2004). Os campos sulinos encontram-se entre os ecossistemas mais ameaçados do Brasil, negligenciado por muito tempo como área a ser conservada (PILLAR et al., 2009).

Vegetação Florestal

A Floresta com Araucária se estendia originalmente por aproximadamente 180.000 km², sobretudo nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CASTELLA; BRITZ, 2004). É apontada entre as ecorregiões mais ameaçadas (MMA/SBF, 2007), reduzida a menos de 5% de sua área original (MMA, 2000; CASTELLA; BRITZ, 2004). O nível de isolamento e o estado de conservação dos remanescentes são alarmantes, tanto por estarem ainda ameaçados quanto por terem sido insuficientemente estudados. Assim, os aspectos e processos ecológicos desta floresta ainda são relativamente pouco conhecidos (MMA, 2000; CASTELLA; BRITZ, 2004).

De acordo com a altitude na qual ocorre, a FOM apresenta espécies e associações distintas que podem ser classificadas em diferentes formações (IBGE, 2012). Dentre as subformações florestais distintas da FOM, duas são encontradas na região dos Campos Gerais: a Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM), em regiões com 400 até mais ou menos 1000 m de altitude; e Aluvial (FOMA), nas margens dos canais fluviais ocupando principalmente áreas inundáveis e terraços antigos (CARMO; MORO; NOGUEIRA, 2007).

Nos Campos Gerais, estas florestas, naturalmente fragmentadas, formam capões isolados de diversas dimensões, localizados em encostas, pequenas depressões ou em faixas que acompanham cursos d'água (CARMO; MORO; NOGUEIRA, 2007). Nesses ambientes, normalmente o solo é mais profundo ao se comparar às áreas campestres, acumulando mais detritos orgânicos e apresentando melhor drenagem (KLEIN; HATSCHBACH, 1971).

Vegetação Campestre

Frequentemente associada a capões de floresta com araucária, a florestas ripárias ao longo de cursos d'água (MAACK, 2012) e, ocasionalmente, a fragmentos de cerrado, a vegetação da APA compreende extensa área de campos com alta homogeneidade fisionômica, estabelecida sobre afloramentos rochosos e solos, na maioria das vezes, rasos e pobres (MORO; CARMO, 2007).

Sendo a vegetação mais antiga do estado, evolutivamente os campos são considerados remanescentes de um clima pleistocênico, com características semi-áridas (MAACK, 2012). Entretanto, estariam os campos perdendo espaço para as florestas, que avançariam sobre os mesmos a partir de refúgios nas nascentes, encostas, rios e córregos, devido ao clima atual mais úmido (MAACK, 2012; BEHLING, 1997).

Figura 7: Usos da terra na APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná, com a delimitação das seis áreas estudadas.

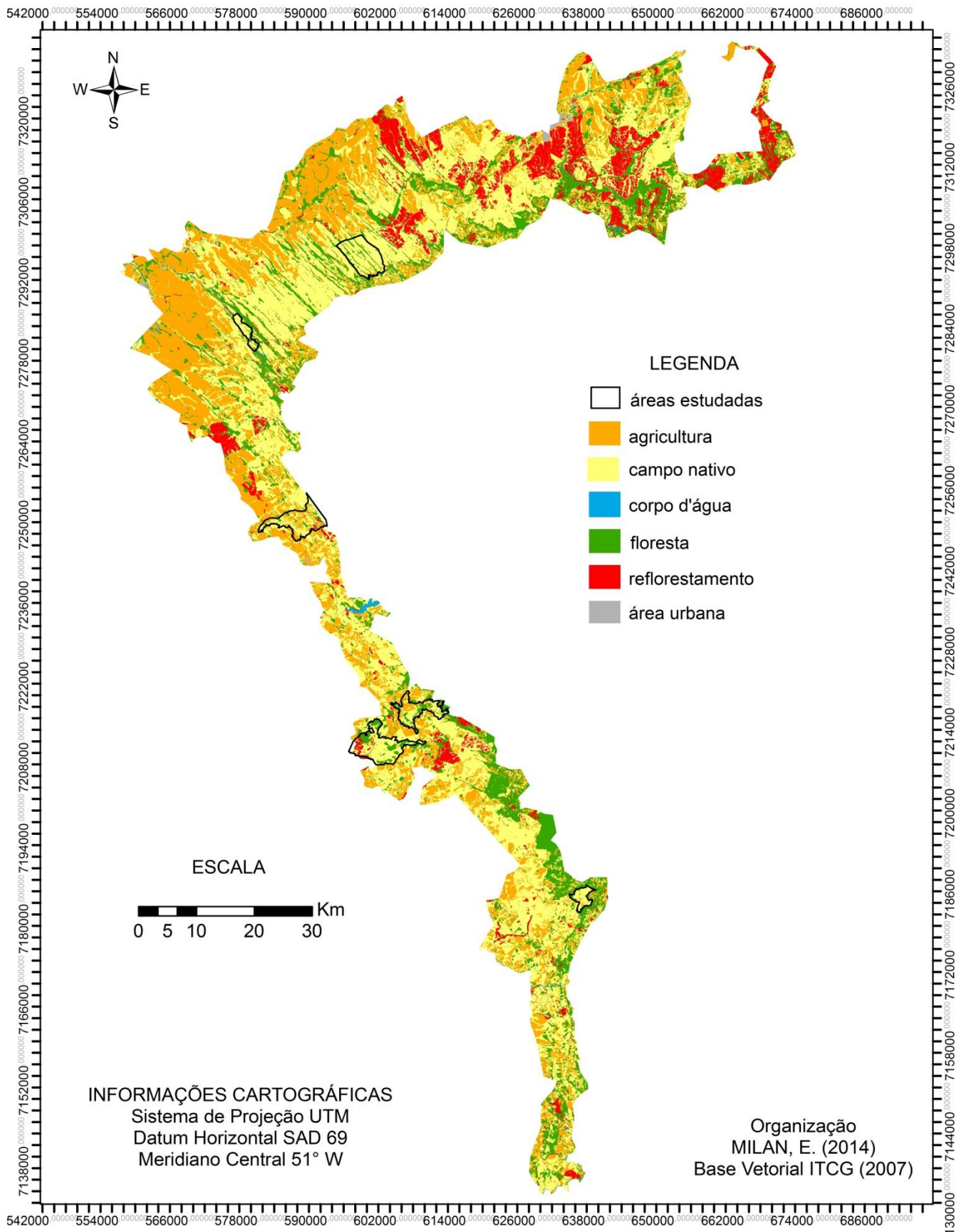
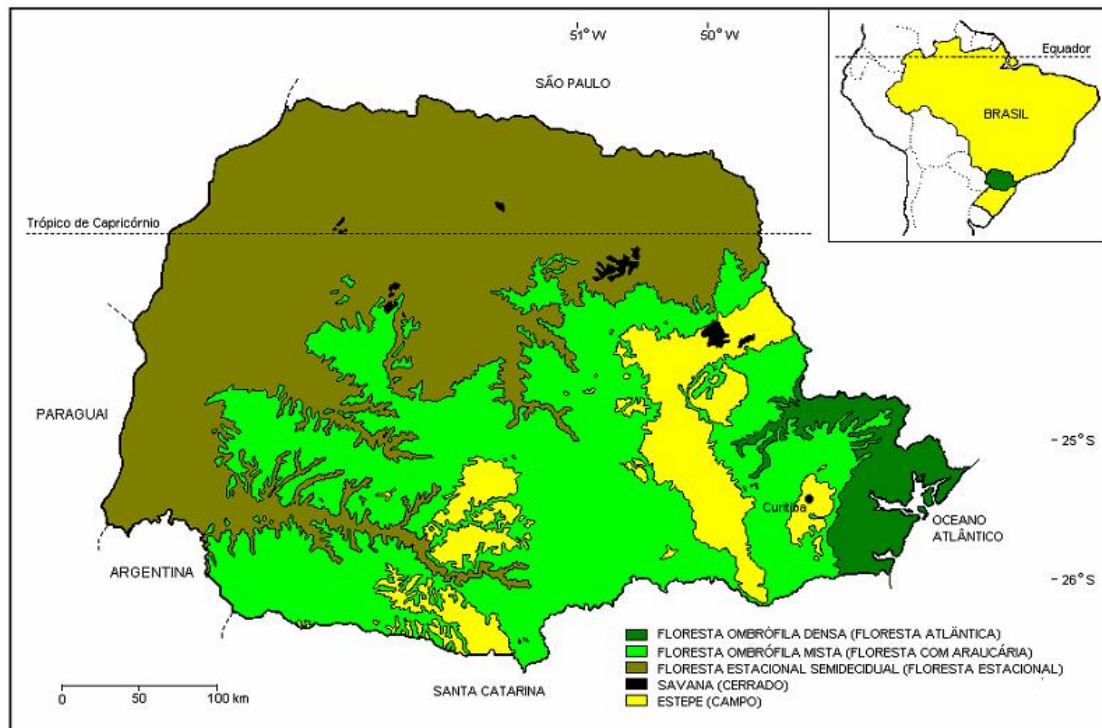


Figura 8: Distribuição das unidades fitoecológicas do Estado do Paraná.



Fonte: Roderjan et al., 2002.

Figura 9: Feições da vegetação da APA da Escarpa Devoniana, no estado do Paraná. A) Capão de FOM sobre relevo escarpado; B) Fragmento ripário e campos; C) Fragmento de FOM encaixado em cânion; D) Plantas típicas da Estepe Gramíneo-lenhosa (*Digitaria* e *Paepalanthus*).



Fonte: A) e D) Internet (Google imagens), 2014; B) e C) Elisana Milan, 2010.

2.2 ÁREAS ESTUDADAS

Considerando a grande extensão, em termos de área, da APA da Escarpa Devoniana, optou-se por estudar a distribuição ecotonal da FOM/EGL através de amostragem não probabilística intencional, isto é, de forma deliberada segundo uma representatividade latitudinal. De norte a sul da APA (Figura 4, Tabela 1): Piraí da Serra, em Piraí do Sul (59° 72' 09" S e 72° 94' 30" O), bacia hidrográfica do Rio São João, em Carambeí (58° 68' 21" S e 72° 48' 44" O), parte do Parque Nacional dos Campos Gerais (PNCG), no Segundo Planalto, em Ponta Grossa (60° 68' 12" S e 72° 15' 74" O) e São Luiz do Purunã, entre Balsa Nova e Campo Largo (63° 50' 68" S e 71° 83' 07" O). Além das quatro áreas amostrais, que mantém o uso tradicional da terra (lavoura e pecuária), foram selecionadas duas áreas controle - o Parque Estadual do Guartelá (PEG), em Tibagi (57° 73' 32" S e 72° 81' 29" O), e o Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), em Ponta Grossa (59° 95' 28" S e 72° 08' 92" O), constituídas por unidades de conservação de proteção integral, com planos de manejo implantados (SEMA/IAP, 2002, 2004a).

Todas as áreas se localizam sob a APA, uma unidade de conservação que permite o uso extensivo, controlado pelo zoneamento do plano de manejo (SEMA/IAP, 2004b), porém as áreas controle situam-se em unidades de conservação estaduais, de proteção integral, com plano de manejo implantado, portanto o uso é restrito e controlado pelo órgão competente. Das áreas amostrais, apenas o Parque Nacional dos Campos Gerais teria proteção integral, mas seu plano de manejo ainda não foi finalizado e, por ora, continua o uso por parte dos proprietários, uma vez que não ocorreram desapropriações.

Tabela 1: Características das áreas estudadas. PE – Parque Estadual; PM – Plano de Manejo; APA – Área de Proteção Ambiental; PN – Parque Nacional.

Área estudada	Categoria	Área (ha)	Clima	Altimetria (m)
PEG (Figura 10)	PE com PM	798,97	Cfa de Köppen	1.170 a 870
PEVV (Figura 11)	PE com PM	3.803,28	Cfb de Köppen	1.068 a 800
PNCG (Figura 12)	PN sem PM	2.449,32	Cfb de Köppen	1.120 a 845
Piraí da Serra (Figura 13)	APA com PM	3.534,72	Cfb de Köppen	1.260 a 940
Rio São João (Figura 14)	APA com PM	3.420,60	Cfb de Köppen	1.160 a 800
S. Luiz do Purunã (Figura 15)	APA com PM	932,52	Cfb de Köppen	1.220 a 1.020

Figura 10: Parque Estadual do Guartelá, Tibagi (PR) - área controle 1.

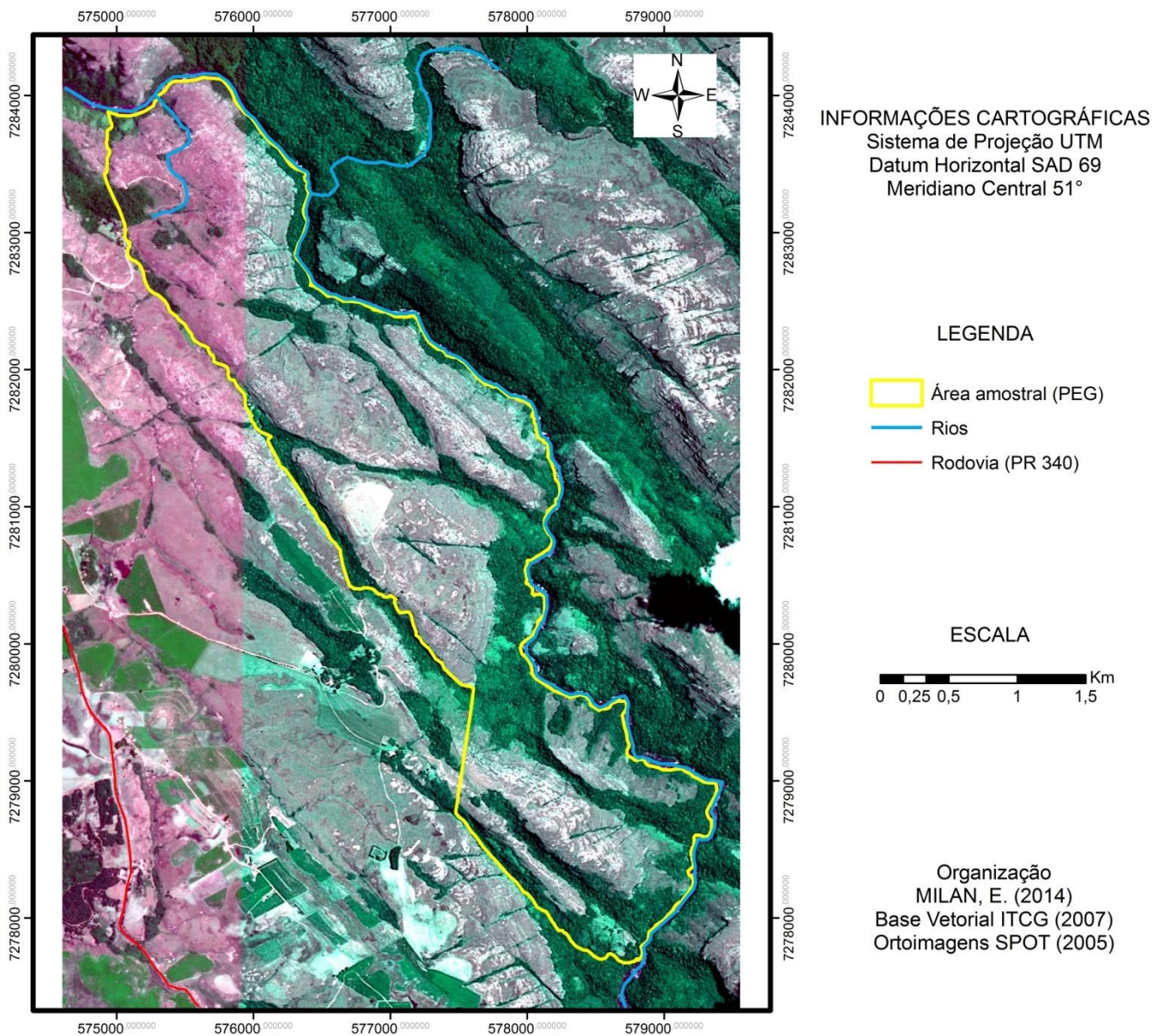


Figura 11: Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa (PR) - área controle 2.

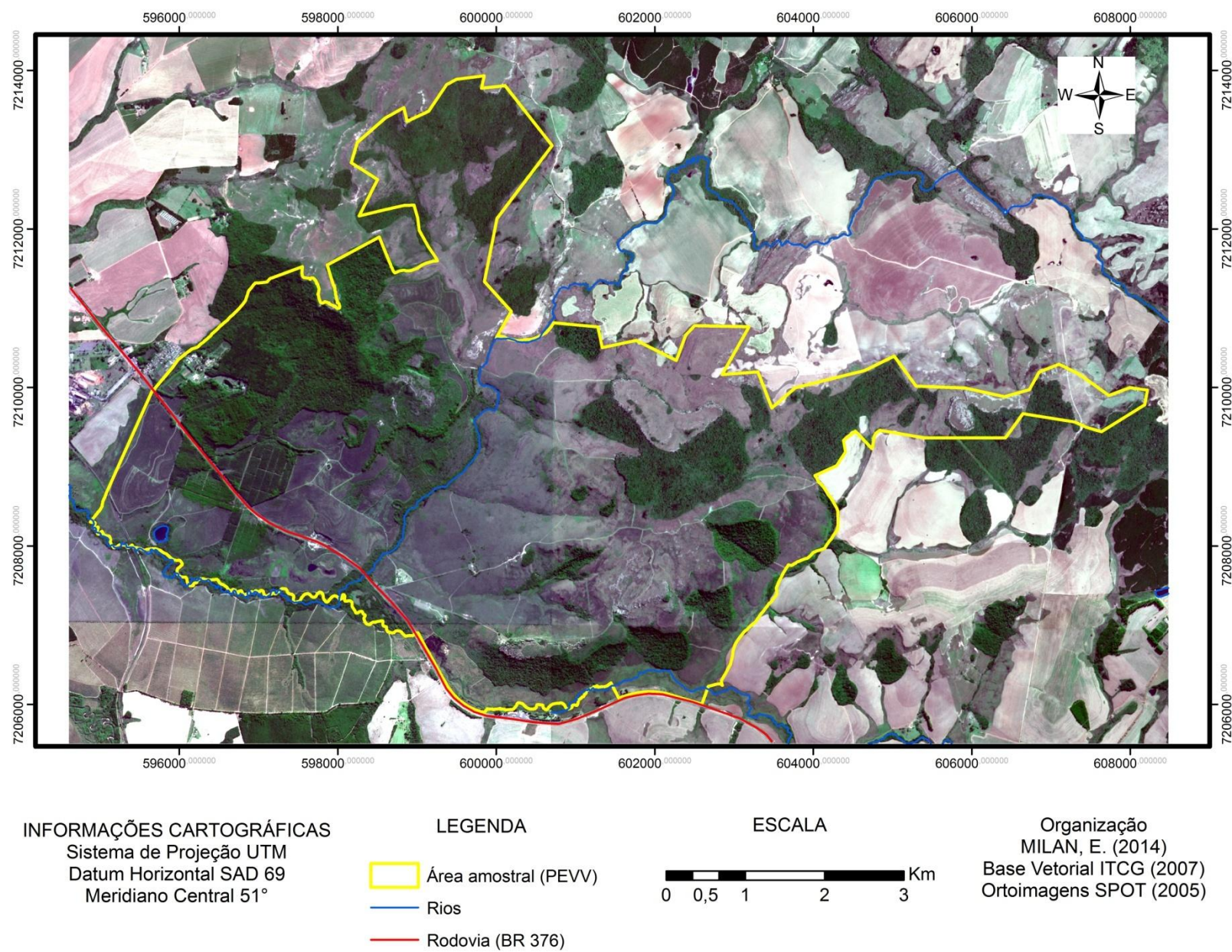


Figura 12: Parque Nacional dos Campos Gerais, Ponta Grossa (PR) - área amostral.

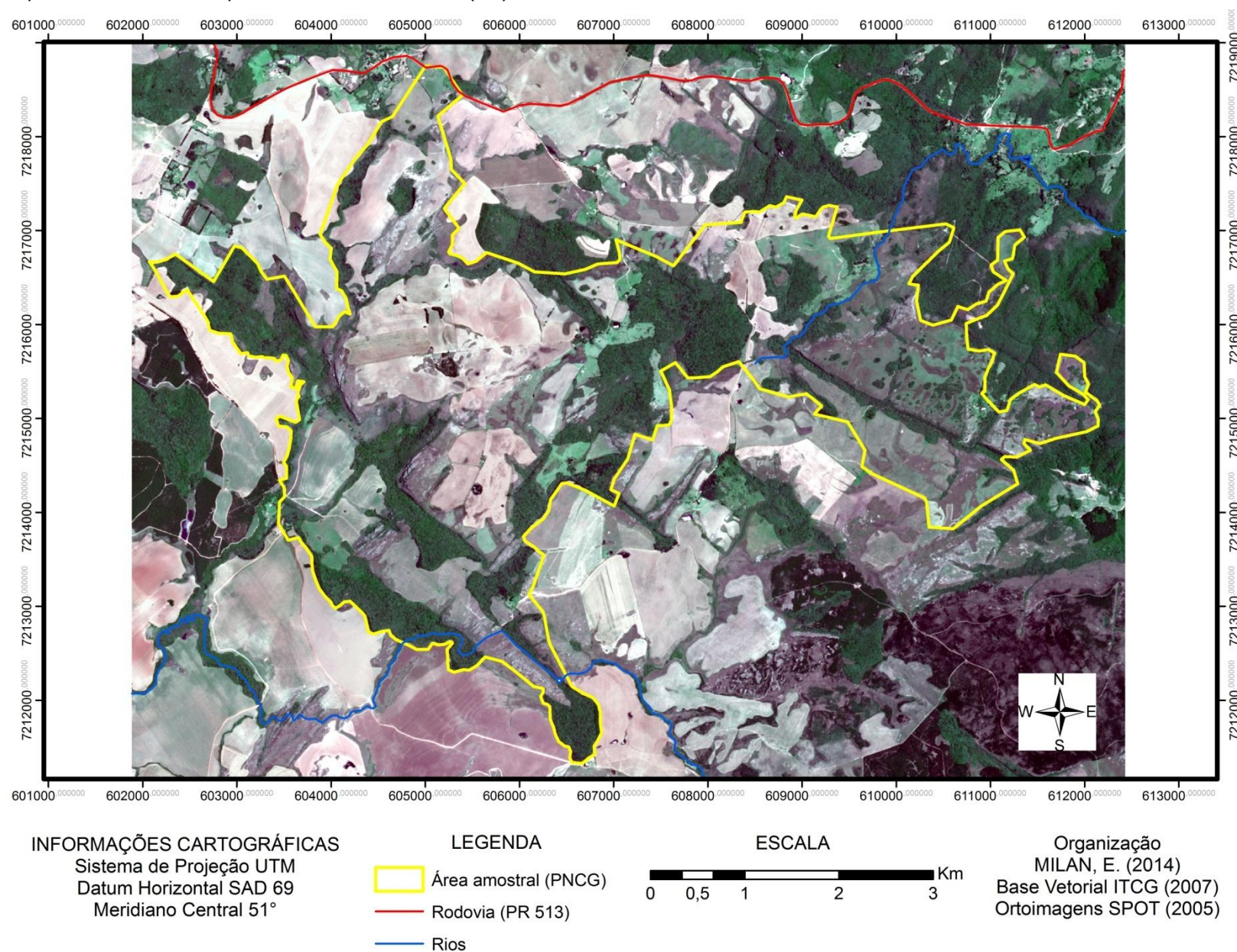


Figura 13: Piraí da Serra, Piraí do Sul (PR) - área amostral.

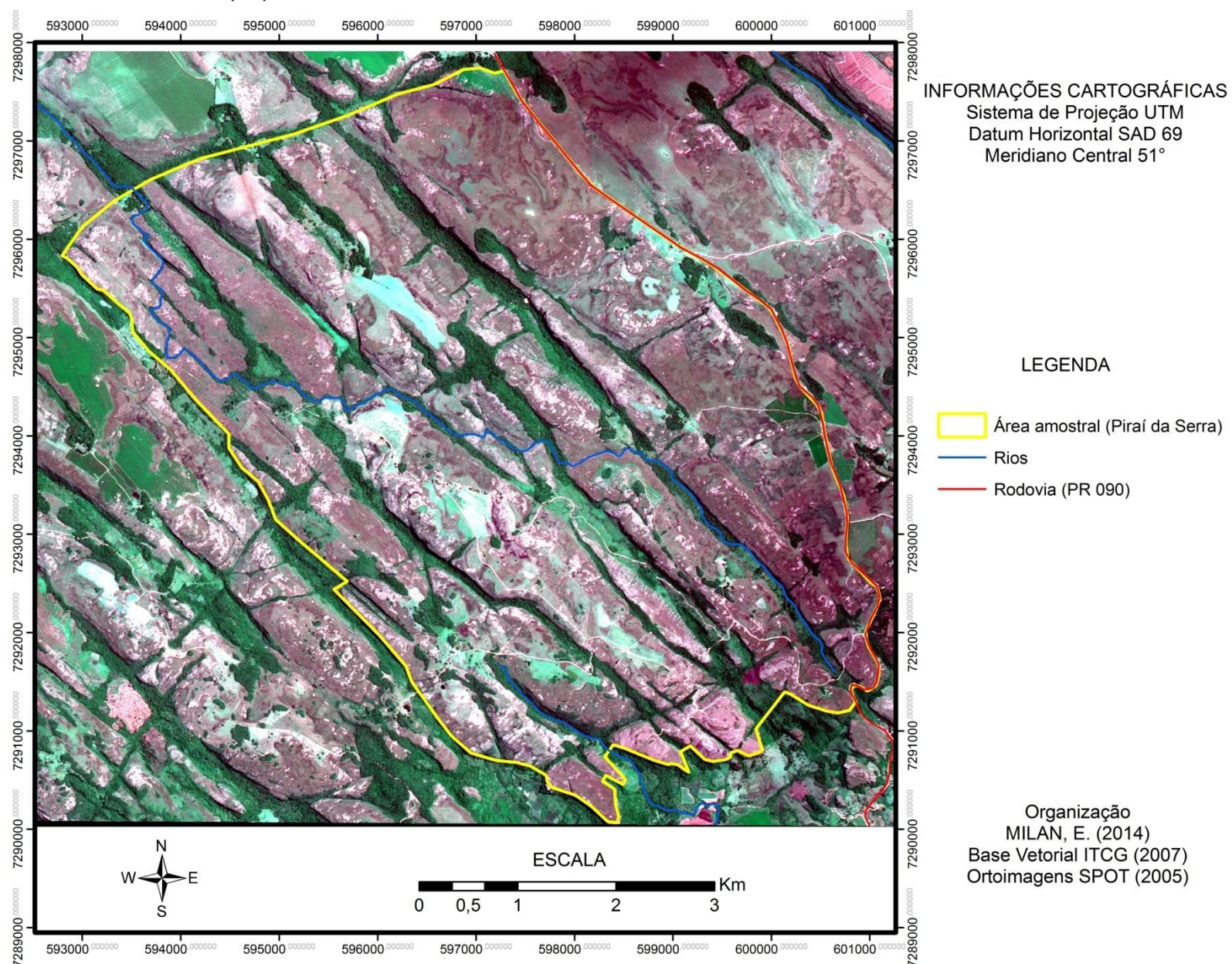


Figura 14: Porção norte da bacia do Rio São João, Carambeí (PR) - área amostral.

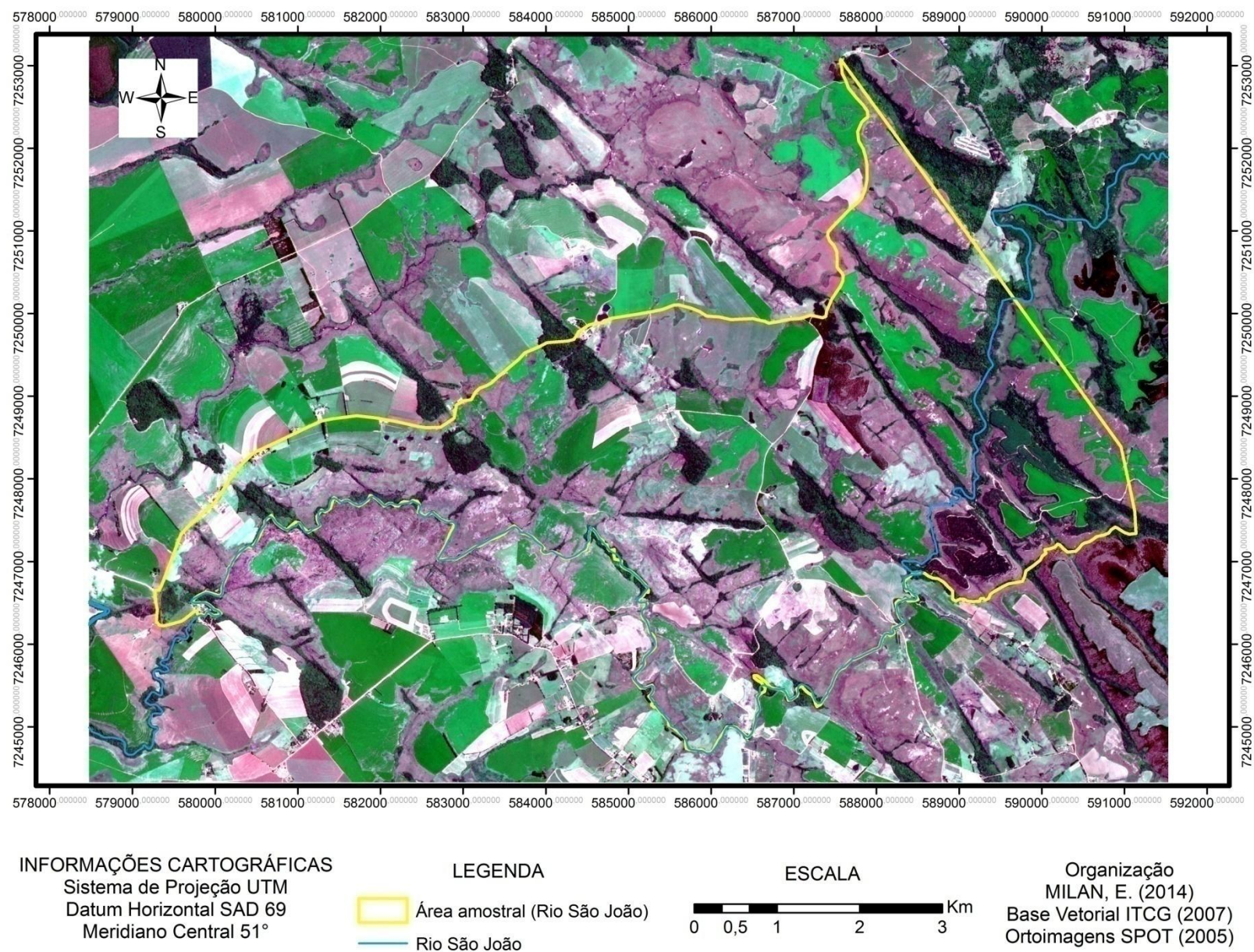
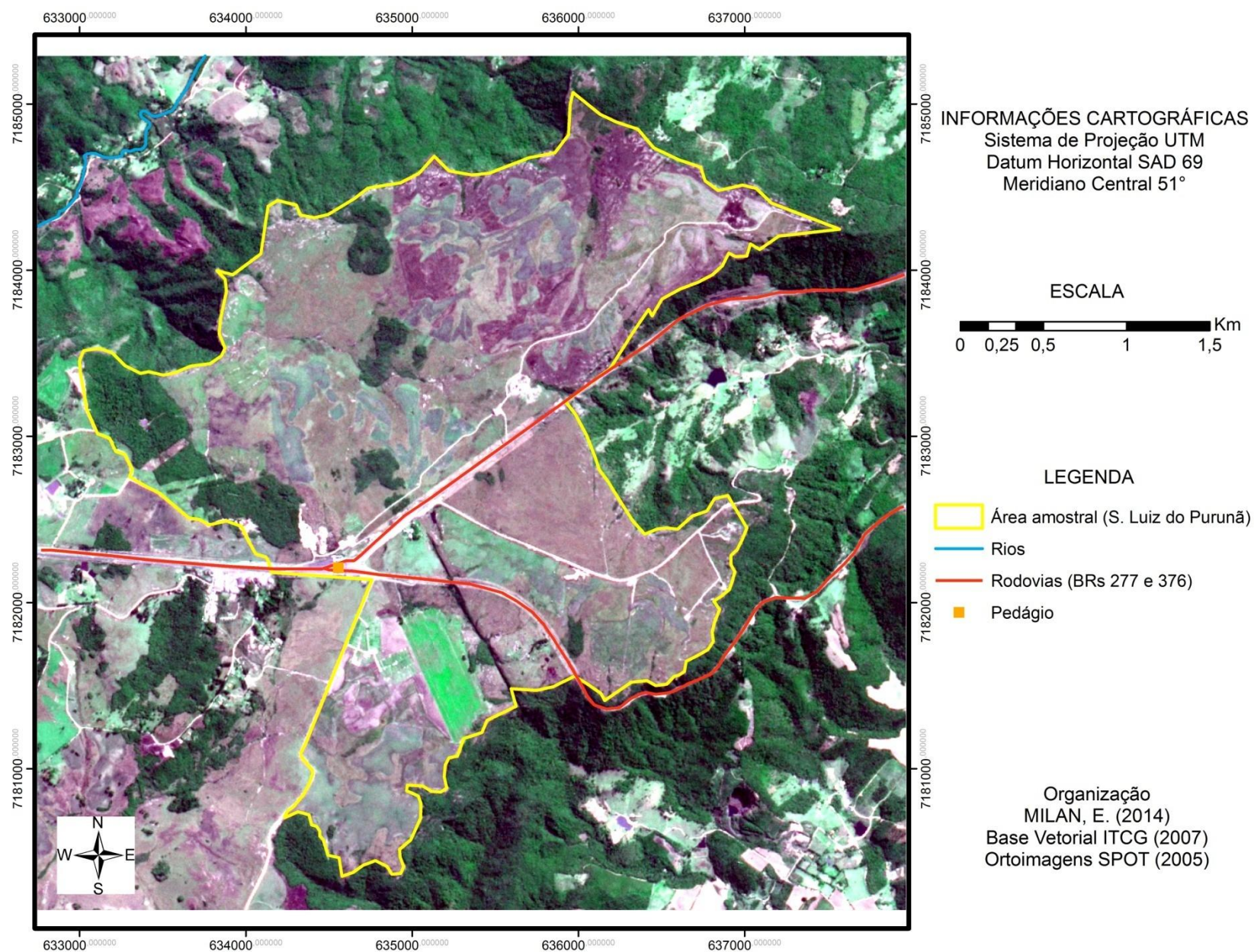


Figura 15: São Luiz do Purunã, Balsa Nova/Campo Largo (PR) - área amostral.



Todas as áreas estudadas se situam sobre a Formação Furnas e são cobertas por Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Estepe Gramíneo-lenhosa (EGL). No PEG ocorrem também relictos de Cerrado. A vegetação da APA (tanto a FOM quanto a EGL) assenta-se sobre diversificadas classes de solos, sendo as principais diferenças relacionadas à profundidade, textura e potencial hídrico (CARMO; MORO; NOGUEIRA, 2007; MORO; CARMO, 2007; MORO, 2010). O clima no PEG é Cfa Köppen, enquanto nas demais áreas é do tipo Cfb de Köppen. Quanto aos tamanhos das áreas, delinear-se os limites das áreas amostrais de forma a que ficassem entre os valores fixos das áreas controle, 798,97 ha do PEG e 3.803,28 ha do PEVV. A amplitude altimétrica possui pouca variação em São Luiz do Purunã (Figura 16), apresentando um relevo menos movimentado com morros aplainados, já nas demais áreas as variações na amplitude altimétrica são maiores e o relevo é mais movimentado, apresentando topos planos convexizados e rios encaixados nos lineamentos do terreno (Figuras 17, 18, 19, 20 e 21).

Figura 16: Cartograma de hipsometria da área amostral São Luiz do Purunã (Balsa Nova/Campo Largo, PR).

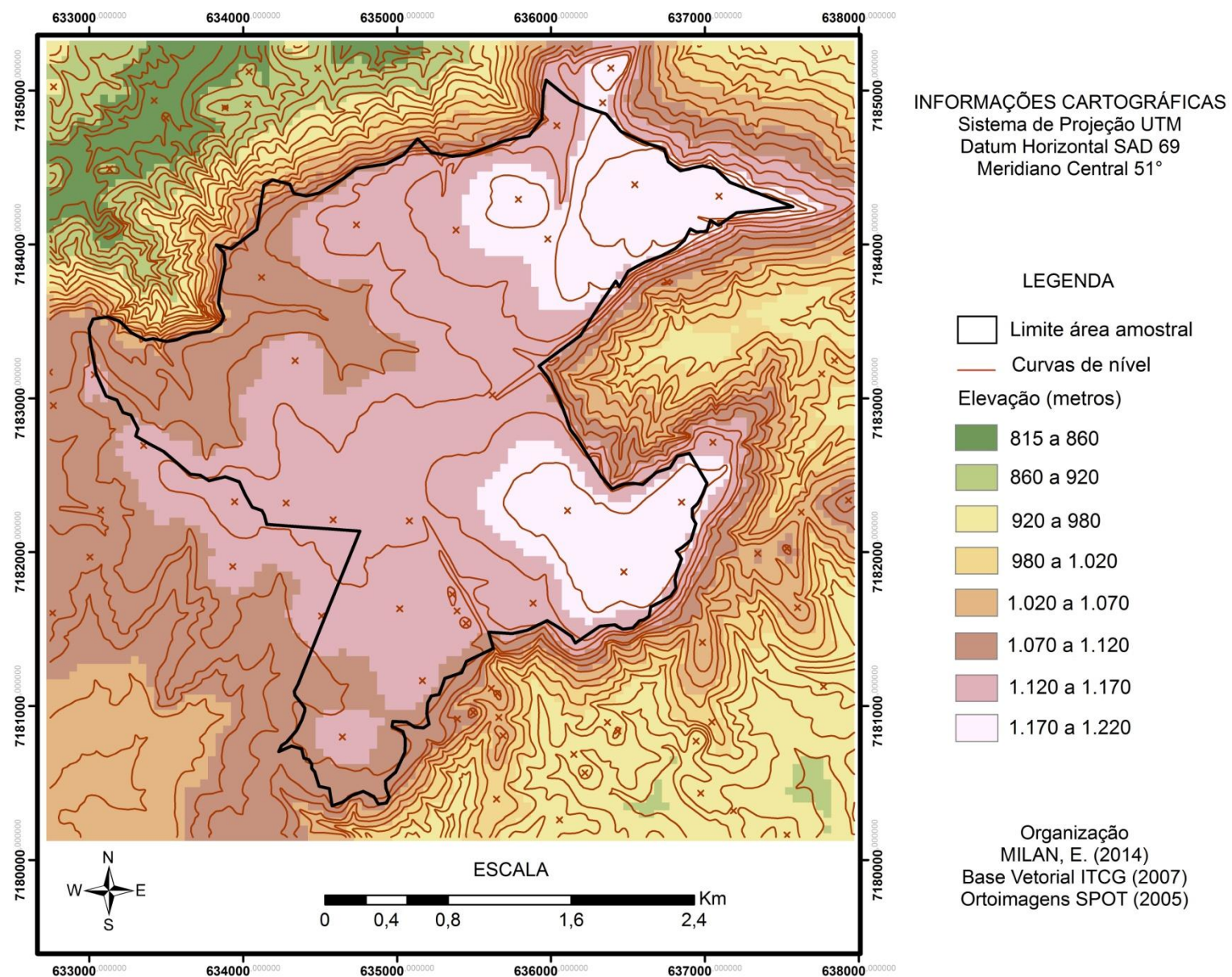


Figura 17: Cartograma de hipsometria da área controle Parque Estadual do Guartelá (Tibagi, PR).

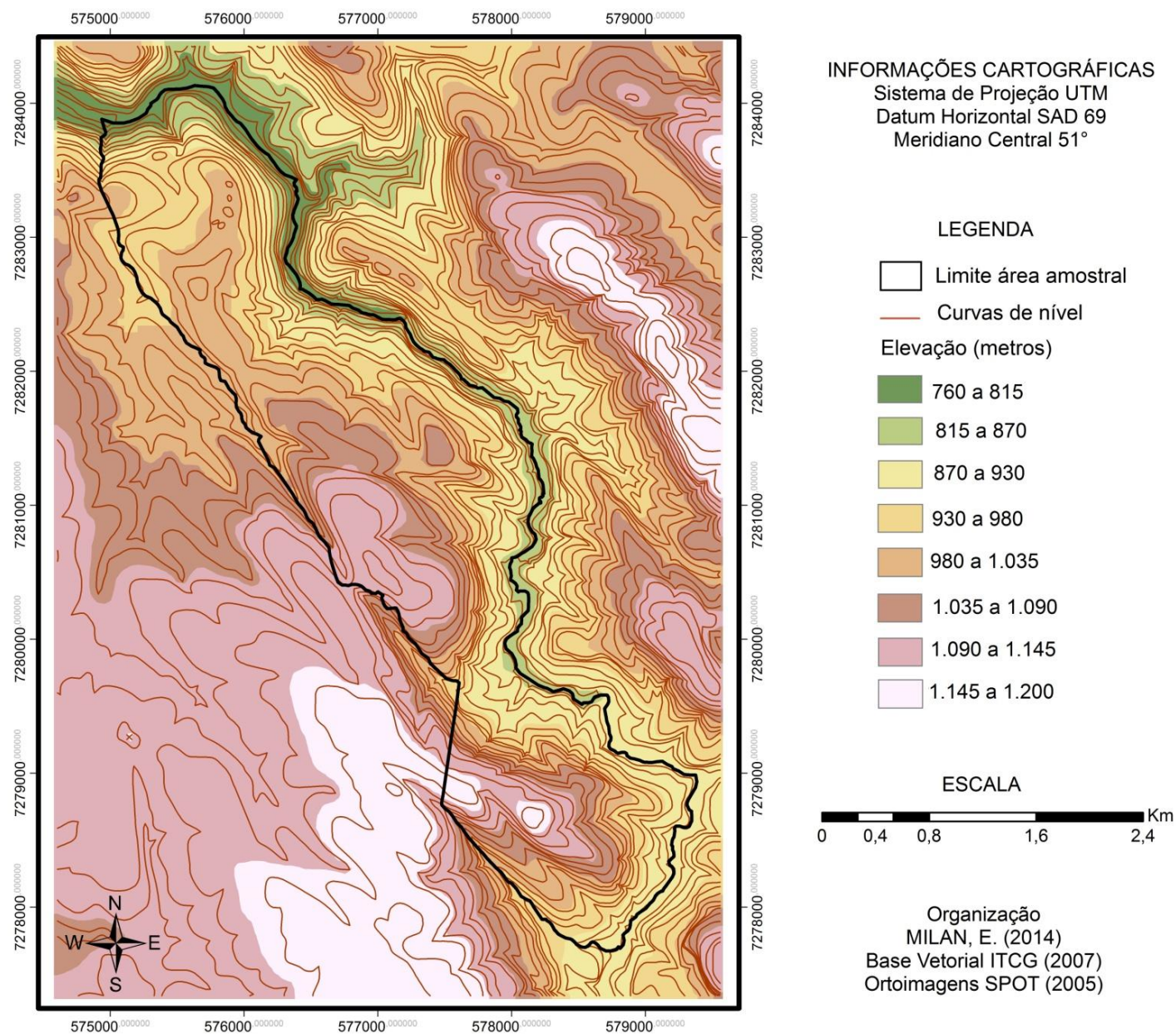


Figura 18: Cartograma de hipsometria da área controle Parque Estadual de Vila Velha (Ponta Grossa, PR).

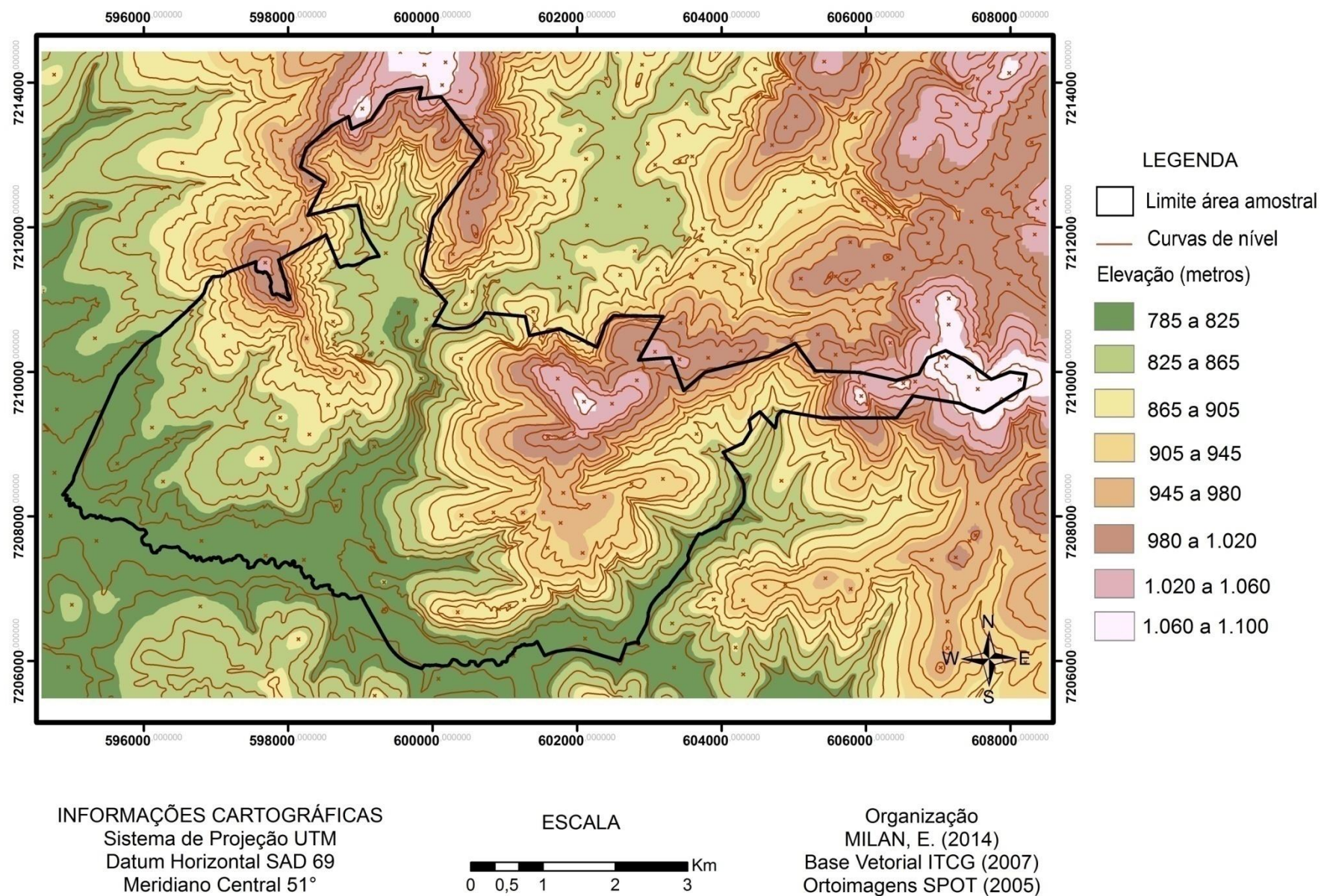


Figura 19: Cartograma de hipsometria da área amostral Pirai da Serra (Pirai do Sul, PR).

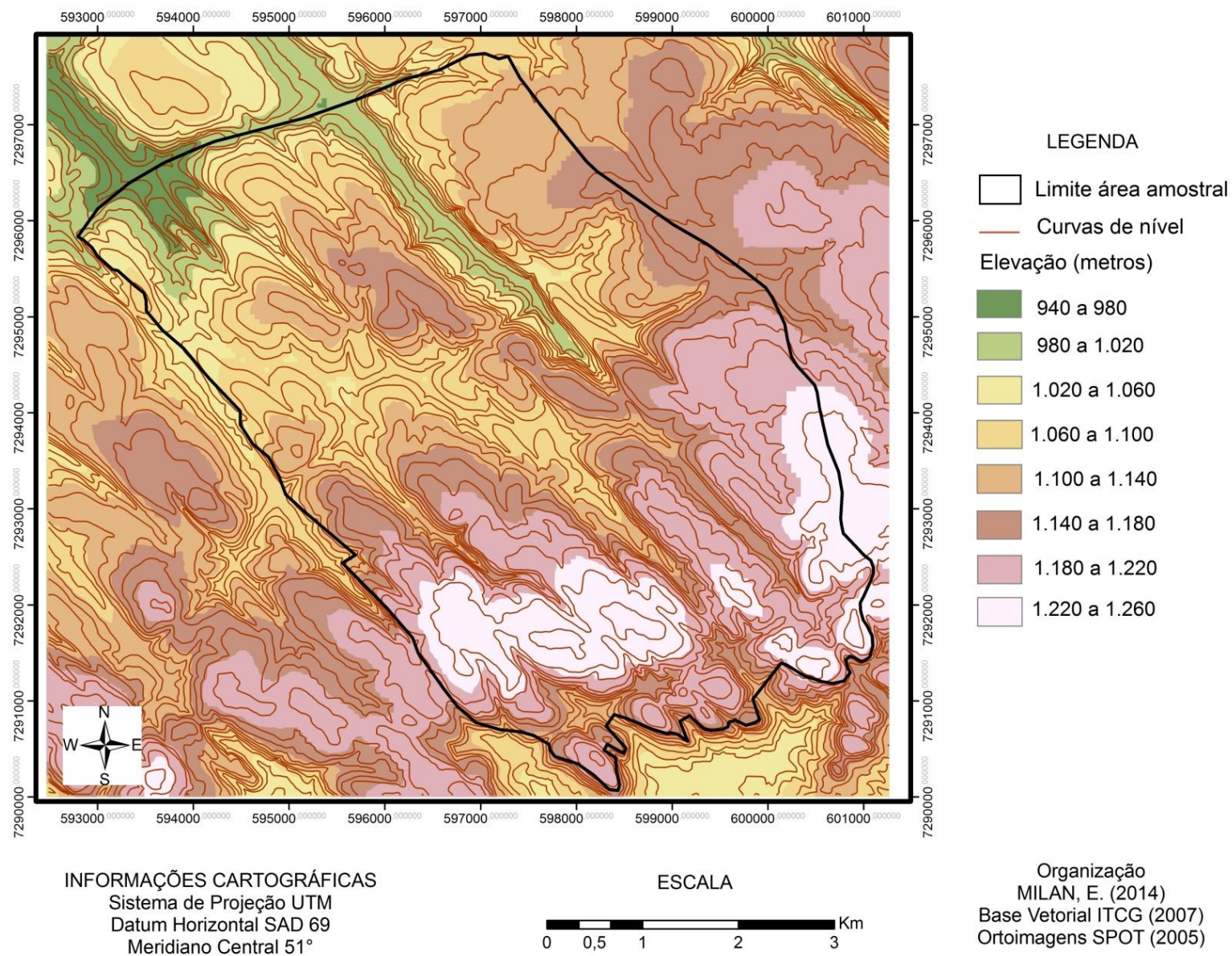


Figura 20: Cartograma de hipsometria da área amostral Rio São João (Carambeí, PR).

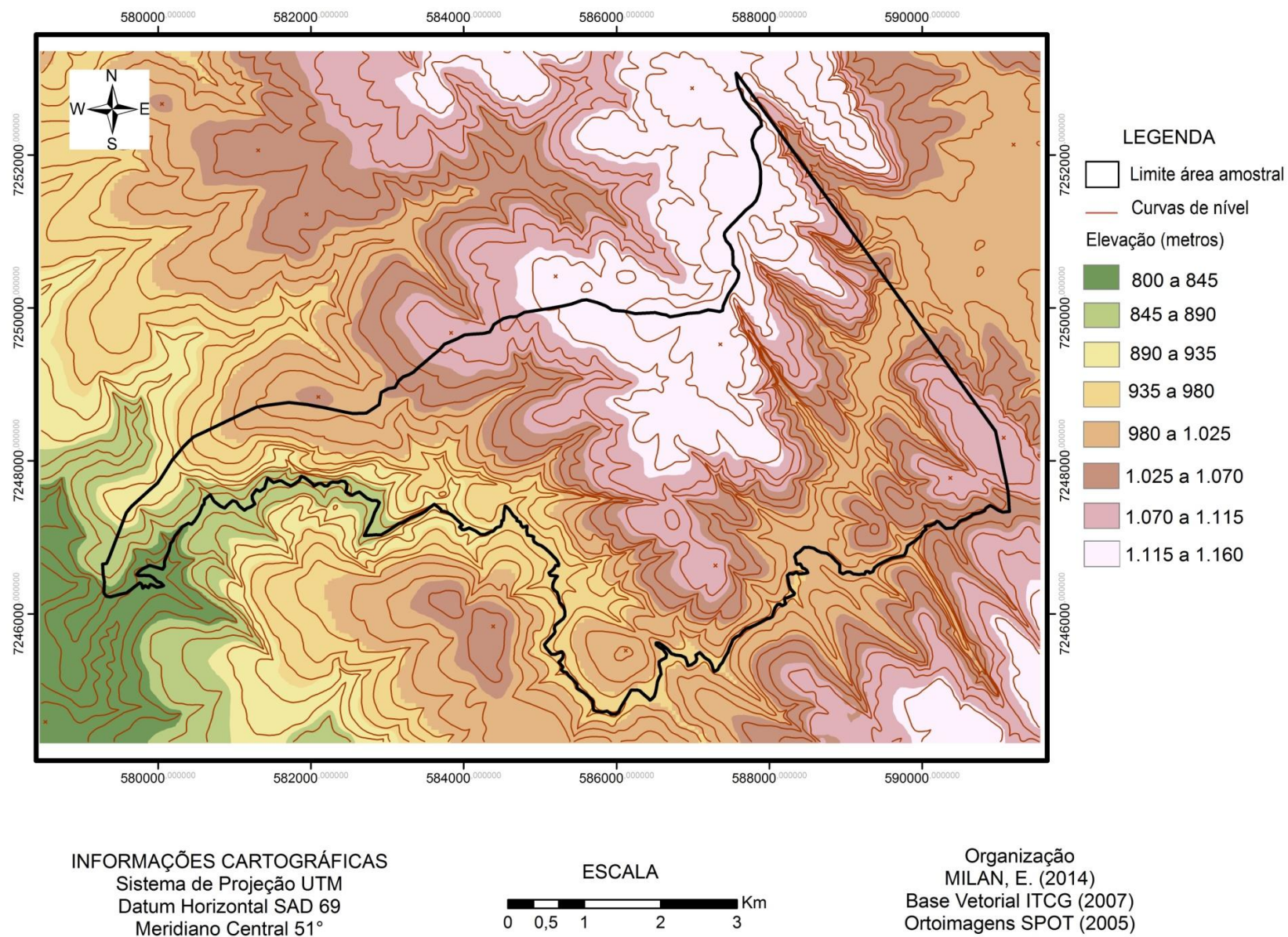
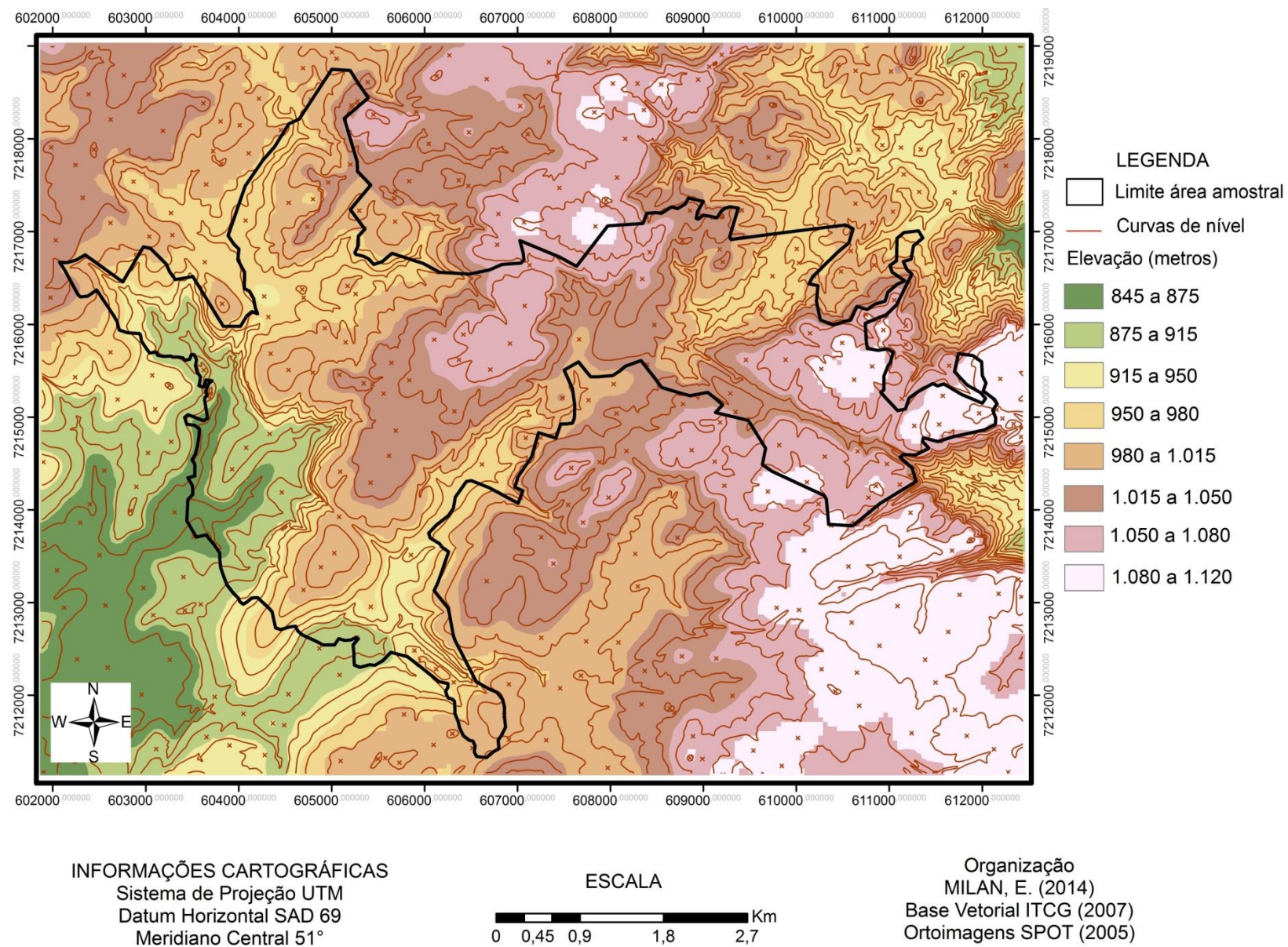


Figura 21: Cartograma de hipsometria da área amostral Parque Nacional dos Campos Gerais (Ponta Grossa, PR).



2.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise acurada de uma paisagem demanda uma base de dados com informações espaciais atualizadas que possa sistematizar e espacializar o território e suas mais variadas características (LANG; BLASCHKE, 2009).

As geotecnologias compreendem um conjunto de técnicas e programas computacionais de coleta, armazenamento, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica (WUTKE; SILVA; ORTH, 2006). O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são, dentro das geotecnologias, os mais empregados em estudos de Ecologia da Paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009). Segundo Florenzano (2002) os sistemas de sensoriamento remoto são ferramentas eficientes para o controle e análise de recursos naturais em geral, pois têm a capacidade de fazer o registro de dados da superfície e também da dinâmica da paisagem.

Os SIGs, utilizando como base modelagens matemáticas, integram o banco de dados com seus respectivos atributos georreferenciados, permitindo assim uma previsão ordenada, representada por meio de mapas, que pode antecipar a consequência de um fator em determinado espaço geográfico (LANG; BLASCHKE, 2009).

2.3.1 Materiais

Para a realização das análises foram utilizados os seguintes materiais:

- Ortoimagens do sensor SPOT 5 (2005) cedidas pelo Programa Paraná Cidade (SEDU-PR), com resolução espacial de 5 metros, em formato *.tiff*, utilizando para a APA da Escarpa Devoniana 22 imagens (2807-2, 2807-3, 2807-4, 2808-1, 2808-2, 2808-3, 2808-4, 2809-1, 2809-3, 2824-1, 2824-2, 2824-3, 2824-4, 2825-1, 2840-2, 2840-4, 2841-1, 2841-3, 2841-4, 2856-1, 2856-2 e 2856-4);
- Arquivos vetoriais em formato *.shp* dos limites das áreas de estudo, sendo estas a APA da Escarpa Devoniana, os parques estaduais do Guartelá, Vila Velha, parte do Parque Nacional dos Campos Gerais, região de Piraí da Serra, Bacia Hidrográfica do Rio São João e região de Balsa Nova;

- Os programas utilizados para geoprocessamento foram ArcGis 9.3 e Envi 4.7 licenciados e disponibilizados pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa;
- Para a análise da composição da estrutura da paisagem foi utilizado o programa Guidos 1.3 (VOGT et al., 2010) e a aplicação das métricas da paisagem se deu através do programa Fragstats 2.0 (McGARIGAL; MARKS, 1995), ambos de uso livre.

2.3.2 Métodos

Como procedimentos para obtenção dos dados a serem analisados (Figura 22), primeiramente selecionaram-se as ortoimagens referentes à área da APA da Escarpa Devoniana. Para isso utilizou-se como base o Mapeamento Sistemático do Paraná e, sobre este, adicionou-se o arquivo (*shapefile*) do limite da APA, sendo possível selecionar as imagens que a formam.

Seguiu-se com o procedimento de mosaicagem da APA através da união das imagens SPOT selecionadas. Posteriormente, usando o mosaico da APA como base, gerou-se uma “máscara”, recortando a área de interesse através do arquivo do limite da mesma. Através dos arquivos (*.shp*) com os limites das áreas estudadas, recortaram-se as mesmas do mosaico geral da APA.

A entrada de dados ocorre através de um mapa vetorial composto por duas classes, habitat (floresta - fragmentos de habitat valendo 1) e não-habitat (0). Assim, assume-se que toda a interface com o não-habitat seria um ecótono potencial com áreas abertas (campos, lavouras, banhados, ...). Assume-se esta simplificação da paisagem real, uma vez que outros elementos como áreas urbanas, estradas e cursos de água foram classificados nas áreas controle e seus valores foram considerados desprezíveis (RAMOS et al., 2007; MORO; MILAN; MORO, 2012; PILLAR, 2013¹). A definição dos fragmentos de FOM se deu a partir de fotointerpretação, usando critérios para a classificação dos diferentes tipos de uso, os quais apresentam como elementos de identificação: forma, tamanho, padrão,

¹ PILLAR, V. de P. (Coord.). **Biodiversidade dos campos sulinos e ecossistemas florestais associados: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável**. Relatório anual 2. Dez. 2013.

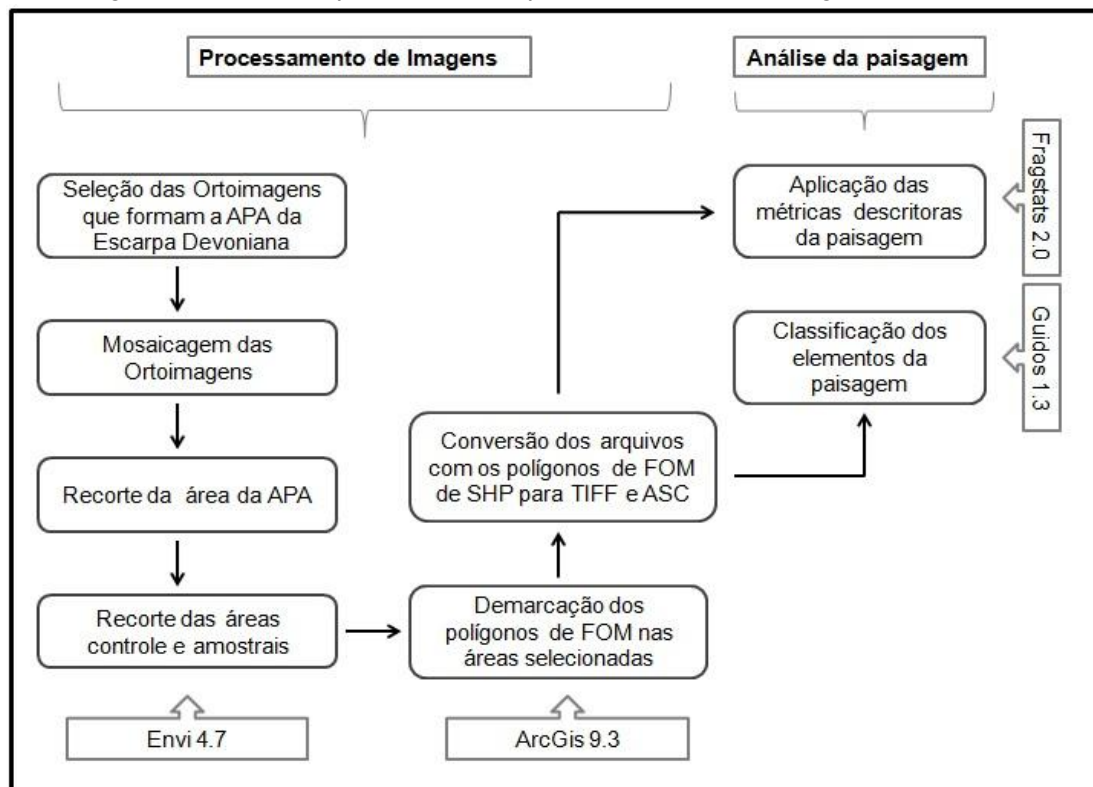
tonalidade/cor, textura e aspectos associados. De posse dos dados digitalizados, foi realizada a reambulação para sua validação (METZGER, 2003).

Para posterior processamento em programas de análise da estrutura (Guidos) e métricas de paisagem (Fragstats), os arquivos com os fragmentos de FOM foram convertidos de *.shp* para *.tiff* e *.asc*.

Considerando uma faixa de borda de 50 metros, sendo este valor atribuído arbitrariamente, uma vez que poucos autores se debruçaram sobre o estabelecimento de uma borda na Floresta com Araucária, sem chegar a um consenso (BALDISSERA; GANADE, 2005; FONTOURA; GANADE; LAROCA, 2006; MALCHOW; KOEHLER; PELLICO NETTO, 2006), as áreas estudadas tiveram seus elementos da paisagem classificados mediante o método de análise dos padrões morfológicos espaciais (MSPA) no programa Guidos. Os elementos da paisagem classificados são: matriz, áreas nucleares, bordas, corredores, falsos-corredores, ilhotas e perfuração.

Finalmente, foram calculadas as métricas de paisagem no programa Fragstats e os resultados numéricos, tanto do Guidos quanto do Fragstats, foram trabalhados em planilhas do *software* Excel (versão 2007).

Figura 22: Diagrama de blocos representando os procedimentos metodológicos.



Organização: A autora.

2.3.3 Métricas de Análise da Estrutura da Paisagem

Entre as várias ferramentas para efetuar procedimentos de avaliação numa paisagem, uma série de métodos é aplicada para estabelecer relações entre padrões espaciais e processos ecológicos, conhecidos como métricas ou índices de paisagem. Para Couto (2004), o termo métricas refere-se a algoritmos que quantificam características espaciais específicas de fragmentos, classes ou todo o mosaico da paisagem.

Metzger (2003) descreve e agrupa as principais métricas da paisagem em duas categorias: as métricas de composição e as de disposição. As métricas de composição referem-se às feições associadas à presença ou ausência de elementos na paisagem, sua riqueza e área ocupada. As métricas de disposição (ou configuração) relacionam-se a distribuição física desses elementos na paisagem. Elas quantificam o arranjo espacial dessas unidades em termos de grau de fragmentação, grau de conectividade e isolamento entre fragmentos, formato, complexidade, entre outros (McGARIGAL; MARKS, 1995).

2.3.4 Explicitação das métricas empregadas

São várias as métricas passíveis de cálculo no Fragstats, no entanto, sua seleção deve atentar para os objetivos a serem alcançados mediante sua análise.

Neste trabalho foram selecionadas as seguintes métricas descritoras da composição da paisagem (McGARIGAL; MARKS, 1995):

AREA (área) – área do fragmento florestal em hectares.

CA (área da classe) – área de cada classe (matriz e floresta) em hectares.

%LAND (porcentagem da paisagem) - porcentagem de cada classe na paisagem.

LPI (índice do maior fragmento) – porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento florestal.

SHDI (índice de diversidade de Shannon) – mede a heterogeneidade da paisagem em função da área ocupada pelas classes. Varia de 0 (paisagem basicamente homogênea, ou seja, ambas as classes matriz e floresta possuem áreas semelhantes) a 1 (paisagem complexa, heterogênea, o tamanho das classes varia).

SHEI (índice de uniformidade de Shannon) – incorpora o SHDI observado dividido pelo valor máximo possível do valor de SHDI. Varia de 0 (grande diferença de

valores entre as áreas ocupadas por ambas as classes) a 1 (todas as classes possuem a mesma área).

Para estimar a configuração da paisagem foram calculadas as seguintes métricas sobre os fragmentos (McGARIGAL; MARKS, 1995):

NP (número de fragmentos) – número de fragmentos florestais.

PERIM (perímetro) - perímetro dos fragmentos incluindo áreas vazadas.

PD (densidade de fragmento) – número de fragmentos florestais em 100 hectares de paisagem.

SHAPE (índice de forma) – representa a complexidade das formas assumidas pelos fragmentos. Varia de 1 ao infinito, sendo que 1 representa a forma perfeita redonda e quanto maior o valor, mais complexo e recortado é o formato do fragmento.

FRACT (dimensão fractal) – se refere a quanto os mesmos formatos dos fragmentos florestais se repetem na paisagem. Varia de 1 a 2, sendo a paisagem com fragmentos repetitivos de formas mais simples e regulares próxima a 1, e a paisagem com fragmentos de formas mais complexas e recortadas, por isso não muito “reproduzíveis”, próxima a 2.

As métricas que refletem tanto a composição quanto a configuração da paisagem levam em consideração uma distância pré-definida da borda (McGARIGAL; MARKS, 1995). Foram calculadas:

CORE (área nuclear) – área central do fragmento descontada uma faixa de borda. Trata-se de uma estimativa mais apurada da qualidade do habitat do que a área do fragmento em si, pois descarta a área sob efeito de borda.

O cálculo da distância de um fragmento ao outro (da mesma classe), baseado na distância euclidiana borda a borda, permite avaliar a proximidade entre os fragmentos. Esta é importante nos processos ecológicos e tem implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos (McGARIGAL; MARKS, 1995). Foram calculados:

ENN (distância do vizinho mais próximo VMP) – distância euclidiana borda a borda entre o fragmento e o mais próximo de mesma classe.

PROX (índice de proximidade) - equivale à área do polígono dividida pela soma das distâncias borda a borda entre o polígono em questão e todos os vizinhos dentro do raio de busca. Considera o tamanho e distância de todos os fragmentos e avalia a situação da paisagem entre duas condições opostas: a distribuição esparsa de fragmentos pequenos ou os agregados complexos de grandes fragmentos. O valor é

zero quando nenhum vizinho se encontra no raio de busca e aumenta à medida que mais fragmentos similares se encontram no raio de busca, considerando a área do fragmento. Para seu cálculo, utiliza-se um raio de busca em razão da espécie que se pretende estudar, como por exemplo, distâncias de dispersão.

CONNECT (índice de conectividade) - é igual ao número de junções funcionais, através da análise de *pixels* na imagem, entre todos os polígonos da classe correspondente dividido pelo número total de junções possíveis entre estes polígonos, multiplicado por 100 para converter em uma percentagem. O valor se aproxima de zero quando a classe consiste em poucos polígonos contendo ligações entre si, e aumenta à medida que cada parte da classe é conectada. Essas ligações podem ser estruturais ou funcionais, dependendo do critério definido pelo usuário da distância considerada funcional.

Tanto para o índice de proximidade quanto para calcular a conectividade estrutural foram utilizados os raios de busca hipotéticos de 50, 100 e 500 metros, levando-se em conta a provável dispersão de elementos da FOM (sementes, pólen ou organismos).

2.3.5. Estatística empregada

Foram aplicados testes estatísticos padrões nas métricas e índices utilizando-se o *software* PAST (HAMMER, 1999). Os resultados, quando as variâncias não eram homogêneas, foram testados através do Qui-quadrado, e quando eram homogêneas, pela Análise de Variância Um Fator (ANOVA *One-Way*).

Quando o valor médio de determinada distribuição não representava com precisão sua distribuição, em função dos altos valores de desvio-padrão, analisou-se o 2º e 3º quartis da mediana, que separam o bloco de dados em 50% e 75% de ocorrências, respectivamente.

A Análise de Componentes Principais (PCA) é um procedimento multivariado prospectivo utilizado na redução do conjunto de dados para apenas duas variáveis mais importantes, desde que esses componentes principais estejam correlacionados com variáveis subjacentes (HAMMER, 1999). A análise só terá importância prática se dois componentes forem responsáveis, num dado nível de confiança, por pelo menos 80% da distribuição dos dados. O PCA foi conduzido a partir dos valores de

correlação de Spearman (r_s), para dados normalizados, o qual que varia de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1 ou -1, mais forte é a associação.

A Análise Hierárquica de Agrupamento (*cluster*) agrupa numerosos elementos em grupos menores e gera um diagrama hierárquico demonstrando grupos de variáveis ou associações (VALENTIN, 2000). Para o agrupamento das áreas semelhantes, foi empregado o algoritmo de ligação UPGMA, que avalia a dissimilaridade entre pares de dados ao gerar coligações baseadas na média das distâncias euclidianas entre os membros de dois grupos (JONGMAN; TER BRAAK; VAN TONGEREN, 2005). O dendrograma gerado também só será significativo se apresentar uma correlação cofenética a partir dos valores de correlação de Spearman (r_s), para dados normalizados, próximo de 1 ou -1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DIVERSIDADE DA PAISAGEM

Tendo como foco de estudo os fragmentos florestais, enquanto ocupados pela metacomunidade FOM, as classes da paisagem para as áreas estudadas se compõem de matriz e floresta. Os resultados encontrados demonstram variabilidade entre as áreas estudadas no percentual da paisagem ocupada em cada uma dessas classes (Tabela 2).

As análises demonstram que nos parques - PEG, PEVV e PNCG, a porcentagem ocupada pela matriz na paisagem é semelhante, aproximando-se de 70%. No PEVV, Moro, Milan e Moro (2012) também encontraram valor próximo a 70% para a matriz. Nos outros locais - Piraí da Serra, rio São João e São Luiz do Purunã - essa porcentagem sobe para 85 a 90%, levando à especulação de que, devido ao uso, os campos são privilegiados em relação à floresta, podendo ser convertidos em terras agriculturáveis.

Tabela 2: Porcentagem de área ocupada em cada classe na paisagem.

Classes	PEG		PEVV		PNCG		Piraí da Serra		Rio São João		S. Luiz Purunã	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Matriz	66,15	528,5	67,05	2.435,08	69,35	1.698,60	82,59	2.919,32	85,65	2.929,74	89,22	832
Floresta	33,85	270,47	32,95	1.368,19	30,65	750,72	17,41	615,4	14,35	490,86	10,77	100,52
Total	100	798,97	100	3.803,28	100	2.449,32	100	3.534,72	100	3.420,60	100	932,52

Complementarmente, a classe floresta apresenta nos parques valores próximos a 30%, enquanto nos outros locais variam de 17 a 10%.

Os valores de diversidade (SHDI) encontrados para as áreas novamente revelam um padrão em relação aos parques com valores próximos a 0,60, o que mostra uma paisagem de diversidade baixa a moderada (Tabela 3). Nos outros locais, o valor de 0,46 a 0,34 indica uma diversidade baixa. Para Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012), que analisaram anteriormente Piraí da Serra e PNCG, a SHDI foi alta, entre 0,68 e 0,99. Para Metzger (2004), paisagens mais diversificadas favorecem o desenvolvimento de espécies mais generalistas, aumentando de modo

indireto, a mortalidade de espécies sensíveis a fragmentação. Por outro lado, paisagens mais homogêneas, com menor índice de diversidade, favorecem o desenvolvimento de espécies que necessitam de amplas áreas de hábitat interno, sensíveis a fragmentação.

Quanto à uniformidade (SHEI) (Tabela 3), verificaram-se valores próximos a 0,90 para os parques, indicando uma homogeneidade relativamente alta na área ocupada pelas classes e favorecendo os fluxos biológicos entre as espécies que habitam a região, enquanto nos demais locais os valores variaram de 0,66 a 0,49 apontando uma situação menos favorável aos fluxos. Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) haviam encontrado anteriormente uma uniformidade moderada de 0,62 a 0,73.

No conjunto amostral, parques e não-parques diferem significativamente ($p < 0,006$) e as áreas não-parques, supostamente mais impactadas pelo manejo antrópico, Pirai da Serra, Rio São João e São Luiz do Purunã, são todas menos diversas e menos uniformes ($p < 0,99$). Quando avaliada em relação aos seus componentes principais, obtém-se que um único fator explicativo, provavelmente o controle estrutural, seria responsável por 99,52% da variabilidade de distribuição dos fragmentos.

Tabela 3: Índices de diversidade e uniformidade para as áreas estudadas.

Índices	PEG	PEVV	PNCG	Pirai da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã
SHDI	0,62	0,63	0,61	0,46	0,41	0,34
SHEI	0,89	0,91	0,89	0,66	0,59	0,49

Para estimar a área potencial de ecótonos, ou seja, quanto de cada área estudada configura-se como uma transição entre floresta e matriz, calcularam-se os perímetros dos fragmentos, verificando a porcentagem que estes ocupam na paisagem. Somados, os resultados encontrados para as áreas estudadas (Tabela 4) apontam para um valor de 41 % de possíveis ecótonos.

Tabela 4: Porcentagem da paisagem potencialmente ecotonal para as áreas estudadas.

	PEG	PEVV	PNCG	Pirai da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã	Total
Área (ha)	798,97	3.803,28	2.449,32	3.534,72	3.420,60	932,52	14.939,41
% perímetro fragmentos FOM	12,3	4,7	7,6	6,5	5,5	4,2	40,8

3.2 TAMANHO E FORMA DOS FRAGMENTOS

A área do fragmento é um dos parâmetros mais importantes para explicar as variações de riqueza de espécies que, em geral, diminui quando a área do fragmento se reduz à área mínima necessária para a sobrevivência das populações ou comunidades (METZGER, 1999). O número de fragmentos, sua densidade e tamanho médio também são importantes informações sobre a configuração da paisagem, visto que estão ligados a vários processos ecológicos como a formação de metacomunidades e/ou o grau de fragmentação (METZGER, 2003).

Para facilitar a análise dos fragmentos, estes foram divididos em classes de tamanho (Tabela 5). Os resultados (Figura 23) apontam para uma tendência no sentido de que, tanto nas áreas controle quanto nas áreas amostrais, cerca de 90% dos fragmentos possuem tamanho de até 10 ha, que ocupam um percentual de menos de 10% da área de toda a paisagem.

Os fragmentos presentes nas classes de tamanho entre 10 e > 100 ha são os que ocupam maior porcentagem na paisagem, tendo maior representatividade embora em pequena quantidade. Assim, o maior fragmento encontrado, a área-fonte, ocupa nas áreas controle percentuais de 12,1% no PEG e 10,1% no PEVV, enquanto nas áreas amostrais os valores são de 6,7% em Piraí da Serra, 3,6% no Rio São João, 6,8% no PNCG e 2,8% em São Luiz do Purunã.

Portanto, verificam-se numerosos fragmentos pequenos e poucos fragmentos de maior dimensão, demonstrando grande variabilidade entre as classes de tamanho dos fragmentos. Essa heterogeneidade também pode ser observada pelos valores de tamanho médio, mediana e desvio padrão encontrados para as áreas (Tabela 6). Verifica-se nas áreas controle a média de tamanho de 2,81 ha ($\pm 12,06$) para o PEG e de 15,37 ha ($\pm 54,86$) para o PEVV. Nas áreas amostrais foram observados os valores de média de 4,30 ha ($\pm 20,53$) para Piraí da Serra, 4,19 ha ($\pm 12,95$) para a o rio São João, 3,67 ha ($\pm 18,25$) para o PNCG e 1,5 ha ($\pm 4,12$) para São Luiz do Purunã. Para os Campos Gerais, Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) verificaram que as médias de tamanho para os fragmentos florestais variavam de 8,6 a 22,2 ha.

Tabela 5: Classes de tamanhos dos fragmentos florestais nas áreas estudadas.

PEG				PEVV			
Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)	Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)
< 1	77	12,58	1,46	< 1	46	17,57	0,47
1 a 10	15	55,56	6,45	1 a 10	29	96,60	2,52
10 a 100	3	97,74	11,35	10 a 100	10	315,46	8,29
> 100	1	104,60	12,15	> 100	4	938,56	24,67
Total	96	270,47	31,42	Total	89	1368,19	32,95

PNCG				Pirai da Serra			
Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)	Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)
< 1	174	36,56	1,49	< 1	99	22,72	0,64
1 a 10	22	67,74	2,76	1 a 10	31	102,17	2,89
10 a 100	6	342,48	13,98	10 a 100	12	253,28	7,16
> 100	2	303,94	12,41	> 100	1	237,23	6,71
Total	204	750,72	30,65	Total	143	615,4	17,41

Rio São João				São Luiz do Purunã			
Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)	Tamanho do fragmento (ha)	Número de fragmentos	Área (ha)	Porcentagem da paisagem (%)
< 1	68	16,45	0,48	< 1	56	13,58	1,45
1 a 10	38	121,15	3,54	1 a 10	8	31,42	3,37
10 a 100	10	229,71	6,71	10 a 100	3	55,00	5,90
> 100	1	123,55	3,61	> 100	0	0	0
Total	117	490,86	14,35	Total	67	100,52	10,78

Como a média é a soma das áreas dividida pelo número total de fragmentos, o valor médio não reflete com precisão a realidade encontrada na paisagem quando o desvio padrão é alto, sendo importante a análise da mediana, que em todas as áreas estudadas ficou abaixo de 1 ha, o que implica afirmar, em termos absolutos, que metade dos fragmentos não chega a atingir 1 ha de tamanho. Portanto, pode-se considerar que, para a APA da Escarpa Devoniana, a paisagem florestal é bastante fragmentada e oportuniza uma multiplicidade de ecótonos com a matriz campestre.

Deve-se lembrar que, quanto menor o fragmento, maior será a influência dos fatores externos sobre eles, afetando a dinâmica interna do ecossistema. Fragmentos com pouca área tendem a abrigar populações reduzidas de

determinadas espécies, o que, muitas vezes, pode comprometer a manutenção da espécie em questão (KAPOS, 1989). Todavia, enquanto fragmentos de tamanho elevado são importantes na manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, os pequenos remanescentes cumprem funções relevantes na paisagem, podendo funcionar como elementos de ligação entre grandes áreas, os trampolins ecológicos (SAURA; BODIN; FORTIN, 2014) promovendo um aumento no nível de heterogeneidade da matriz e atuando como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares que só ocorrem localmente (FORMAN; GODRON, 1986). Isto é especialmente verdadeiro para paisagens naturalmente fragmentadas (MORO; NANUNCIO; DALAZOANA, 2012).

Tabela 6: Parâmetros do tamanho dos fragmentos nas áreas estudadas

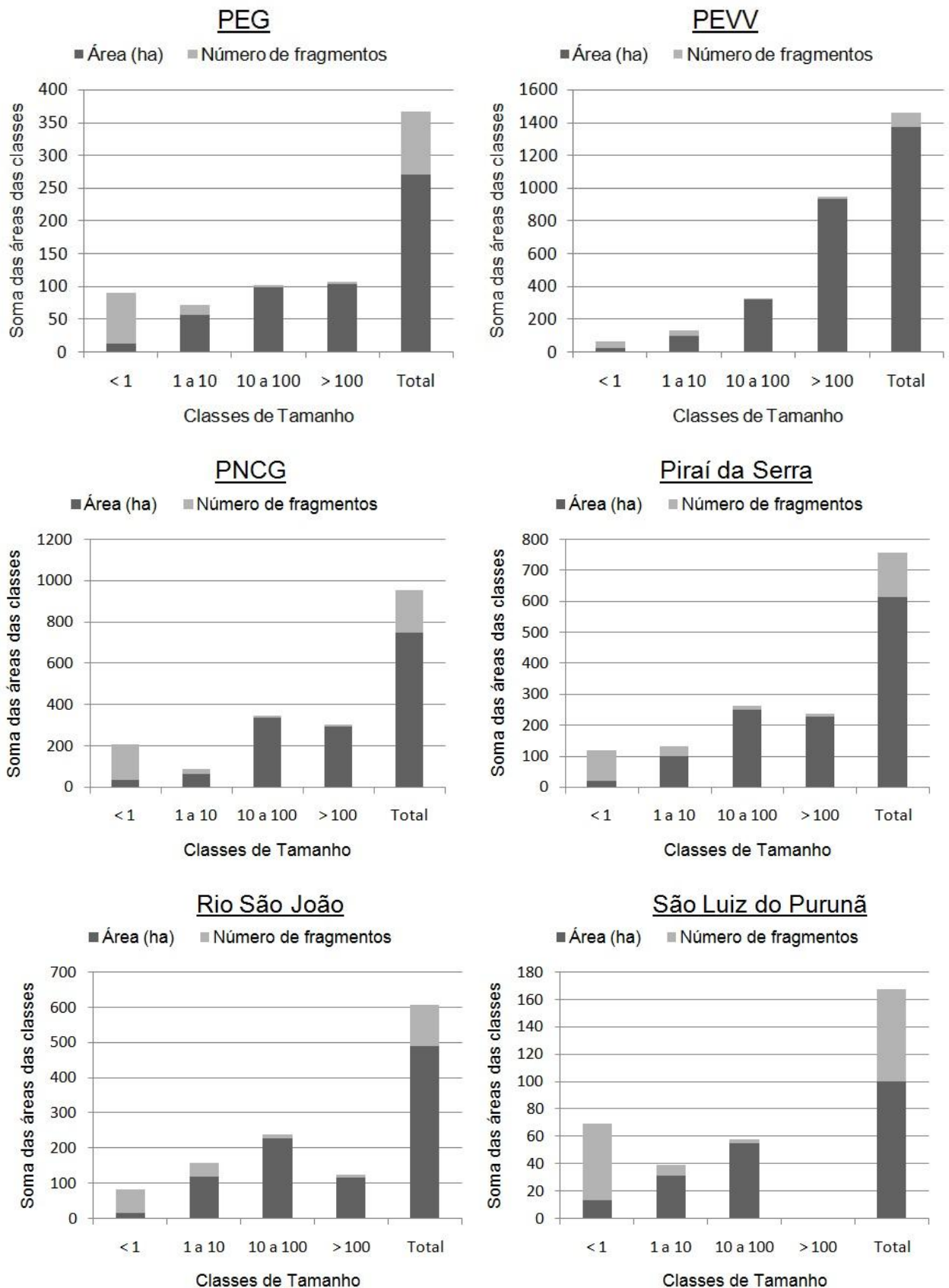
Área dos Fragmentos	PEG	PEVV	PNCG	Piraí da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã
Média	2,81	15,37	3,67	4,30	4,19	1,5
Mediana	0,11	0,93	0,00	0,29	0,00	0,21
Desvio Padrão	12,06	54,86	18,25	20,53	12,95	4,12

Nas análises referentes à forma dos fragmentos (SHAPE) na tabela 7 verificaram-se inclusos na classe de formato 1 os valores de 13 fragmentos no PEG, dois no PEVV, 18 no PNCG, sete em Piraí da Serra, 14 no rio São João e três em São Luiz do Purunã. Por apresentarem valor igual a 1, estes fragmentos, apesar de serem circulares, ou seja, possuírem formato ideal para conservação são desfavorecidos pelo seu pequeno tamanho, inferior a 1 ha.

A classe de formato entre 1,01 e 1,99, ou seja, com formato ainda relativamente circular, é a mais expressiva, agrupando a grande maioria dos fragmentos em todas as áreas estudadas. Apesar de a maioria encontrar-se nas classes de menor tamanho, muitos já apresentam área nuclear.

Na sequência vem a classe entre 2 e 3,99, que também concentra um número significativo de fragmentos com maior complexidade na forma, mais irregulares. Nesta classe de formato, os fragmentos dividem-se entre todas as classes de tamanho, assim, além de complexidade na forma, ganham também maior abrangência na paisagem, facilitando a manutenção da diversidade ecológica.

Figura 23: Contribuição da quantidade de fragmentos em cada classe na área total ocupada pelos fragmentos na paisagem.



Na classe de SHAPE de 4 a 7, o número de fragmentos é reduzido, o que é compensado, no entanto, pelo seu tamanho, os maiores da paisagem. Na sequência, com apenas um representante em Piraí da Serra e outro no rio São João, vem a classe de formato superior a 7. Estes fragmentos irregulares com recortes e invaginações, ou seja, com um formato geométrico mais complexo do que nas demais classes, constituem as áreas-fonte de ambos os locais. Assim, seu formato mais irregular propicia uma ampla formação de ecótonos, mas, também, de bordas.

Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) apontam o padrão de forma nas florestas dos Campos Gerais como sendo preferencialmente linear, acompanhando áreas ripárias e lineamentos estruturais, ou capões arredondados. Assim, na paisagem da APA da Escarpa Devoniana predominam fragmentos com SHAPE entre 1 e 4.

Tabela 7: Classes dos índices de forma (SHAPE) para as áreas estudadas.

SHAPE	PEG	PEVV	PNCG	Piraí da Serra	Rio São João	S. Luiz do Purunã
1	13	2	18	7	14	3
1,01 a 1,99	65	66	160	99	57	54
2 a 3,99	15	20	23	32	40	9
4 a 7	3	1	3	4	5	1
> 7	0	0	0	1	1	0
Total	96	89	204	143	117	67

Ao analisar a dimensão fractal (FRACT) na tabela 8, é possível inferir que, na maioria das áreas estudadas, todos os fragmentos possuem formatos que se repetem com regularidade no espaço, com valores de FRACT entre 1 e 1,29. Isso pode ser explicado considerando os valores de SHAPE, onde a maioria massiva dos fragmentos possui formatos aproximadamente regulares e menos complexos. Piraí da Serra e o rio São João possuem também alguns fragmentos com FRACT entre 1,30 e 2, mas estes são menos recorrentes na paisagem devido à sua maior complexidade de forma. Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) também encontraram valores médios semelhantes para os fragmentos de floresta na forma de capões (FRACT 1,37) e de florestas encaixadas em cânions ou áreas ripárias (FRACT 1,18).

Verifica-se a progressiva tendência para a complexidade dos fragmentos, sendo os menores mais arredondados, simples e regulares e, conforme a área aumenta, mais irregulares e complexos se tornam. Os trabalhos de Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) e de Moro, Milan e Moro (2012) demonstram que este padrão

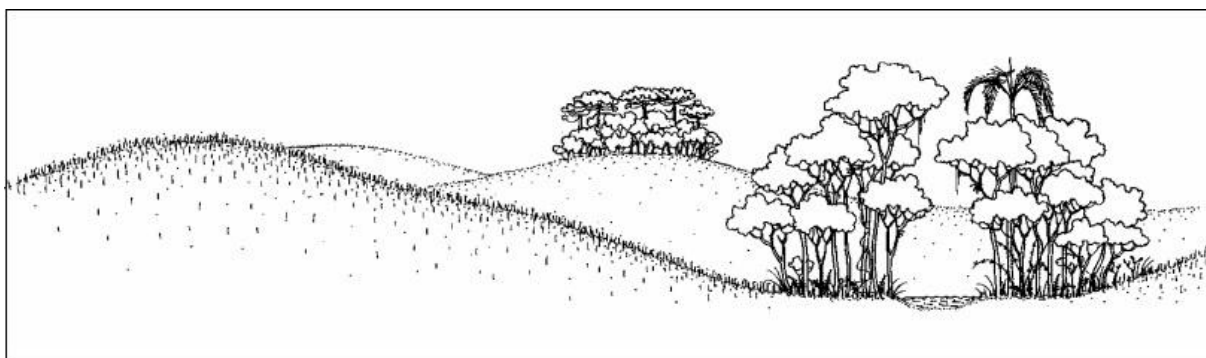
resulta de controle estrutural geomorfológico, com os fragmentos maiores associados aos lineamentos estruturais do relevo ou a corpos hídricos, compondo matas ripárias, e fragmentos menores possivelmente se desenvolvendo sobre pequenas porções de solos mais férteis e profundos, de maior potencial hídrico, (Figura 24).

Especula-se também a possibilidade destes capões terem um papel nucleador do avanço da floresta sobre o campo através da facilitação realizada por determinadas espécies (YARRANTON; MORRISON, 1974). Diversos trabalhos foram desenvolvidos em áreas de ecótono campo-floresta no Rio Grande do Sul (PILLAR, 2003; DUARTE et al., 2006; SANTOS et al., 2011; OLIVEIRA; PILLAR, 2004; MACHADO, 2004) e, no que diz respeito à posição na paisagem, existe esta possibilidade também na paisagem da APA da Escarpa Devoniana.

Tabela 8: Classes da dimensão fractal (FRACT) para as áreas estudadas.

FRACT	PEG	PEVV	PNCG	Pirai da Serra	Rio São João	S. Luiz do Purunã
1 a 1,19	87	84	198	121	82	61
1,20 a 1,29	9	5	6	21	32	6
1,30 a 2	0	0	0	1	3	0
Total	96	89	204	143	117	67

Figura 24: Perfil esquemático dos capões encontrados na APA da Escarpa Devoniana.



Fonte: Roderjan et al., 2002.

3.3 FRAGMENTAÇÃO E CONECTIVIDADE DA PAISAGEM

Analisando a densidade de fragmentos (Tabela 9), considerando que seu controle seja estrutural (PCA de 99,52% para o primeiro fator), pode-se perceber que nas áreas controle e amostrais, a densidade por 100 ha não difere significativamente entre as áreas ($p = 0,008$).

Tabela 9: Densidade dos fragmentos nas áreas estudadas.

	PEG	PEVV	PNCG	Piraí da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã
Numero total de fragmentos na paisagem	96	89	204	143	117	67
Área (ha) total da paisagem	798,97	3.803,28	2.449,32	3.534,72	3.420,60	932,52
Densidade (em 100 ha)	11,15	2,14	8,32	4,04	3,42	7,18

A análise da configuração espacial dos elementos da paisagem requer o estabelecimento de um valor de borda para os fragmentos, neste caso 50 m a contar do limite externo do fragmento em direção ao seu interior. Este valor foi atribuído arbitrariamente, uma vez que poucos autores se debruçaram sobre o estabelecimento de uma borda na Floresta com Araucária, sem chegar a um consenso (BALDISSERA; GANADE, 2005; FONTOURA; GANADE; LAROCA, 2006; MALCHOW; KOEHLER; PELLICO NETTO, 2006).

A atribuição de um valor de borda permite o cálculo de outros elementos importantes na análise da estrutura de uma paisagem, como a área nuclear do fragmento, corredores, falsos-corredores (laços e ramos), ilhotas e perfurações, sendo fundamental o conhecimento das funções destes para o planejamento e gestão da paisagem.

Para organismos fortemente associados ao interior do fragmento, a porcentagem da paisagem coberta pela borda pode prover uma medição melhor da disponibilidade do hábitat que a simples porcentagem da paisagem coberta por fragmentos. Os valores encontrados para a área nuclear, se analisados conjuntamente aos resultados para as bordas, conseguem explicitar a configuração espacial dos fragmentos na paisagem.

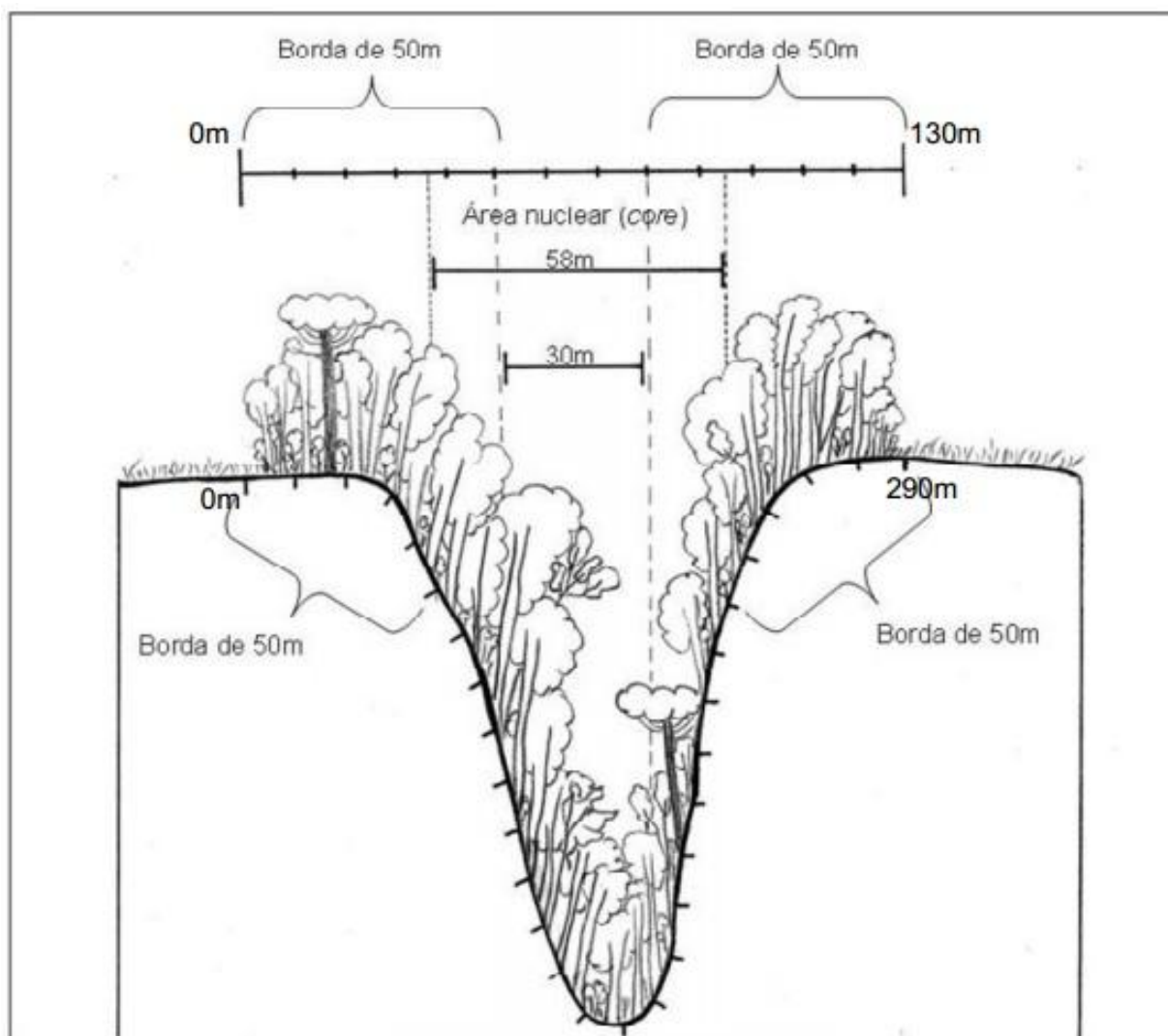
Desta forma, é importante notar que em Piraí da Serra, no rio São João e em São Luiz do Purunã, assim como no PEG, os valores relativos de borda superam os de área nuclear nos fragmentos (Tabela 10). Analisando a posição que estes fragmentos ocupam na paisagem, percebe-se que a maioria está fortemente controlada pela geologia e geomorfologia, gerando fragmentos alongados, mais propensos ao efeito de borda. Entretanto, este valor de borda pode apresentar um viés devido à declividade não considerada do terreno, por exemplo. Moro, Nanuncio e Dalazoana (2012) estimam para fragmentos lineares ligados a fendas e cânions, cerca de 53% de subestimação da área nuclear (Figura 25).

Analisando os valores individualmente, no PNCG, os valores de área nuclear são maiores em relação aos valores de borda, assim como no PEVV, em termos de porcentagem ocupada na paisagem (Tabela 10). Estes dados podem ser explicados pela conformação comum a paisagem destes dois parques, onde os fragmentos de grande porte, diferentemente das outras áreas, são menos alongados, implicando em menor porcentagem de borda.

As ilhotas, ou seja, os fragmentos muito pequenos, isolados e sem área nuclear, merecem destaque, pois possivelmente cumprem a função de trampolins ecológicos, facilitando o fluxo biológico na paisagem para espécies vágéis ou ainda podem estar iniciando o processo de nucleação sobre o campo. Neste sentido, em todas as áreas estudadas, embora sua porcentagem na paisagem não alcance nem 3% (Tabela 10), se distribuem em elevado número pela paisagem (PEG = 70, PEVV = 57, PNCG = 188, Piraí da Serra = 115, Rio São João = 90 e São Luiz do Purunã = 59), na maioria das vezes, próximos a fragmentos de maior porte (Figuras 26, 27, 28, 29, 30 e 31).

Quanto à formação de ecótonos, numa meso-escala, de 4 a 9% da área total dos fragmentos é ocupada por bordas (Tabela 10).

Figura 25: Perfil esquemático de um fragmento encaixado em cânion e as métricas de borda relacionadas ao plano de observação considerado.



Fonte: Moro, Nanuncio e Dalazoana, 2012.

Tabela 10: Elementos da paisagem calculados para as áreas estudadas.

	Matriz (%)	Área nuclear (%)	Borda (%)	Corredor (%)	Ilhota (%)	Ramo (%)	Laço (%)	Perfuração (%)	Total (%)
PEG	68,58	6,33	6,86	12,56	1,09	4,38	0,21	0	100
PEVV	67,05	19,97	7,51	2,03	1,02	1,31	1,03	0,08	100
PNCG	69,35	11,83	8,91	3,70	2,47	2,57	1,18	0	100
Piraí da Serra	82,59	2,46	5,79	3,09	1,55	4,39	0,15	0	100
Rio São João	85,65	3,19	4,22	2,30	1,87	2,29	0,49	0	100
S. Luiz do Purunã	89,22	2,80	3,85	0,22	2,08	1,18	0,40	0,24	100

Figura 26: Elementos classificados da paisagem para o PEG, Tibagi (PR).

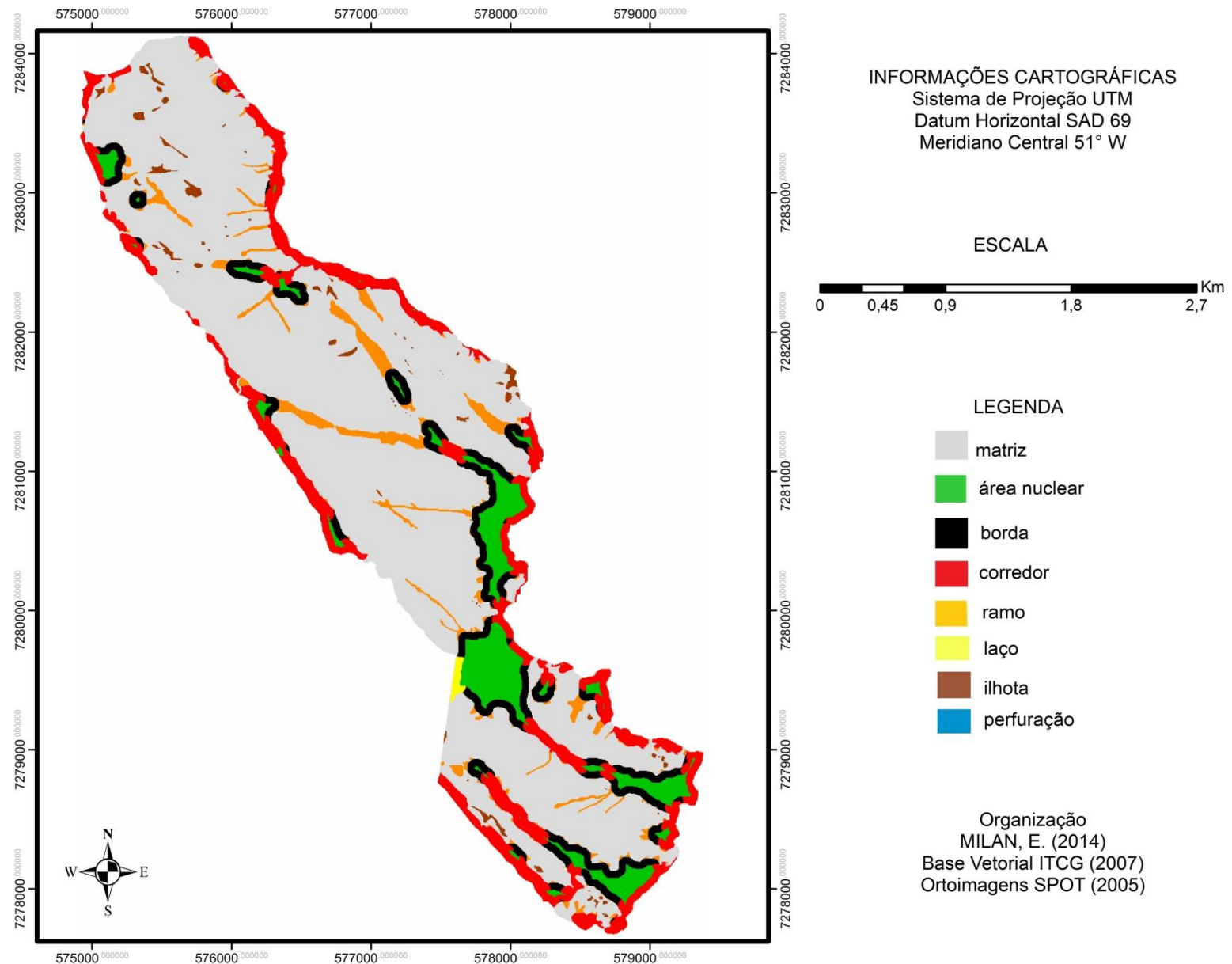


Figura 27: Elementos classificados da paisagem para o PEVV, Ponta Grossa (PR).

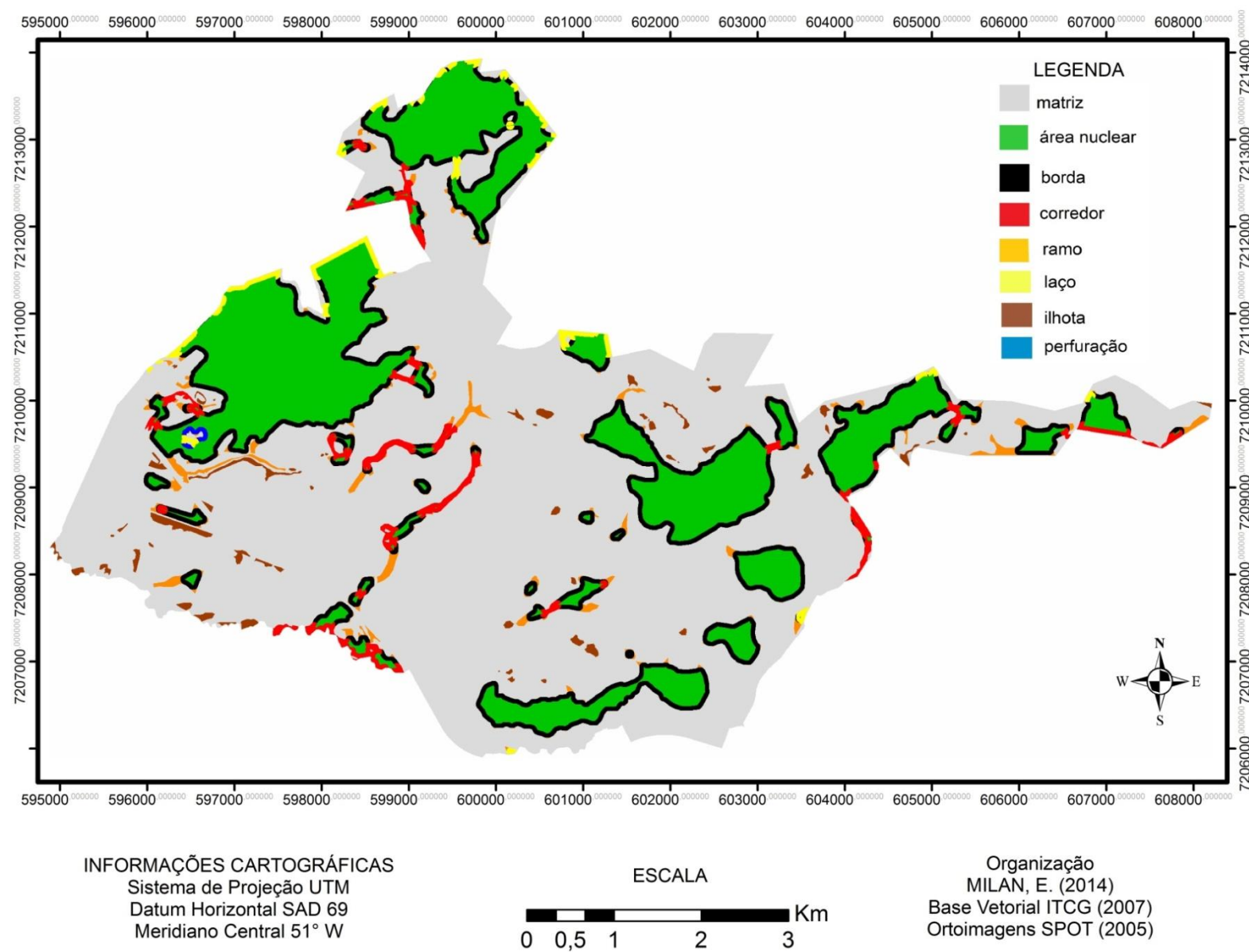


Figura 28: Elementos classificados da paisagem para o PNCG, Ponta Grossa (PR).

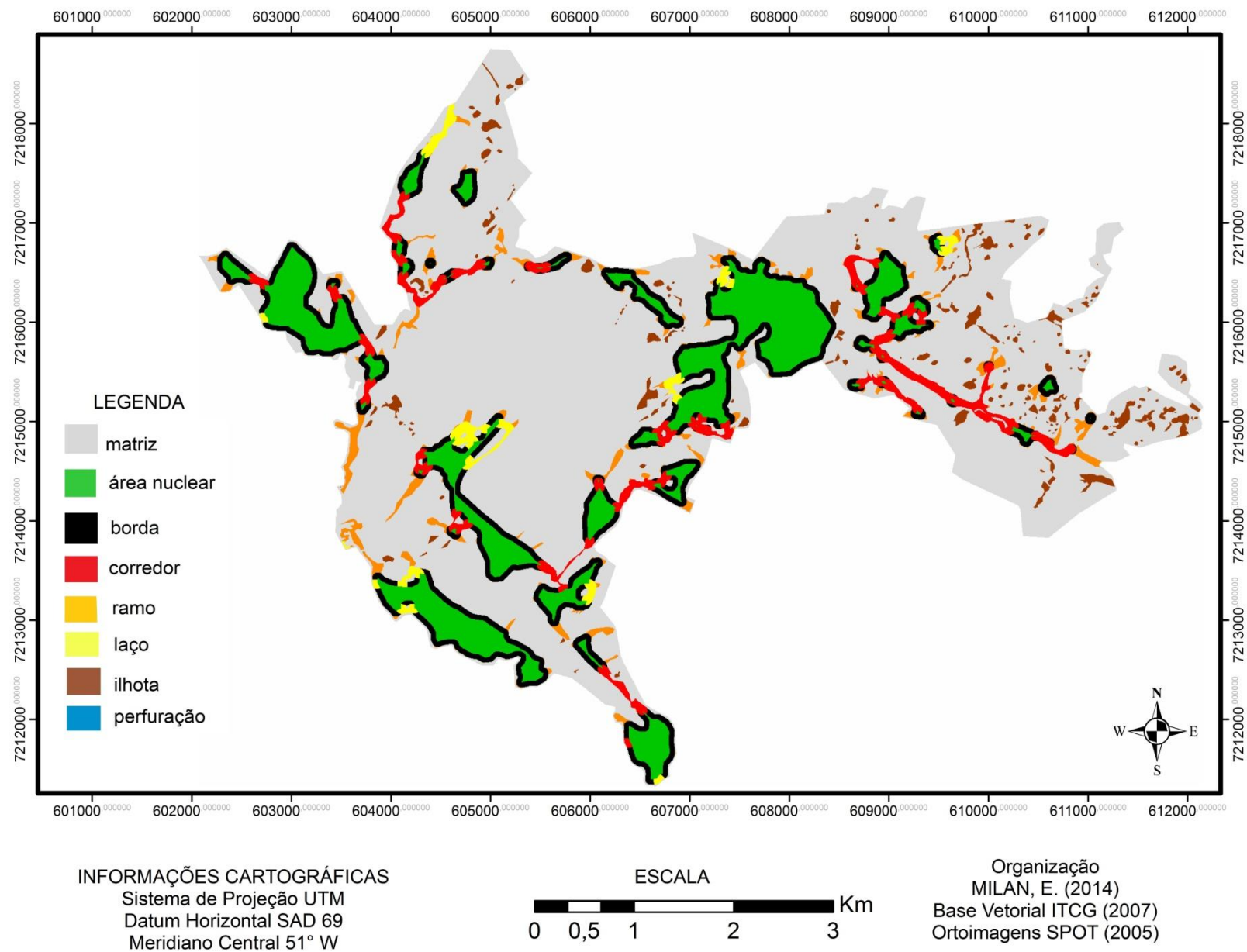


Figura 29: Elementos classificados da paisagem para Piraí da Serra, Pira do Sul (PR).

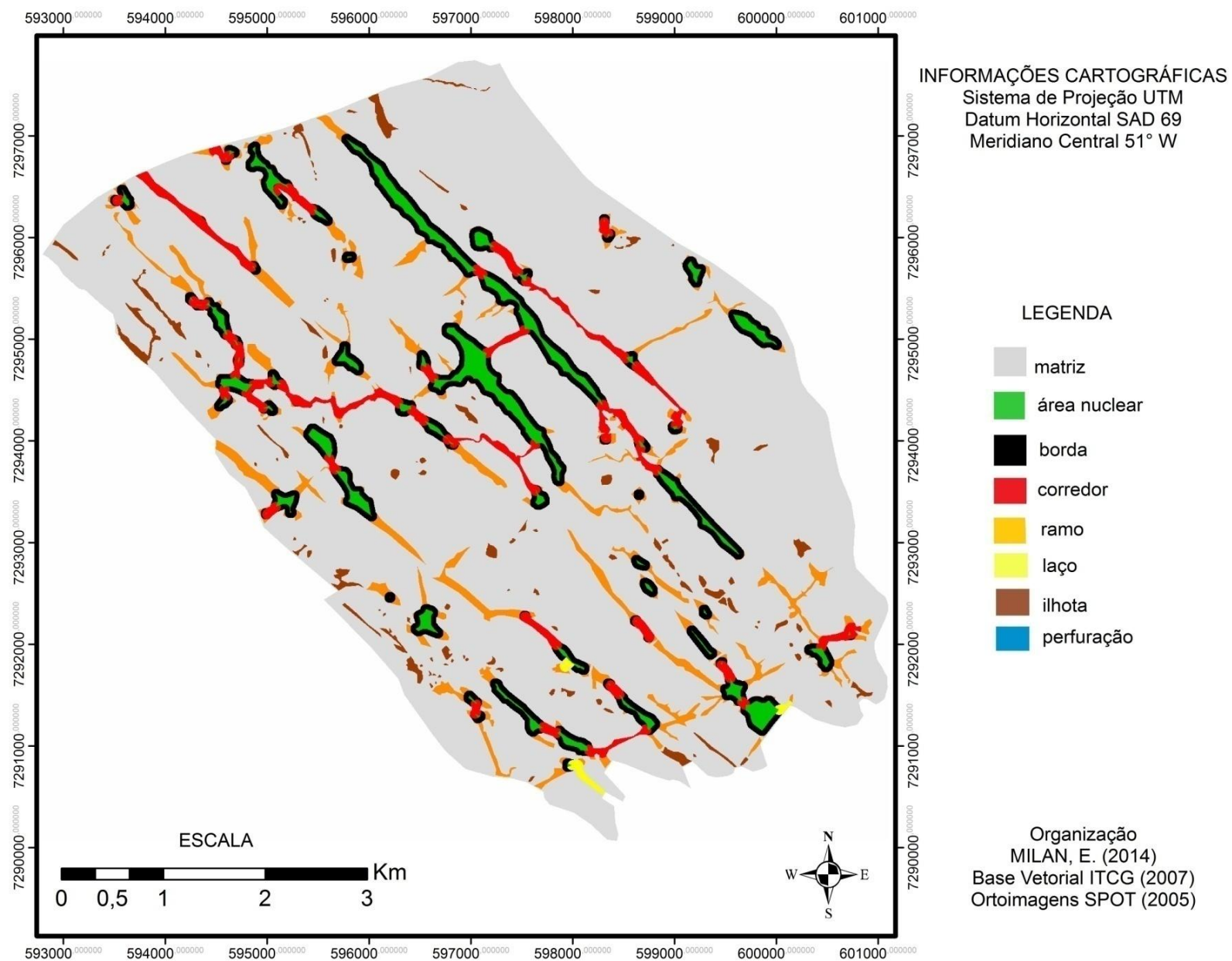


Figura 30: Elementos classificados da paisagem para a bacia Rio São João, Carambeí (PR).

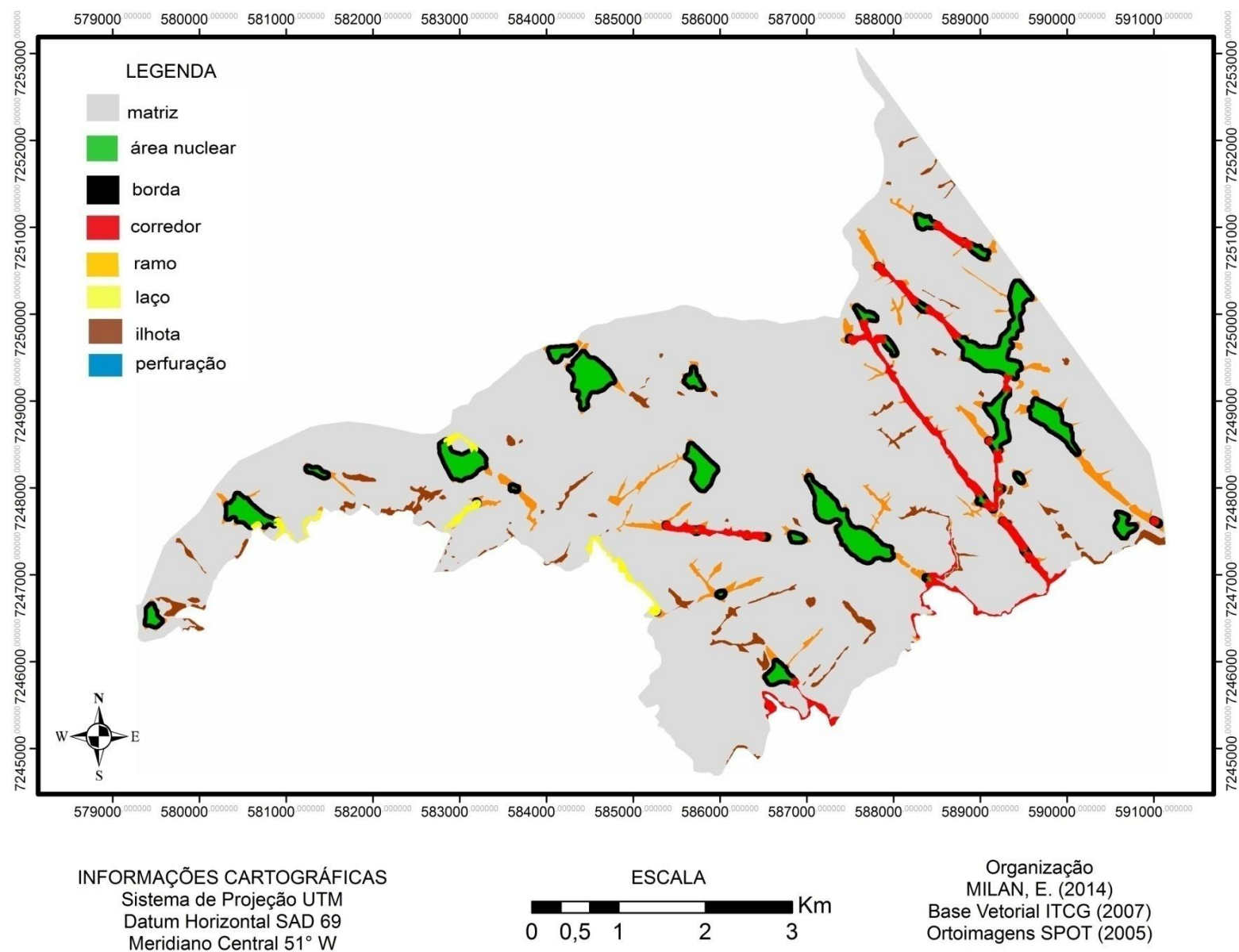
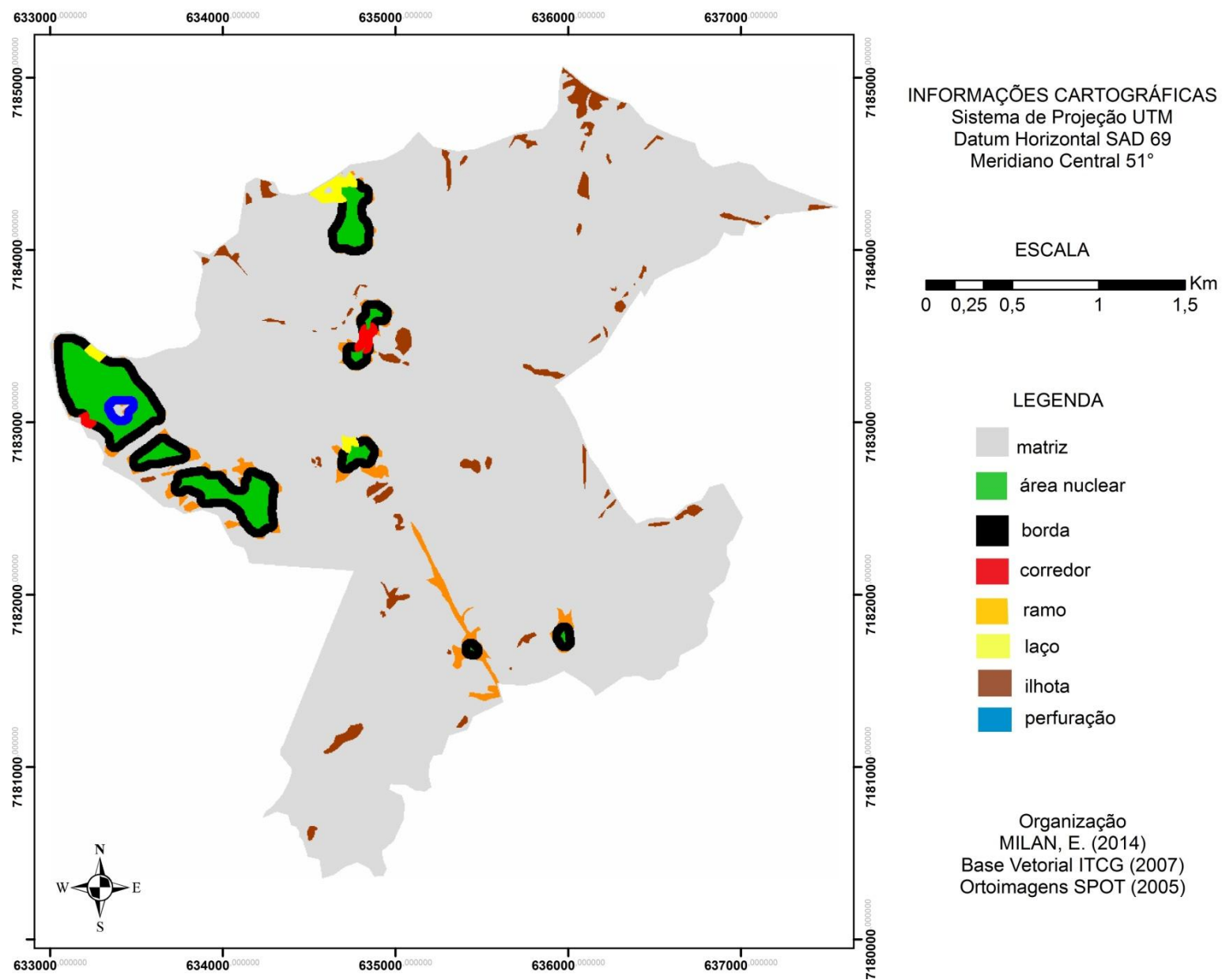
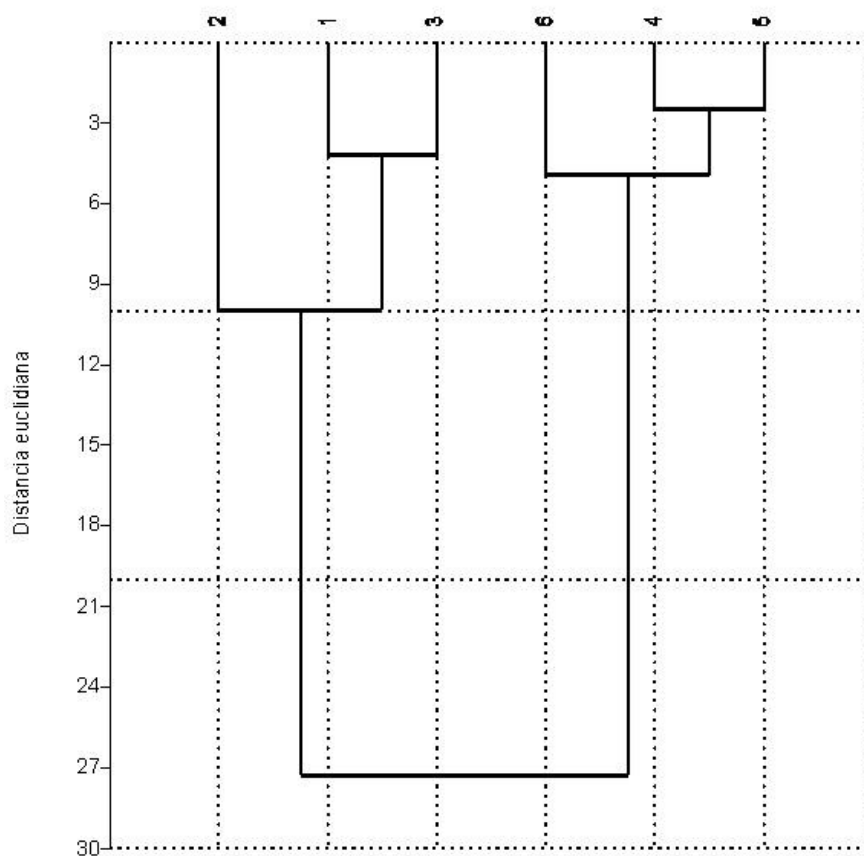


Figura 31: Elementos classificados da paisagem para São Luiz do Purunã, Balsa Nova/Campo Largo (PR).



A relação entre a similaridade dos valores relativos da matriz, área nuclear e bordas separa claramente as áreas dos parques das áreas manejadas (Figura 32) em função das diferenças de tamanho na área média dos fragmentos. Assim, PEG, PEVV e PNCG, em razão das maiores áreas médias, possuem também as maiores áreas nucleares.

Figura 32: Análise de agrupamento dos valores relativos de matriz, área nuclear e bordas nos locais estudados. 1 – PEG; 2 – PEVV; 3 – PNCG; 4 – Piraí da Serra; 5 – rio S. João; 6 – S. Luiz do Purunã.



Além do tamanho, forma e densidade de fragmentos, a avaliação de funcionalidade deve levar em conta a disposição espacial dos mesmos, no sentido do quanto suas populações podem se comunicar. Portanto, deve ficar claro que a conectividade estrutural, física, nem sempre garante conectividade funcional – ou seja, o acesso de indivíduos a recursos e a troca de informação com outros elementos, da mesma espécie ou não. No sentido inverso, de acordo com a escala considerada, a falta de conexão estrutural não acarreta necessariamente falta de conexão funcional.

Das áreas estudadas, o PEG foi a única área que apresentou uma maior proporção de corredores (12,6%). Entretanto, estes valores devem ser analisados

com cautela, mais uma vez considerando as linhas estruturais do relevo nesta paisagem, com os fragmentos estreitos ao longo dos cânions (Figura 26).

Os falsos-corredores, na forma de ramos e laços, ou seja, ramificações nos fragmentos que não conectam duas áreas, apesar de numerosos na paisagem, não chegam a ocupar 6% da área total da paisagem. Da mesma forma, ilhotas representam apenas 10,1% da paisagem.

Os resultados encontrados para o cálculo do vizinho mais próximo (VMP) entre os fragmentos (Tabela 11) apontam para a prevalência de pequenas distâncias, sendo que mais de 70% dos fragmentos de todas as áreas situam-se entre 10 e 100 metros do fragmento mais próximo de mesma classe. Entretanto, pode-se perceber que o PEVV possui uma maior quantidade de fragmentos nas classes de distância entre 100 e 500 metros ($p=0,86$) em comparação com as outras áreas estudadas (Tabela 10). Com relação aos valores médios (Tabela 12), o PNCG, assim como o PEG, possui valores médios inferiores a 40 metros de distância de outro fragmento, além dos valores de desvio padrão mais baixos dentre os locais estudados ($p=0,04$).

Tabela 11: Distâncias do Vizinho Mais Próximo (VMP) para os fragmentos nas áreas estudadas.

Distância do VMP (m)	PEG	PEVV	PNCG	Pirai da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã
10 a 20	38	11	54	22	34	16
20 a 50	39	34	104	74	35	28
50 a 100	16	19	36	29	30	10
100 a 200	3	20	8	15	15	7
200 a 500	0	5	2	3	3	6
Total	96	89	204	143	117	67

Em Pirai da Serra e no rio São João, os valores médios também se assemelham, próximos a 56 metros, porém já com um aumento do desvio padrão para ambos. Em São Luiz do Purunã e no PEVV, a distância aumenta para valores em torno de 70 metros, com os maiores valores para o desvio padrão (Tabela 12).

Tabela 12: Valores médios, mediana e desvio padrão do Vizinho Mais Próximo (VMP) para os fragmentos nas áreas estudadas.

Distância do VMP	PEG	PEVV	PNCG	Pirai da Serra	Rio São João	S. Luiz Purunã
Média	32,97	72,28	38,29	55,53	55,46	69,47
Mediana	25,00	44,72	28,28	39,05	38,07	36,05
75 percentil	41,81	108,10	45,75	61,85	67,54	80,16
Desvio Padrão	25,57	61,60	35,85	54,63	57,83	85,36

As medianas demonstram que metade dos fragmentos está a menos de 50 metros de distância do fragmento mais próximo. Mas se pela análise do 3º quartil da mediana para cada área aponta que, se no PEG e PNCG isto continua sendo verdadeiro, para as demais áreas, 75% dos fragmentos está contido num raio de até 70 metros (Piraí da Serra e São João), de até 80 metros (São Luiz) ou mesmo 110 metros (PEVV). Esta proximidade entre pelo menos metade dos fragmentos favorece a conectividade estrutural e funcional, embora dependa de outros fatores como a permeabilidade da matriz, a capacidade de percolação, o relevo do terreno, a capacidade das espécies em responder a estas características estruturais, entre outros aspectos (METZGER, 1999).

O índice de proximidade (PROX) é expresso em termos da área, em metros, que uma dada espécie, habitando um fragmento específico A, teria para usufruir nos demais fragmentos vizinhos num raio específico (Figura 33). Considera não somente o isolamento no sentido da distância euclidiana mínima ao fragmento mais próximo (medido pelo VMP), mas também discrimina entre uma distribuição espacialmente dispersa e uma mais agregada. Ele diminui quando a soma de áreas disponível é pequena, ou em distâncias maiores (chegando a zero, quando não há nenhum fragmento dentro do raio de busca) e aumenta a medida que áreas maiores se formam nas proximidades (LANG; BLASCKE, 2009). Contudo este índice não é sensível à eventuais barreiras na matriz, sendo apenas uma estimativa teórica do habitat disponível. Sendo um índice adimensional, só faz sentido comparado entre áreas. Sendo assim, foram calculadas as médias para os índices de proximidade, as quais revelaram diferenças significativas ($p = 0,992$) entre os raios utilizados para busca, sendo necessário analisar a mediana como valor de tendência central entre os índices (Tabela 13).

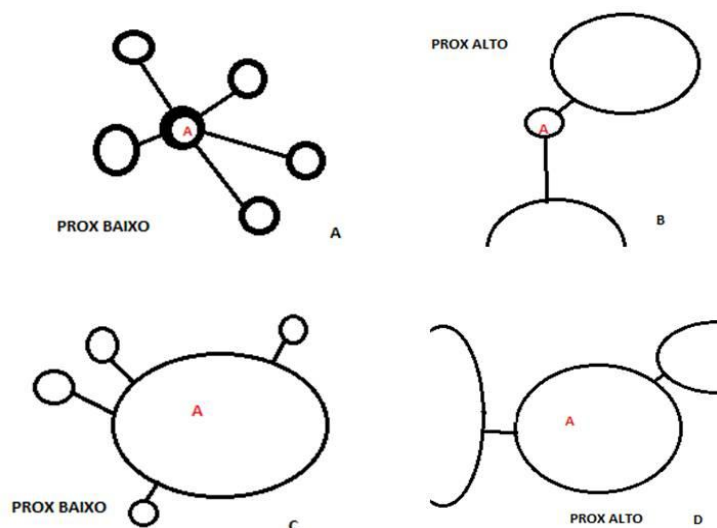
Tabela 13: Valores do índice de proximidade (PROX) calculados para as áreas estudadas.

PROX (m)	PEG		PEVV		PNCG		Rio São João		Piraí da Serra		S. Luiz Purunã	
	Média	Med.	Média	Med.	Média	Med.	Média	Med.	Média	Med.	Média	Med.
50	731,08	35,78	1.129,06	0,20	424,71	7,04	592,97	2,20	312,68	2,47	37,96	1,41
100	755,75	62,66	1.191,55	13,26	446,57	28,55	607,40	12,98	352,21	24,42	39,39	3,45
500	764,55	79,74	1.208,73	72,06	461,60	54,79	613,88	20,34	376,88	53,93	40,73	4,28

No raio de 50 metros, com exceção do PEG, os valores da mediana PROX foram todos abaixo de 10 metros, chegando a 0,2 no PEVV. Isto revela a pouca área disponível para colonização num raio tão próximo, mesmo que a maioria dos fragmentos, em todas as áreas, se concentre em até 50 metros uns dos outros (Tabela 11). Para o raio de 100 metros, a mediana maior se situa ainda do PEG (62,66 - Tabela 13). Entretanto, para o raio de busca de 500 metros, apesar do PEG se manter ainda com o maior valor de mediana (79,74), o PEVV já se equipara em disponibilidade de área-habitat (72,06), seguido por PNCG (54,79), Piraí da Serra (53,93), Rio São João (20,34) e São Luiz do Purunã (4,28).

É interessante analisar a área amostral de São Luiz do Purunã em separado, pois a mesma atingiu os menores valores para mediana em todos os raios calculados de PROX. Isso pode ser explicado em razão dos valores para VMP encontrados na área, que, apesar de mais concentrados nas distâncias abaixo de 100 metros, distribuem-se em número moderado, considerando o número total de fragmentos, nas classes de 100 a 500 metros. Sendo o índice PROX sensível a pequenas áreas e os fragmentos comportando-se de forma agregada (fragmentos próximos formando aglomerações, sendo estas distantes entre si - Figura 31), explicam-se os valores baixos para esta área amostral.

Figura 33: Esquema ilustrativo de algumas das relações interpretadas pelo índice PROX, em função do tamanho da área em foco A e seus vizinhos mais próximos dentro de um mesmo raio de busca. A- fragmento em foco pequeno e vizinhos também pequenos; B- fragmento em foco pequeno e vizinhos grandes; C - fragmento em foco grande e vizinhos pequenos; D - fragmento em foco grande e vizinhos também grandes.



A conectividade de uma paisagem está diretamente associada à escala de percepção de cada espécie, assim, independente das distâncias e de certas barreiras, uma paisagem pode ou não ter seus fragmentos conectados. A conectividade é definida por Taylor et al. (1993), como o grau no qual uma paisagem facilita ou restringe o movimento entre fragmentos. Sendo assim, a conectividade estrutural diz respeito ao arranjo espacial dos fragmentos, à distância entre os mesmos e à presença de corredores e trampolins ecológicos, formando um contínuo entre a paisagem (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007). Por outro lado, a conectividade funcional depende de como uma espécie percebe e responde a estrutura de uma determinada paisagem, dentro de uma hierarquia de escalas espaciais, sendo dependente do contexto da espécie em relação à paisagem. A conectividade funcional varia entre as espécies e é a capacidade destas de circular entre os fragmentos como se estes fossem uma unidade, utilizando-se dos recursos ofertados por ela. Assim, a conectividade funcional deve ser avaliada a partir do comportamento da espécie em foco (BÉLISLE, 2005). Para Zurita et al. (2012), uma distância superior a 50 metros entre fragmentos em ambientes abertos isola os fragmentos para a maioria das aves florestais na Mata Atlântica na fronteira Brasil, Paraguai e Argentina.

Hamrick (2004) considera que as espécies arbóreas tropicais têm se mostrado resilientes à fragmentação, uma vez que, em geral, apresentam níveis elevados de diversidade genética e mecanismos eficientes de fluxo gênico em longas distâncias. Entretanto, a maioria dos estudos sobre fluxo gênico em populações fragmentadas enfocou o transporte de pólen, sendo raros os estudos que avaliaram a efetividade do fluxo gênico via sementes em espécies tropicais (SORK; SMOUSE, 2006). Baldissera e Ganade (2006) afirmam que para algumas espécies da FOM os menores efeitos sobre a sobrevivência de sementes dispersas sobre a matriz se fazem sentir até 50 m, sendo rara a sobrevivência a 250 m na matriz. Machado et al. (2012) analisando a espacialização de três espécies da FOM, dentro dos fragmentos, acreditam que a dispersão de sementes cai muito após os 100 m. Segundo Sork e Smouse (2006), para o pólen a dispersão se daria entre 100 e 200 m a até 1.000 m nas florestas tropicais.

Como neste trabalho o foco é a fitocenose/metacomunidade FOM e não alguma espécie específica (metapopulação), optou-se pela simulação de diferentes

situações hipotéticas para os índices de conectividade e proximidade, com raios de 50, 100 e 500 metros, focando assim na conectividade estrutural.

Os cálculos para o índice de conectividade (CONNECT - Tabela 14) com raio de busca de 50 metros apontam para o PEG e São Luiz do Purunã com uma proporção muito pequena de áreas potencialmente conectáveis (1,9% e 1,5%), seguidos do PEVV (0,9%), PNCG (0,8%), Rio São João (0,8%) e Piraí da Serra (0,7%). Para o raio de 100 metros os valores para o índice praticamente dobram em todas as áreas, já para o de 500 metros eles quase triplicam em relação ao de 100, com exceção do PNCG e São Luiz do Purunã que quadruplicam. Estes valores para 100 e 500 metros aumentam em razão à maior probabilidade de encontrar mais fragmentos dentro destes raios. É importante notar que, independente do raio de busca utilizado, as áreas do PEG e São Luiz do Purunã, apresentaram os maiores valores para o índice, o que pode ser explicado pela distribuição relativamente agregada dos fragmentos (Figuras 26 e 31).

Tabela 14: Valores do índice de conectividade (CONNECT) calculados para as áreas estudadas.

CONNECT	PEG	PEVV	PNCG	Piraí da Serra	Rio S. João	S. Luiz Purunã
50 metros	1,95	0,89	0,81	0,76	0,79	1,49
100 metros	3,17	1,50	1,49	1,36	1,54	2,30
500 metros	12,98	5,33	7,54	6,08	5,26	9,72

4 CONCLUSÕES

Na APA da Escarpa Devoniana, a paisagem florestal é bastante fragmentada e oportuniza uma multiplicidade de ecótonos com a matriz campestre. Áreas protegidas integralmente apresentaram maior diversidade de fragmentos florestais na paisagem e mais possibilidade de conectividade entre áreas do que as manejadas.

Predominam numerosos fragmentos de tamanho pequeno, de formato homogêneo, quase circular, ocupando pequena extensão de área na paisagem, e um número muito reduzido de fragmentos grandes, de formatos mais complexos e irregulares, ocupando maior área na paisagem.

Os pequenos fragmentos apresentam pequena área nuclear, diminuindo as chances de manter uma alta biodiversidade, no entanto podem atuar como trampolins ecológicos, refúgios ou ainda iniciarem a nucleação florestal, garantindo assim, maior fluxo biológico na paisagem.

Os fragmentos grandes, por apresentarem maior área nuclear, favorecem a manutenção de espécies mais exigentes, entretanto estão presentes na paisagem em número reduzido. Além do que, sua expressiva presença recobrando fendas e cânions, precisa ser melhor avaliada quanto à funcionalidade. Assim sendo, na APA a estimativa de áreas nucleares necessita ser realizada através de um Modelo de Elevação Digital do Terreno, em virtude da subestimação de área em relevo acidentado.

A falta de dados concretos acerca da distância de dispersão dos diásporos entre as principais espécies da Floresta Ombrófila Mista é um dificultador nas análises de proximidade e conectividade desta metacomunidade. Porém, com relação à proximidade entre os fragmentos dentro dos raios hipotéticos analisados, verifica-se que a maioria dos fragmentos se encontra a menos de 50 metros de um vizinho, facilitando o fluxo pela matriz. No entanto a pouca área total disponível para as espécies privilegia as generalistas, capazes de utilizar um amplo território para manter suas populações.

Considerando as áreas estudadas representativas de toda a APA, cerca de 41% da paisagem suportam ecótonos campo-floresta. Esta multiplicidade de ecótonos na paisagem com baixa conectividade estrutural da APA da Escarpa

Devoniana necessita de estudos específicos dos raios de percepção ou área de vida de espécies e/ou populações para se avaliar a paisagem como um todo.

A grande amplitude altimétrica visualizada no terreno, formando um relevo movimentado, controla os cursos d'água e favorece o acúmulo de solo em áreas mais declivosas, mas também provoca a formação de solos rasos, geralmente de textura arenosa, e bem drenados em áreas mais planas. Assim, a floresta normalmente se estabelece nas áreas com elevado potencial hídrico e solo profundo, formando matas ripárias, capões e fragmentos lineares encaixados nos cânions, enquanto o campo se estabelece preferencialmente sobre solos mais rasos e bem drenados, formando um mosaico campo-floresta na paisagem dos Campos Gerais.

O relevo que favorece o estabelecimento de um ou outro tipo de vegetação, também é fator crucial para o uso e/ou conservação da mesma. Assim, locais mais planos são agriculturáveis e mais difíceis de se manterem conservados e locais mais íngremes e nos lineamentos estruturais, com uso restrito, a conservação é favorecida. Ribeiro (1993) já apontou para a importância do uso da terra na conservação dos capões de Floresta Ombrófila Mista para os Campos Gerais. Segundo este autor, o uso tradicional pela pecuária extensiva favorecia a conservação dos capões de mato, não só para abrigo do gado, quanto devido ao apego à paisagem dos ancestrais. Por outro lado, o declínio do ciclo pecuário e a rápida conversão de uso dos campos nativos para cultura de grãos voltada à exportação, levaram a uma perda expressiva também de áreas florestais em uma proporção ainda não estimada. Sendo a geomorfologia o principal fator controlador da distribuição da vegetação na APA, é importante salientar a necessidade de desenvolver, em trabalhos futuros, uma metodologia de análise que permita discernir prontamente a fragmentação natural da fragmentação antrópica.

Verificou-se em relação às classes da paisagem adotadas no presente trabalho, uma tendência a diminuição da classe floresta nas áreas não parques, o que pode ser resultado do zoneamento imposto pelo plano de manejo sobre o uso da terra no PEG e PEVV. O PNCG, mesmo sendo uma área amostral, apresentou estrutura semelhante as áreas controle, unidades de conservação muito mais antigas, apontando para o acerto de sua seleção como unidade de conservação de proteção integral.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BEHLING, H. Late quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria Forest and campos region from Serra Campos Gerais, Parana State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.97, n. 1-2, p.109-121, 1997.
- BÉLISLE, M. Measuring landscape connectivity: the challenge of behavioral landscape ecology. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 1988-1995, 2005.
- BRASIL. **Decreto n. 5.092/2004**. Dispõe sobre as regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm>. Acesso em: 21 jul. 2011.
- BRASIL. MMA. **Portaria n. 09/2007**. Dispõe sobre o reconhecimento das áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/geral/portaria_mma_09-2007.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2011.
- BRITTO, M.C.; FERREIRA, C.C.M. Paisagem e as diferentes abordagens geográficas. **Revista de Geografia – PPGeo**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2011.
- CARMO, M. R. B.; MORO, R. S.; NOGUEIRA, M.K.F.S. A Vegetação Florestal nos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 99-104.
- CASTELLA, P. R.; BRITEZ, R. M. **A Floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: MMA, 2004. 236p.
- CONSTANTINO, R.; BRITEZ, R. M.; CERQUEIRA, R. Causas naturais. In: RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações políticas públicas**. 2ed. Brasília: MMA/SBF, 2005.
- CORRÊA, R.L. Espaço: um conceito-chave da geografia. In: CASTRO, I. E.; GOMES, P.C.C.; CORRÊA, R. L. (orgs.). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 352p.
- COUTO, P. Análise fatorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. Associação Portuguesa de Investigação Operacional. **Rev. Apdio**, p. 109-137, 2004.
- CLEMENTS, F.E. **Research methods in Ecology**. Nebraska: University Publishing Co., 1905, 512p. Disponível em: <<https://archive.org/details/researchmethods00clemuof>>. Acesso em: 21 jul 2011.

CRUZ, G.C.F. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 59-72.

CUSHMAN, S.A.; EVANS, J.E.; MCGARIGAL, K. Landscape Ecology: Past, Present, and Future. In: CUSHMAN, S.A.; HUETTMANN, F. (Eds.) **Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation**. New York: Springer, 2010. Cap. 4, p.65-82.

CUSHMAN, S.A.; HUETTMANN, F. (Eds.) **Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation**. New York: Springer, 2010. 458p.

CUSHMAN, S.A.; LITTELL, J.; MCGARIGAL, K. The problem of ecological scaling in spatially complex, non-equilibrium ecological systems. In: CUSHMAN, S.A.; HUETTMANN, F. (Eds.) **Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation**. New York: Springer, 2010. Cap. 3, p.43-63.

DAUBENMIRE, R.F. **Plant communities**: a textbook of Plant Synecology. New York: Ed. Harper and Row, 1968, 300p.

DUARTE, L.S. et al. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology**. v. 31, p. 520- 528, 2006.

EMÍDIO, T. **Meio Ambiente e Paisagem**. São Paulo: SENAC, 2006. 176 p.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 97p.

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. **Rev. Brasil. Bot.**, v.29, n.1, p.79-91, jan.-mar. 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. An ecology of the landscape. **BioScience**, v. 33, p. 535, 1983.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics**: the ecology of landscape and regions. Cambridge: University Press, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, E.M. Patches and structural components for a landscape ecology. **BioScience**, v.31, p. 733-740, 1981.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, E.M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

GOPAL, B. The role of ecotones (transition zones) in the conservation and management of tropical inland waters. **Mitt. Internat. Verein. Limnol.**, v. 24, p. 17-25, 1994.

GOSZ, J.R. Ecotone hierarchies. **Ecological Applications**, v. 3, n. 3, p. 369-376. Aug. 1993.

GRANDO JR, E. et al. Campos Gerais: Norte e Sul. In: BILENCA, D.N.; MINARRO, F. **Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVPs) em las Pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil**. Buenos Aires: FVSA, 2004. p.206-209.

GUSTAFSON, E.J. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? **Ecosystems**, v.1, p.143-156, 1998.

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

HAMRICK, D.L. Response of trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, v.194, p. 323-335, 2004.

HENRY, R. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa de Jurumim. In: HENRY, R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: Ed. RiMa, 2003, p. 1-28.

HILTY, J.A.; LIDICKER JR, W.Z.; MERENLENDER, A.M. **Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation**. Island Press, 2006. 323 p.

HOLLAND, M.M. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries: report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones. **Biology International**, v. 17, p. 47-106, 1988.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de vegetação do Brasil**. Brasília, 2004. Disponível em: www.ibge.gov.br/mapas. Acesso em: 20 jun 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2 ed.(rev. e ampl.) Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012. 275 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

IGARI, A.T. **Ecologia da Paisagem**. Instituto de Biociências - USP. Dep. de Ecologia; Ecologia Teórica. Apresentação de slides, 2007. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/>>.

JOLY, P. et al. Habitat matrix effects on pond occupancy in Newts. **Conservation Biology**, v.15, p.239-248, 2001.

JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; VAN TONGEREN, O.F.R. **Data analysis in community and landscape ecology**. 10.ed. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2005.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v.2, n.5, p.173-185, 1989.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas complementares sobre o mapa fitogeográfico de Quero-Quero (Paraná). **Bol. Par. Geociências**, Curitiba, v. 28-29, p. 159-188, 1971.

KOLASA, J.; ZALEWSKI, M. Notes on ecotone attributes and functions. **Hydrobiologia**, v. 303, p. 1-7, 1995.

KUPFER, J.A.; MALANSON, G.E. Observed and modeled directional change in riparian forest composition at a cut-bank edge. **Landscape Ecology**, v. 8, p.185-199, 1993.

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

LOVETT, G.M.; JONES, C.G.; TURNER, M.G.; WEATHERS, K.C. (Eds.) **Ecosystem Function in Heterogeneous Landscapes**. New York: Springer, 2005. 489p.

MacARTHUR, R. H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1963.

MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. Curitiba: **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 2, p. 102-200, 1948.

MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. 4.ed. Ponta Grossa: Ed.UEPG, 2012. 526 p.

MACHADO, R.E. **Padrões vegetacionais em capões de floresta com araucária no planalto nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2004, 154 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

MACHADO, S.A.; SANTOS, A.A.P.; ZAMIN, N.T.; NASCIMENTO, R.G.M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1013-1019, .2012.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; PÉLLICO NETTO, S. Efeito de borda em um trecho da Floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 85-94, 2006.

MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

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.S. et al. Relevo e Hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 49-58.

MELO, M. S. de; MENEGUZZO, I. S. Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. In: DITZEL, C. de H.M.; SAHR, C.L. (Orgs.) **Espaço e cultura**: Ponta Grossa e os Campos Gerais. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2001. p.415 - 428.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3, p. 445 – 463, 1999.

METZGER, J.P. O que é Ecologia da Paisagem? **Biota Neotropica**, v.1, n.1, p.1-9, 2001. Disponível em: <www.biotaneotropica.org.br>. Acesso em: 01 mai. 2012.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR.L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (Ed) **Métodos de estudos em**

biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Ed. UFPR, 2003. p.423-538.

METZGER, J.P. et al. O uso de modelos em Ecologia de Paisagens. **Megadiversidade**, v.3, n.1-2, dez. 2007.

METZGER, J.P.; DÉCAMPS, H. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. **Acta Oecologica**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 1997.

MILAN, E.; MORO, R.S. Padrões de fragmentação florestal natural no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **Ambiência**, v. 8, n.1, p. 685-697, 2012.

MMA. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Brasília, 2000, 46p. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/Sumario.pdf>>. Acesso em: 5 de setembro de 2013.

MMA/SBF. **Biodiversidade Brasileira:** avaliação e identificação de áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, 2007, 301p.

MORO, R.S. Vegetação em pedoambientes ripários dos Campos Gerais do Paraná, Brasil: uma revisão bibliográfica. **Terra Plural**, v. 4, n. 2, p. 179-192, 2010.

MORO, R.S.; CARMO, M.R.B. A Vegetação Campestre nos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná.** Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007, p. 93-98.

MORO, R.S.; MILAN, E.; MORO, R.F. Biodiversidade do estrato herbáceo-arbustivo em capões no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 102-112, 2012.

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.

NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. **The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones.** Park Ridge, N.J.: Ed. Parthenon, 1990.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape Ecology - Theory and Application.** New York: Springer, 1984. Series on Environmental Management.

NEIFF, J.J. Planícies de inundação são ecótonos? In: HENRY, R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos.** São Carlos: Ed. RiMa, 2003, p. 29-45.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de ecologia.** São Paulo: Ed. Cengage Learning, 2008. 612p.

OLIVEIRA, J.M.; PILLAR, V.D. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology** v. 5, p. 197–202, 2004.

PARANÁ. **Decreto Estadual nº 1.231/1992**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana. Disponível em: <http://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=1741>. Acesso em: 22 jun. 2012.

PILLAR V. P. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e Campos no sul do Brasil. In: CLAUDINO-SALES, V. (Ed). **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Expressão Gráfica, Fortaleza, 2003. p. 209–16.

PILLAR, V P. **Biodiversidade dos campos e dos ecótonos campo-floresta no sul do Brasil**: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável. 2010, 55 f. Projeto (Edital MCT/CNPq/MEC/CAPES/FNDCT – Ação Transversal/FAPs Nº 47/2010 – Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - SISBIOTA BRASIL) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PILLAR, V.P. et al. (Eds.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403 p.

PORTO, M.L. O que há de novo em Ecologia de Paisagem? In: Encontro IALE – BR: Degradação Ambiental, Resultantes Geo-Hidroecológicas e Desafios à Reabilitação Funcional da Paisagem. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.geoheco.igeo.ufrj.br/CD_IALE-BR/Trabalhos/Porto_Texto.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2012.

RAMOS, A.F. et al. Mapeamento do Uso da Terra nos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.). **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2007. p. 85-92.

RENJIFO, L.M. Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of subandean bird species. **Ecological Applications**, v.11, p.14-31, 2001.

RIBEIRO, A. G. A vegetação natural e a estruturação das paisagens na região centro-sul do Estado do Paraná. **Rev. Geografia**, São Paulo, v.12, p.27 - 46, 1993.

RISSER, E.G. The status of the science examining ecotones. **BioScience**, v. 45, p. 318-325, 1995.

RIITTERS, K.H. et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape Ecology**, v.10, p. 23-39, 1995.

RODERJAN, C.V. et al. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente** v. 24, p. 75–92, 2002.

SANTOS, M.M.G. et al. 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.

SAURA, S.; BODIN, O.; FORTIN, M.J. Stepping stones are crucial for species long-distance dispersal and range expansion through habitat networks. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 1, p. 171 - 182, 2014.

SCHIER, R.A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.

SEMA/IAP. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Guartelá**. Curitiba, 309p. 2002. Disponível em: < <http://www.uc.pr.gov.br> >. Acesso em: 01 ago. 2012.

SEMA/IAP. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba, 2004a. Disponível em: < <http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=67> >. Acesso em: 01 ago. 2012.

SEMA/IAP. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana**. Curitiba: MRS Estudos Ambientais Ltda, 350p. 2004b. Disponível em: <www.pr.gov.br/meioambiente/iap/pdf/devoniana_pl_manejo.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

SHUGART, H.H. Ecological models and the ecotone. In: NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. (Eds.). **The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones**. UNESCO Paris & the Paternon Publishing group, 1997, p. 23-36.

SORK, V.L.; SMOUSE, P.E. Genetic analysis of landscape connectivity in tree populations. **Landscape Ecology**, n.21, p. 821-836, 2006.

SUMMERVILLE, K.S.; CRIST, T.O. Effects of experimental habitat fragmentation on patch use by butterflies and skippers (Lepidoptera). **Ecology**, v. 82, p.1360-1370, 2001.

TAYLOR, P. D. et al. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, n. 28, p. 571 – 573, 1993.

TURNER, M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.20, p.171-197, 1989.

TURNER, M.G. Landscape Ecology: What is the State of the Science? **Annual Review Ecology and Systematics**, v.36, p.319-344, 2005.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer, 1991.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. **Landscape Ecology: in theory and practice**. New York: Springer, 2001. 404 p.

URBAN, D.; O'NEILL, R.V.; SHUGART, H.Jr. Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. **BioScience**, v. 37, p.119-127, 1987.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE: Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/.../classificacaovegetal.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- VITTE, A.C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.
- VOGT, P. et al. Mapping Functional Connectivity. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 64-71, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.011>. Acessado em: 05 dez. 2011.
- VOGT, P. **GUIDOS version 1.3**: User Guide. Joint Research Centre (JRC). Italia, p. 17, 2010.
- WARD, J.V.; TOCKNER, K.; SCHIEMER, F. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 15, p. 125-139, 1999.
- WUTKE, J.D.; SILVA, R.; ORTH, D. Geotecnologias e sua aplicação para Gestão Territorial. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: 2006. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2006. p1-7.
- YARRANTON, G.A.; MORRISON, R.G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v. 62, p. 417-428, 1974.
- ZURITA, G. et al. Edge effects and their influence on habitat suitability calculations: a continuous approach applied to birds of the Atlantic forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, p. 503 - 512, 2012.