

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

VALQUIRIA MARTINS NANUNCIO

**ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL DE PIRAÍ DA
SERRA, CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**

PONTA GROSSA

2009

VALQUIRIA MARTINS NANUNCIO

**ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL DE PIRAÍ DA
SERRA, CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**

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

Orientadora: Profa. Dra. Rosemeri Segecin Moro

PONTA GROSSA

2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

N193a Nanuncio, Valquiria Martins
Análise da fragmentação da vegetação florestal de Pirai da Serra, Campos Gerais do Paraná. / Valquiria Martins Nanuncio. Ponta Grossa, 2009.
95f.
Dissertação (Mestrado em Geografia – Área de Concentração : Gestão do Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Prof. Dra. Rosemeri Segecin Moro

1. Fragmentação florestal. 2. Campos Gerais. 3. Ecologia da paisagem. I. Moro, Rosemeri Segecin. II.T

CDD: 634..9

TERMO DE APROVAÇÃO

VALQUIRIA MARTINS NANUNCIO

**“ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO FLORESTAL DE PIRAÍ DA
SERRA, CAMPOS GERAIS DO PARANÁ”**

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:

Orientador

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

Prof. Dr. Franklin Galvão
UFPR

Prof. Dr. Carlos Hugo Rocha
UEPG

Ponta Grossa, 19 de fevereiro de 2009

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Rosemeri Segecin Moro pela orientação irretocável, paciência e carinho.

A toda equipe dos projetos *“Diagnóstico ambiental da região de Piraí da Serra visando a sustentabilidade”* e *“Fragmentação da paisagem natural em Piraí da Serra, Campos Gerais do Paraná”* do qual este trabalho é parte integrante.

Em especial ao Prof. Dr. Carlos Hugo Rocha, pelo importante auxílio nos levantamentos de campo. Aos amigos e companheiros de trabalho Dayana Almeida e Marcelo Augusto Silva pelas inúmeras horas de trabalho de campo e digitalização de dados. A mestranda Carla Correia Prieto por toda ajuda, assessorando e fornecendo material de estudo.

À querida amiga Lia Maris Orth Ritter, cujo incentivo foi decisivo para a concretização de mais essa etapa de minha vida, por sua lealdade e pelas valiosas horas de auxílio e compreensão.

Aos mestrandos Wendel de Paula Fernandes, Darcieli S. Spies e Elizandra Pitt pelo auxílio a essa pesquisa.

Aos meus pais Carlos e Alvira, pelo amor incondicional, paciência e apoio durante tantos anos de estudo, ou melhor, durante toda uma vida. Ao João Pedro, meu irmão preferido, pelo convívio e auxílio.

Ao Marcos, por todo amor e cumplicidade a mim dedicados durante tantos anos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho e principalmente a Deus.

“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez”.

(Jean Cocteau)

RESUMO

Piraí da Serra, nos Campos Gerais do Paraná, atualmente vista como uma área de interesse para a preservação devido as suas características peculiares, está situada sobre a Escarpa Devoniana, próximo ao cânion do Guartelá. Ocupa uma área de 50.940 ha, nos municípios de Castro, Tibagi e Piraí do Sul. Região com predomínio de Florestas com Araucaria e campos de altitude associados, pertencentes ao bioma Mata Atlântica, é uma das mais ameaçadas do Brasil. Processos naturais e antrópicos promoveram a fragmentação dos habitats nativos e, com o intuito de subsidiar futuras inferências sobre tais processos, esse trabalho propõe-se a analisar a fragmentação da vegetação florestal, tendo como objetivos específicos levantar indicativos da fragmentação natural e antrópica, e analisar seus processos, fornecendo subsídios para o planejamento ambiental regional. O trabalho constituiu-se da elaboração de um mapa de uso da terra com as principais unidades de paisagem, indicando quantitativamente o percentual de ecossistemas naturais da região; criação de uma chave de interpretação ilustrada, para uso em SIG, com os indicativos e parâmetros necessários para a determinação de processos de fragmentação natural e antrópica; avaliação da paisagem utilizando métricas fornecidas pela ecologia da paisagem, visando inferir sobre a composição e disposição dos fragmentos florestais; e finalmente análise da fitofisionomia (campo e floresta). Seguramente, 21 fragmentos possuem área suficiente para garantir a conservação da diversidade dos ecossistemas florestais na região, abrangendo 79,5% da área florestada. Os resultados obtidos revelam ambientes preservados, onde os processos de fragmentação são dominados por fatores naturais, muito embora nas últimas décadas as mudanças nos ciclos econômicos apontem a necessidade de medidas mitigadoras que busquem frear a interferência antrópica sobre os habitats em Piraí da Serra. Este trabalho integra o projeto *“Fragmentação da paisagem natural em Piraí da Serra, Campos Gerais do Paraná”* financiado pela Fundação Araucária (FUP 9824/2006).

PALAVRAS-CHAVE: fragmentação florestal – Campos Gerais – ecologia da paisagem

ABSTRACT

Piraí da Serra, at Campos Gerais region, currently seen as an area of interest for the preservation because their peculiar characteristics, is located on the Devonian Cuesta, near Guartelá canyon. It has a 50.940ha area, at Castro, Tibagi e Piraí do Sul. It is in a region with predominance of Araucaria forests and highlands fields, under the Biome Atlantic, one of the most endangered in Brazil. Natural and anthropics processes had promoted the native spalling of such habitats. In order to subsidize future inferences of such processes, this work analyzes the spalling of the forest vegetation, intending to raise indicative of the natural and anthropic spalling, and to analyze its processes, supplying the environmental planning in the region. It presents a map of use of the land with the main landscape units, with the percentage of natural ecosystems; a illustrated key of interpretation with the indicative and parameters for the SIG determination of natural or anhtropic spalling processes; evaluation of the landscape using landscape ecology metrics, aiming to infer the composition and disposal of the forest patchs; and analysis of the phytophysionomy (field and forest). It was found that 21 patchs certainly posses enough area (79,5%) to assure forest biodiversity conservation. The results pointed preserved environments, where the spalling processes are dominated by natural factors, although in the last few decades the changes in the economic cycles have arised the necessity of actions to prevent the anthropic damage over the Piraí da Serra Habitats. This work integrates the project "Spalling of the natural landscape in Piraí da Serra, Campos Gerais of the Paraná" financed by the Araucária Foundation (FUP 9824/2006).

KEY-WORDS: forest patchs – Campos Gerais – landscape ecology

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1- Configuração geral de um SIG.....	21
Figura 2- Área de Domínio original da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná.....	23
Figura 3- Perfil esquemático de um trecho de FOM, destacando a emergência da Araucária no dossel.....	24
Figura 4- Mapa Geológico do Paraná, mostrando as diferentes formações e suas respectivas idades geológicas, comparado à distribuição original da FOM.....	29
Figura 5- Mapa Hipsométrico do estado do Paraná, comparado à distribuição original da Floresta Ombrófila Mista.....	30
Figura 6- Inter-relação espacial e temporal de perturbações naturais e alterações ambientais, resposta biótica e padrões de vegetação.....	31
Figura 7- Mapa de localização da área de estudo.....	35
Figura 8- Mapa de solos de Piraí da Serra.....	37
Figura 9- Clima da região de Piraí da Serra.....	38
Figura 10- Mapa geológico de Piraí da Serra.....	39
Figura 11- Disposição Espacial dos fragmentos de FOM em Piraí da Serra com relação à geologia.....	40
Figura 12- Fragmentos de FOM encaixado nos lineamentos estruturais (fraturas dos diques) na região de Piraí da Serra.....	40
Figura 13- Disposição Espacial dos fragmentos de FOM em Piraí da Serra com relação à hidrografia.....	41
Figura 14- Mapa de uso da terra de Piraí da Serra entre 1962 e 1963.....	42
Figura 15- Mapa de uso da terra de Piraí da Serra em 2000.....	42
Figura 16- Mapa de uso da terra de Piraí da Serra em 2007.....	43
Figura 17- Mapa de uso da terra em Piraí da Serra.....	52
Figura 18- Número de fragmentos por classe de tamanho e área das classes.....	62

Figura 19-	Variação de tamanho nos fragmentos florestais de Pirai da Serra.....	64
Figura 20-	Área ocupada pela classe mata considerando uma borda de 50m.....	66
Figura 21-	Mapa de declividade de Pirai da Serra.....	67
Figura 22-	Mapa hipsométrico de Pirai da Serra.....	68
Figura 23-	Perfil esquemático de um fragmento florestal em Pirai da Serra....	69
Figura 24-	Número seqüencial dos fragmentos ordenados em função da distância do vizinho mais próximo.....	71
Figura 25-	Distribuição espacial dos pontos de coleta de vegetação em Pirai da Serra.....	73

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1- Taxonomias de sistemas de sensoriamento remoto.....	20
Tabela 2- Propostas de subdivisão do Período Quaternário.....	26
Tabela 3- Unidades de paisagem em Piraí da Serra, 2008.....	53
Tabela 4- Chave de interpretação ilustrada de classificação da fragmentação florestal em Piraí da Serra.....	54
Tabela 5- Classes de fragmentos de FOM em Piraí da Serra quanto ao tamanho.....	62
Tabela 6- Relação entre classes de tamanho de fragmentos e índice de circularidade médio.....	70
Tabela 7- Distribuição dos pontos de coleta de vegetação para análise da qualidade ambiental em Piraí da Serra.....	72

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Do conceito de paisagem a Ecologia da Paisagem	13
2.2. Aplicação da Ecologia da Paisagem em estudos de áreas florestais fragmentadas e o uso de métricas	16
2.3. Geotecnologias aplicadas ao estudo da paisagem	18
2.4. A Floresta Ombrófila Mista	21
2.5. Origem e estabelecimento da Mata com Araucária e dos Campos de Altitude Associados	25
2.6. Fragmentação da Mata com Araucária nos Campos Gerais	27
2.6.1. Processos naturais de fragmentação	28
2.6.2. Processos antrópicos de fragmentação	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Caracterização da área de estudo.....	35
3.2. Análise preliminar da vegetação local com base em dados de campo .	44
3.3. Elaboração de mapa de uso da terra em ambiente SIG	45
3.4. Levantamento dos indicativos e parâmetros da fragmentação da FOM.....	46
3.5. Cálculo de métricas	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. Uso da terra	52
4.2 Indicativos e parâmetros da fragmentação da FOM	53
4.3. Aplicação de métricas	60
4.4. Estado geral de conservação da vegetação.....	72
5. CONCLUSÕES.....	76
6. REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	
1. Lista com a relação dos fragmentos florestais (polígonos) de Pirai da Serra, incluindo área, perímetro e índice de circularidade.....	85
2. Lista de táxons observados na Floresta Ombrófila Mista (FOMM e FOMA).....	90
3. Lista de táxons observados na estepe <i>sensu stricto</i> , nos refúgios vegetacionais rupestres, estepe higrófila e no relicto de savana.....	92

1. INTRODUÇÃO

A transformação na organização do uso e ocupação da terra e a baixa representatividade de áreas protegidas colocam os ecossistemas dos Campos Gerais entre os mais ameaçados do país. A exploração da vegetação acaba produzindo paisagens fragmentadas, ou seja, tornam desconectas áreas de vegetação natural contínua, capazes de diminuir significativamente o fluxo gênico.

De acordo com Rambaldi e Oliveira (2003), com a fragmentação os processos biológicos de um bioma são alterados. Com isso, perde-se diversidade e os sistemas ecológicos simplificam-se, situação que tende a acentuar-se em longo prazo.

Os processos de fragmentação da vegetação são bastante antigos, no entanto, os estudos científicos sobre fragmentação são recentes, seguindo o desenvolvimento expressivo da ecologia.

De acordo com Viana (1990), um fragmento é qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas ou naturais, capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes.

Os processos de fragmentação antrópica, ou seja, aqueles causados pela ação humana no ambiente, abrangem um amplo rol de ações impactantes. Entre os principais estão a caça, exploração agropecuária, queimadas, extração vegetal, atividades de lazer e turismo, urbanização e a implantação de infra-estrutura de transportes, energia e saneamento.

Além dos processos antrópicos, existem situações naturais que proporcionam certo grau de fragmentação a vegetação florestal, tais como: flutuações climáticas, que podem causar expansão ou retração de determinados

tipos de vegetação; heterogeneidade pedológica, com certos tipos de vegetação restritos a tipos específicos de solos; topografia, que pode isolar ilhas de tipos específicos de vegetação em locais elevados; processos de sedimentação e hidrodinâmica em rios e no mar; processos hidrogeológicos que produzem áreas temporariamente ou permanentemente alagadas, induzindo tipos particulares de vegetação. Tais fatores podem agir de maneira isolada ou combinada entre si (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003).

Processos antrópicos são sempre mais agressivos, com impactos negativos, enquanto os processos naturais em geral acabam por criar situações favoráveis ao desenvolvimento harmônico da paisagem. Assim, fragmentos naturais devem ser claramente diferenciados de fragmentos antrópicos na definição e implementação de políticas públicas de conservação.

Nos Campos Gerais, a Floresta Ombrófila Mista é uma vegetação naturalmente fragmentada pela presença de solos rasos, com baixa disponibilidade de água, num paleoambiente de grandes mudanças climáticas. Em geral os fragmentos apresentam a forma circular (capões) ou linear, acompanhando os vales dos rios.

Processos de fragmentação natural ocorrem num período de tempo muito mais longo que a fragmentação causada pelo homem, sendo historicamente importantes na geração da diversidade biológica (HAFFER, 1992). No caso da Floresta Ombrófila Mista, muitos fragmentos naturais constituem áreas prioritárias para conservação porque contêm espécies endêmicas e populações diferenciadas, demandando estudos detalhados acerca de sua estrutura e dinâmica da biota.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é analisar a fragmentação da vegetação florestal de uma área ainda bem conservada nos Campos Gerais, Pirai

da Serra, tendo como objetivos específicos levantar indicativos da fragmentação natural e antrópica, e analisar seus processos, fornecendo subsídios para o planejamento ambiental regional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Do conceito de paisagem a Ecologia da Paisagem

O termo *paisagem* foi introduzido como conceito dentro das ciências geográficas no início do século XIX por Alexander Von Humboldt, considerado grande pioneiro da geografia física e geobotânica (NAVEH; LIEBERMAN, 1990). Humboldt procurou conhecer as inter-relações entre os componentes da paisagem, priorizando as características físicas da paisagem, no entanto sem descuidar dos aspectos humanos. De maneira geral, o termo paisagem indica o estudo de características estáticas e dinâmicas de determinadas regiões, considerando aspectos naturais e culturais (MARTINS et al., 2004).

A paisagem pode ser considerada um conjunto de formas de relevo que se repetem no espaço, delimitando assim seu nível de escala (PHILLIPS, 2001), ou simplesmente sinônimo de ambiente (NAVEH; LIEBERMAN, 1990).

Nos vários conceitos de paisagem percebe-se que, se o aspecto estrutural pode ser bem caracterizado, os processos e a dinâmica não o são. Além disso, foi apenas recentemente que o homem passou a ser visto como parte do ambiente, a medida que suas intervenções na paisagem tornaram-se cada vez mais freqüentes.

Neste trabalho optou-se pela utilização do conceito de paisagem descrito por Turner e Gardner (2001), onde paisagem pode ser considerada como uma área espacialmente heterogênea, considerando-se sua estrutura, função e suas alterações.

O termo ecologia da paisagem foi introduzido por Carl Troll na década de 1930, baseado no conceito geográfico de paisagem de Humboldt. Propondo a criação de uma nova ecociência, Troll tinha como objetivo unir geógrafos e

ecologistas na perspectiva de atrelar princípios da vida e da terra, tendo como noção básica de paisagem a espacialidade e a heterogeneidade do espaço onde o homem habita. A partir de Troll, várias escolas desenvolveram-se novos conceitos de paisagem abrigados na denominada *Ecologia da Paisagem*.

Troll teve forte influência da geografia humana, da fitossociologia e da biogeografia, além das disciplinas voltadas ao planejamento regional. Essa abordagem geográfica caracterizou-se pela preocupação com o planejamento da ocupação territorial, através do conhecimento dos limites e das potencialidades do uso econômico de cada unidade de paisagem (espaço de terreno com características comuns). Dentro desta perspectiva, a preocupação com o estudo das inter-relações do homem com seu espaço de vida e com as aplicações práticas na solução de problemas ambientais (NAVEH; LIEBERMAN, 1990). Nessa abordagem da ecologia da paisagem a visão integradora entre as ciências sociais, geofísicas e biológicas tem como objetivo uma visão holística da paisagem e o ordenamento territorial.

Uma retomada conceitual da ecologia da paisagem deu-se na década de 1980, baseada na ecologia de ecossistemas e na modelagem e análise espacial. Sobre influência de biogeógrafos e ecólogos norte-americanos, a teoria de biogeografia de ilhas foi adaptada à ecologia de paisagem, com a preocupação de relacionar padrões espaciais aos processos ecológicos em ambientes naturais ou modificados, percebidos por qualquer espécie biológica e não apenas pelo homem (TURNER et al., 2001). Inversamente a primeira abordagem, essa enfoca sua área de estudos às paisagens ou unidades naturais, na aplicação de conceitos na conservação da diversidade biológica e no manejo de recursos naturais. Nessa linha de pensamento, a ecologia da paisagem é definida como uma área heterogênea

composta por conjuntos interativos de ecossistemas (FORMAN; GODRON 1986), como um mosaico de relevos, tipos de vegetação e formas de ocupação, tendo como principal característica o estudo dos efeitos da estrutura espacial da paisagem sobre os processos (TURNER, 1989).

Diferentemente da ecologia de ecossistemas, a ecologia da paisagem também se concentra nos aspectos culturais, históricos e socioeconômicos da ecologia humana. Segundo Forman e Godron (1986), um aspecto importante relacionado às paisagens culturais são a fragmentação dos ecossistemas originais e a destruição da biodiversidade. Na ecologia da paisagem, o homem não é apenas um fator de perturbação externa dos ecossistemas naturais, mas sim um componente interativo e co-evolucionário (NAVEH; LIEBERMAN, 1990). Despontando como uma área do conhecimento emergente, a ecologia da paisagem traz uma série de questionamentos, teorias e ferramentas para se compreender a estrutura e a dinâmica das paisagens em diversas escalas temporais e espaciais.

Partindo da perspectiva de unificação conceitual entre as duas escolas formadoras da ecologia da paisagem, Metzger (2001) propõe uma noção integradora do conceito de paisagem, a qual seria reconhecida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e sob uma determinada escala de observação.

Também para Paese e Santos (2005), embora a perspectiva ecológica tenha prevalecido, a diversidade de pontos de vista que evidencia a falta de uma estrutura conceitual que caracterize a ecologia da paisagem como disciplina, proporciona a integração de abordagens teóricas com aplicações práticas e com uma perspectiva antropocêntrica para o estudo da paisagem.

Nos estudos de causas e consequências da fragmentação da vegetação florestal, a escola ecológica é a que pode fornecer mais subsídios para essa análise. Todavia, não se devem rejeitar aspectos da abordagem geográfica com relação aos aspectos de planejamento territorial. Pois, como define Metzger (2001), apesar da existência dessas duas abordagens distintas, elas apresentam muito em comum, como o fato de serem espacialmente explícitas, lidarem com espaços heterogêneos e considerarem múltiplas escalas em suas análises.

2.2. Aplicação da ecologia da paisagem em estudos de áreas florestais fragmentadas e o uso de métricas

Para Forman e Godron (1986) a ecologia da paisagem focaliza três características da paisagem:

- *Estrutura*: trata do relacionamento espacial entre os ecossistemas característicos presentes, a distribuição de energia, materiais e espécies em relação aos tamanhos, formas, números, tipos e configurações dos ecossistemas.
- *Função*: investiga as interações entre os elementos espaciais, isto é, os fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas componentes.
- *Mudança*: detecta alterações na estrutura e função do mosaico ecológico numa escala temporal.

A respeito da estrutura da paisagem, Forman e Godron (1986) determinam uma composição comum e fundamental a todas as paisagens, ou seja, composta por três elementos: fragmento, matriz e corredor.

Os fragmentos, sob esta ótica, são concebidos como sendo a principal parte da paisagem, o ecossistema (ou parte dele) que suscita a atenção do pesquisador. As partes são dinâmicas e ocorrem numa variedade de escalas espaciais e

temporais que variam em função da percepção de quem as estuda. Portanto, indiferente às bases para definir os fragmentos, uma paisagem não contém um único mosaico de fragmentos, mas contém uma hierarquia de mosaico de partes que podem estar distribuídos numa faixa de escalas (VOLOTÃO, 1998) ¹.

A matriz representa o(s) elemento(s) nos quais os fragmentos estão imersos, podendo estes ser de ocorrência natural (como no caso das áreas de campos associados às Florestas Ombrófilas Mistas) ou antrópicos (pastagem, culturas agrícolas, monoculturas florestais). A matriz pode ser homogênea ou heterogênea.

Por fim, corredores são estreitas faixas, naturais ou antrópicas, que diferem da matriz, e geralmente possuem características semelhantes à dos fragmentos, podendo promover a união entre fragmentos distintos.

Entre as várias ferramentas para efetuar procedimentos de avaliação numa paisagem, pela abordagem ecológica uma série de métodos são aplicados para estabelecer relações entre padrões espaciais e processos ecológicos, conhecidos como métricas ou índices de paisagem. Metzger (2003) descreve e agrupa as principais métricas da paisagem em duas principais categorias: as métricas de composição e as métricas de disposição.

De acordo com McGarigal e Marks (1995), métricas de composição referem-se às feições associadas à presença ou ausência dos elementos na paisagem. Irão identificar as unidades de paisagem presentes na unidade estudada, sua riqueza e área ocupada pelas mesmas. As métricas de disposição (ou configuração) estão relacionadas à distribuição física desses elementos na paisagem. Vão quantificar o arranjo espacial dessas unidades em termos de grau de fragmentação, grau de conectividade e isolamento entre fragmentos, formato, complexidade, entre outros.

¹ Neste trabalho, os fragmentos são constituídos pelas áreas cobertas com Floresta Ombrófila Mista, independentemente da fragmentação ser proveniente de processos naturais ou antrópicos.

Como a ecologia da paisagem baseia-se no fato de os padrões espaciais da paisagem influenciarem fortemente os processos ecológicos, para Couto (2004) o termo *métricas da paisagem* refere-se a algoritmos que quantificam características espaciais específicas de fragmentos, classes, ou todo o mosaico da paisagem.

Existem centenas de métricas que podem ser utilizadas para estudos de paisagens fragmentadas, no entanto estes cálculos só têm valor se inseridos em um questionamento bem definido, podendo ser utilizadas tanto para o estabelecimento de hipóteses como para respostas em definitivo a estas perguntas.

2.3. Geotecnologias aplicadas ao estudo da paisagem

A análise acurada de uma paisagem demanda uma base de dados com informações espaciais atualizadas que possa gerar a sistematização e espacialização do território em suas características físicas, ambientais, uso da terra, etc.

As geotecnologias, ou geoprocessamento, compreendem um conjunto de técnicas computacionais de coleta, armazenamento, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica (WUTKE et al., 2006), sendo assim, fontes de grande utilidade para todos aqueles que visam ao estudo da paisagem.

Compreendem inicialmente a obtenção e utilização de dados cartográficos. Base cartográfica é uma representação analógica do espaço real, produzida através de métodos cartográficos de transformação de superfície apoiados num referencial geodésico único – mapas e cartas, por exemplo. A base cartográfica digital reúne os mesmos elementos representados de forma analógica, como relevo, vegetação, ou

outros, representados agora separadamente na interface computacional (SILVEIRA et al., 2008).

A estruturação de bases cartográficas, através de dados já existentes, ou sua criação, demanda uma série de técnicas de coletas de informação espacial:

- executar levantamentos geodésicos em campo, gerados principalmente por sistemas de posicionamento por satélite, como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), onde a posição de um ponto na superfície da Terra é determinada por sinais de rádio enviados por um conjunto de satélites. Os pontos georreferenciados (latitude, longitude e altitude) formam a base de um mapa digital (WUTKE et al., 2006).
- obter dados de sensoriamento remoto, ou seja, obtenção de informações sobre objetos distantes, sem contatos com os mesmos. Tais imagens são captadas por sensores, equipamentos que captam e registram dados de energia eletromagnética refletida ou emitida pelos elementos da superfície da Terra (FLORENZANO, 2002).

Entre os diversos tipos de sensores remotos, há uma série de características que os diferenciam, como o modo de captura de imagens e a sua resolução. As imagens de sensoriamento remoto podem ser combinadas com outras fontes já existentes sobre a área de interesse, tais como material cartográfico e fotografias aéreas, formando a base do Sistema de Informação Geográfica – SIG (WUTKE et al., 2006). Fotos e imagens são processadas para sua correção geométrica e transformação em ortocartas.

A **tabela 1** mostra um resumo das possíveis taxonomias de tais sensores.

Tabela 1. Taxonomias de sistemas de sensoriamento remoto. Adaptado de ERLERS et al. (2007).

PLATAFORMA DE GRAVAÇÃO	Satélite Avião / balão Estacionário
MODO DE GRAVAÇÃO	Passivo (visível, infravermelho, infravermelho, microondas). Ativo (laser ou radar)
MEIO DE GRAVAÇÃO	Analógico Digital
COBERTURA ESPECTRAL	Visível / ultravioleta Infravermelho refletido Infravermelho termal microondas
RESOLUÇÃO ESPECTRAL	Pancromático (1 banda) Multiespectral (2 – 20 bandas) Hiperespectral (20 – 250 bandas) Ultra-espectral (> de 250 bandas)
RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA	Baixa (<6 bit) Média (6-8 bit) Alta (8–12 bit) Muito alta (>12bit)
RESOLUÇÃO ESPACIAL DO SOLO	Muito baixa (>250) Baixa (50-250m) Média (10-50m) Alta (4-10m) Muito alta (1-4m) Ultra alta (<1m)

- organizar os dados num ambiente SIG. Segundo Star e Estes (1990), SIG é a união entre um sistema de banco de dados projetados para trabalhar com dados georreferenciados e um conjunto de operações que formam capacidade analítica para trabalhar com tais dados. Permite a associação de dados gráficos (mapas) e bancos de dados alfanuméricos (tabelas) visando à gestão espacial. Caracteriza-se, portanto, por integrar numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, e quaisquer outras informações levantadas sobre uma dada área. Além de oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, permite consultar, recuperar, transformar e visualizar o conteúdo da base de dados referenciados espacialmente e gerar mapas (WUTKE et al., 2006; SILVEIRA et al., 2008). A **figura 1** mostra a arquitetura geral de funcionamento de um SIG.

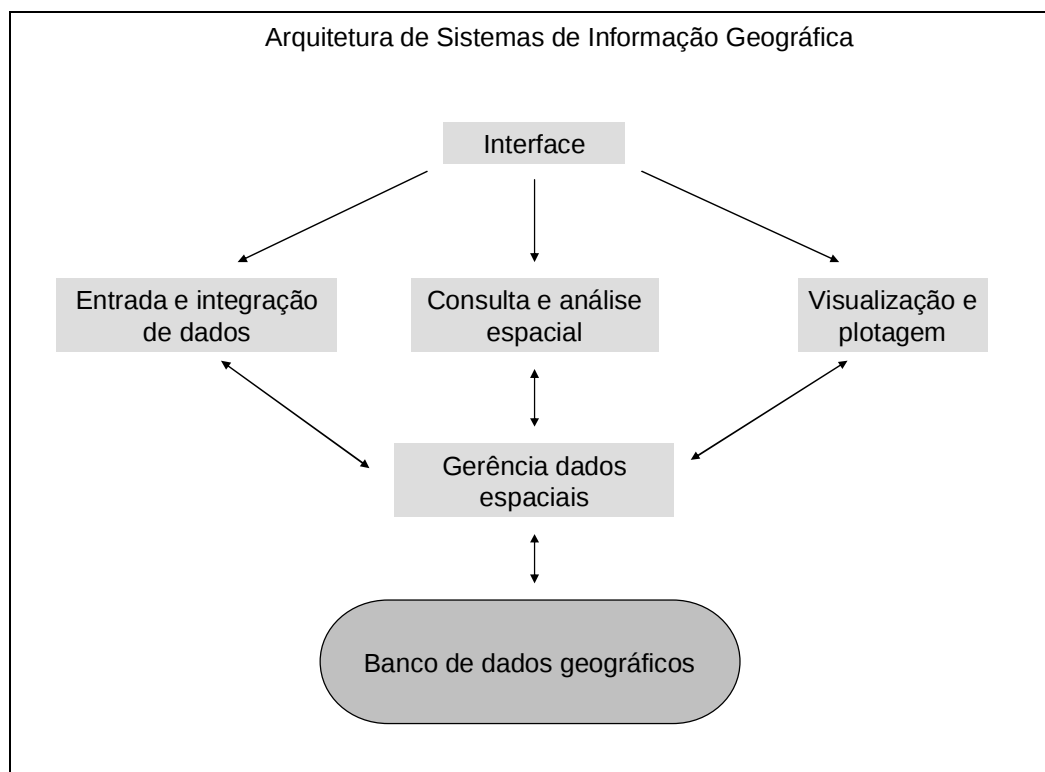


Figura 1: Configuração geral de um SIG. Adaptado de Camara et al.(1996).

2.4. A Floresta Ombrófila Mista

Pertencente a um dos principais biomas brasileiros, a Mata Atlântica², esta floresta recebe diversas denominações como: floresta com pinheiros, pinhais, pinheirais, zona dos pinhais, Mata com Araucária, floresta aciculifoliada subtropical, entre outras.

O sistema de classificação do IBGE (VELOSO et al., 1991) designa a Floresta com Araucária como uma Floresta Ombrófila Mista (FOM), onde o termo “ombrófila” significa alta pluviosidade e “mista” está relacionado à mistura das floras tropical afro-brasileira e a temperada austro-brasileira. Tal mistura ocorre devido à

² Decreto 750, de 10 de fevereiro de 1993. Regulamentada pela Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006.

condições onde fatores como altitude planáltica se associam à latitude, criando uma situação neotropical.

A FOM está circunscrita a uma região de clima pluvial subtropical, ocorrendo em geral abaixo do Trópico de Capricórnio, em altitudes que vão de 500 a 1.200m.s.n.m. nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O Paraná, segundo Reitz e Klein (1966), apresentava a maior extensão desta unidade fitoecológica, no primeiro, segundo e na parte leste do terceiro planalto (**figura 2**).

De acordo com Rambo (1951), no Sul do Brasil, o pinhal “é uma cópia diminuída da floresta andina, especialmente da floresta valdiviana (...)”, devido a isso, a distribuição da Araucária em território brasileiro diminui conforme avança em direção ao norte, distante dos Andes, o centro de irradiação de muitas das espécies características da FOM.

São propostas quatro formações florestais diferentes, de acordo com a variação altitudinal (VELOSO et al., 1991):

- a) Aluvial (FOMA) – situados nas margens dos cursos de água, em qualquer altitude;
- b) Submontana (FOMS) – de 50 até 400 metros de altitude;
- c) Montana (FOMM) – de 400 a 1.000 metros de altitude;
- d) Altomontana (FOMT) – acima dos 1.000 metros de altitude.

Nos Campos Gerais, a FOM apresenta-se como Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) e Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA).

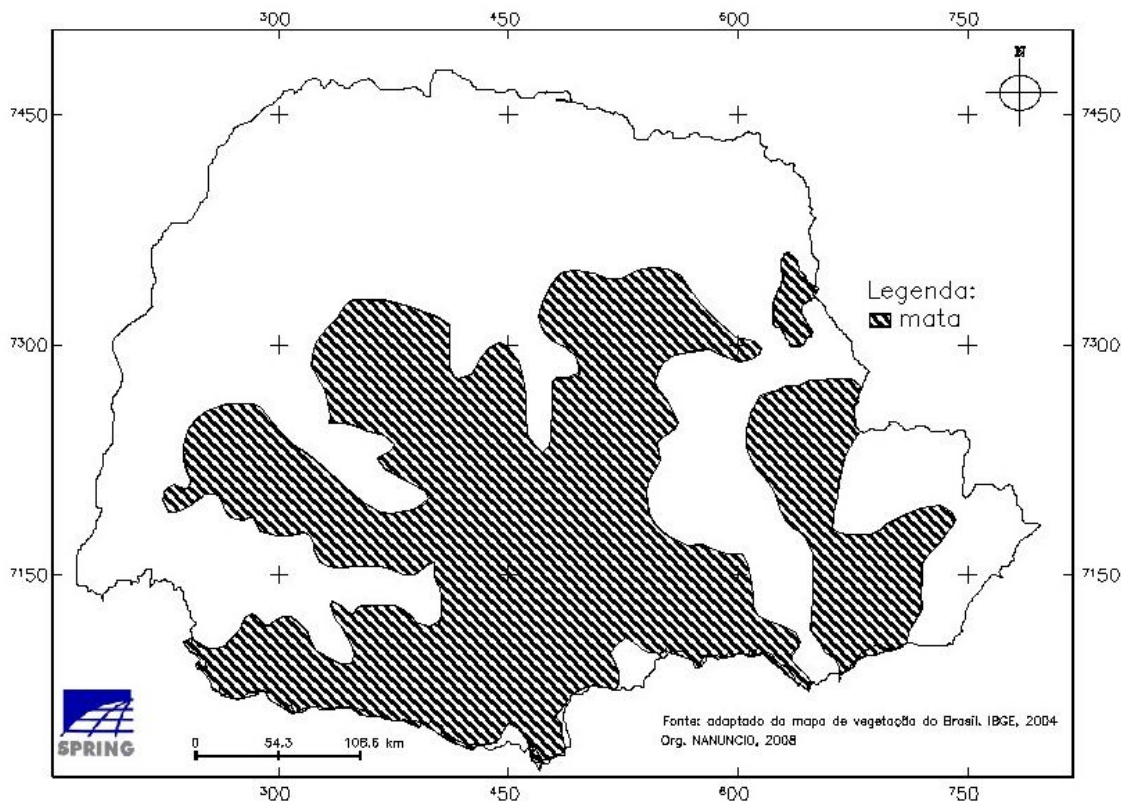


Figura 2: Área de Domínio original da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná

Nos Campos Gerais, as formações FOMM ocupam porções planálticas, em geral, de configurações arredondadas, em locais onde existe afloramento do lençol freático, com ocorrências de cambissolos ou neossolos litólicos húmicos (MORO et al., 1996). As formações FOMA estão associadas a cursos d'água, ocupando as margens de rios e normalmente vinculada a neossolos flúvicos e a gleissolos (OLIVEIRA et al., 2003; CURCIO et al., 2007).

Indiferente às configurações adquiridas pela Floresta Ombrófila Mista, como o próprio nome sugere, seu elemento mais característico é a *Araucaria angustifolia* (araucária, pinheiro-do-paraná), uma espécie formadora do dossel, que pode ocorrer associado a diferentes grupos de espécies. A araucária imprime um aspecto fitofisionômico próprio em virtude de sua abundância, porte e copa característicos. Segundo Klein (1960, 1984), esta espécie caracteriza esta formação por sua grande

abundância, porte agigantado, seus fustes retos, copas corimbiformes peculiares, com folhas verde-escuras, que emergem por diversos metros por sobre o restante da vegetação arbórea, a tornando inconfundível (**figura 3**).

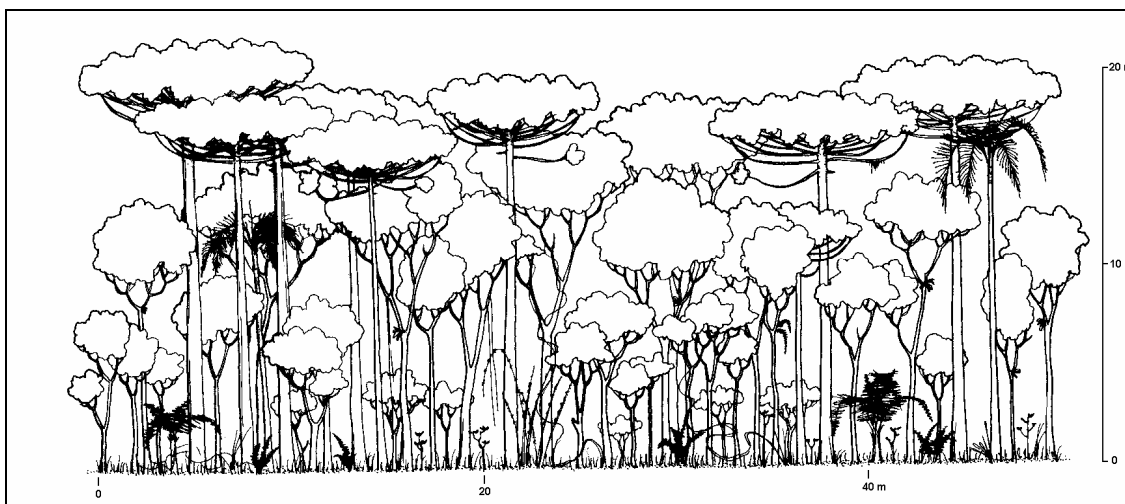


Figura 3: Perfil esquemático de um trecho de FOM, destacando a emergência da Araucária no dossel. FONTE: Roderjan et al. (2002).

Tendo um histórico de intensiva exploração, a Mata com Araucária existente nos Campos Gerais é, em sua maioria, secundária, como consequência do ciclo da erva-mate e da madeira (CASTELLA; BRITEZ, 2004; MELO et al., 2007). A resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 002 de 18 de março de 1994, que dispõe sobre tais estágios sucessionais, estabelece parâmetros para cada estágio. Assim, no artigo 2º da referida resolução, é tido que a Floresta Ombrófila Mista pode apresentar-se em três diferentes estágios de sucessão.

O primeiro estágio – *estágio inicial* - tem como características: fisionomia herbáceo/arbustiva, formando um estrato, variando de fechado a aberto, com a presença de espécies predominantemente heliófilas, espécies lenhosas ocorrem (1 a 10 espécies), com diâmetros e alturas pequenas (não ultrapassando 10m); o crescimento das árvores do dossel é rápido, as epífitas são raras, lianas herbáceas e gramíneas abundantes, não há regeneração das árvores do dossel, e as espécies

mais comuns são Bracatinga (*Mimosa scabrella*) e Vassourão-preto (*Vernonia discolor*).

O segundo estágio de sucessão, ou *estágio médio*, caracteriza-se por uma fisionomia arbustiva ou arbórea (formando 1 ou 2 estratos); espécies lenhosas variam entre 5 e 30 táxons; dossel com altura entre 8 e 17m; epífitas são comuns, a regeneração das árvores do dossel é pequena; é as principais espécies que compõe e indicam esse estágio são vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*), canela-guaicá (*Ocotea puberula*), entre outras.

E finalmente o terceiro estágio, ou *estágio avançado*, compõe-se de uma fisionomia arbórea dominante sobre as demais, formando dossel fechado e uniforme, com presença de mais de dois estratos e espécies umbrófilas, as espécies lenhosas somam um número superior a 30 táxons; as árvores do dossel possuem desenvolvimento lento e vida longa; as epífitas são abundantes e as gramíneas raras; a regeneração das árvores do dossel é intensa; e as espécies mais comuns e indicadoras são a própria araucária (*Araucaria angustifolia*), imbuia (*Ocotea porosa*), etc.

2.5. Origem e estabelecimento da Floresta Ombrófila Mista e dos Campos de Altitude associados

Originalmente, os fragmentos de FOM estavam envoltos por formações campestres, com variações fisionômicas determinadas principalmente pelas condições dos solos. Atualmente, sendo o clima francamente favorável ao desenvolvimento florestal, existe uma tendência de expansão das Florestas com Araucária sobre os campos, mas que é pouco perceptível devido à intensividade com que o agronegócio atua sobre os mesmos. (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003).

Evolutivamente existem fortes indícios de que a vegetação campestre teve surgimento anterior à vegetação florestal, sendo sua presença considerada relictos de um clima semi-árido pleistocênico. Constituem a formação florística mais antiga ou primária do estado do Paraná. Estudos de Behling (1997), nos Campos Gerais do Paraná, mostram que extensas áreas de campos dominaram a paisagem da região durante o início e meso-Holoceno, refletindo climas frios e secos. As florestas somente conquistaram os primitivos campos a partir das florestas de galeria, capões de nascentes e matas de encostas de escarpas, durante um período constantemente úmido do Holoceno (MAACK, 1968).

A **tabela 2** mostra em detalhes o período Quaternário, enfatizando as flutuações climáticas ocorridas durante o Holoceno e o Pleistoceno, intimamente ligadas aos eventos glaciais.

Tabela 2: Propostas de subdivisão do Período Quaternário. Modificado de: Melo e Ponçano (1983).

CLASSIFICAÇÃO CRONOESTRATIGRÁFICA		CLASSIFICAÇÃO PALEOBIOCLIMÁTICA	
INTERVALO DE TEMPO (anos A.P.)	ÉPOCA	REGIME CLIMÁTICO	AMÉRICA DO NORTE
10.000	HOLOCENO	inter-glacial úmido	Flandrian
100.000	PLEISTOCENO	Glacial semi-árido	Wisconsinian
150.000	PLEISTOCENO	Interglacial	"
300.000	PLEISTOCENO	Glacial	"
400.000	PLEISTOCENO	Interglacial úmido	Sangamonian
500.000	PLEISTOCENO	Glacial semi-árido	Illinoian
700.000	PLEISTOCENO	Interglacial úmido	Yarmouthian
1.000.000	PLEISTOCENO	Glacial semi-árido	Kansan
1.300.000	PLEISTOCENO	Interglacial úmido	Aftonian
1.600.000	PLEISTOCENO	Glacial semi-árido	Nebraskan

Durante todo o Quaternário alternaram-se, portanto, longas fases semi-áridas com fases úmidas, ligados às fases glaciais, com a ocorrência de flutuações em menor escala.

No período da última glaciação, áreas de FOM eram raras no Sul do Brasil, e provavelmente encontradas somente em vales, sugerindo condições climáticas frias

e mais secas do que as atuais. A FOM, como um cinturão desde a região Sul até o sudeste do Brasil, foi estabelecida sob condições climáticas mais úmidas, sem períodos significativos de seca (BEHLING, 1998). Ainda segundo Behling (1998), nos Campos Gerais a expansão inicial das Florestas com Araucária a partir das florestas de galeria, sobre a vegetação de campo, ocorreu apenas por volta de 3.000 anos A.P. (antes do presente), e significativamente a partir de 1.500 anos A.P. para a FOMM. Klein (1979) afirma que a vegetação está evoluindo lentamente para um “clímax climático” o qual, porém, ainda está longe de ser atingido, devido a fatores antrópicos. Estes aspectos sugerem que as condições climáticas atuais favorecem as florestas em detrimento das associações de campo e de cerrados no Brasil Meridional.

2.6. Fragmentação da Floresta Ombrófila Mista nos Campos Gerais

Originalmente, a Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná cobria cerca de 73.780 Km², tendo seu início no Primeiro Planalto, a oeste da Serra do Mar, estendendo-se pelos Segundo e Terceiro Planaltos (MAACK, 1968). Todavia, assim como ocorreu com outras unidades florestais brasileiras, a FOM sofreu um extenso processo de degradação, resultado de um processo histórico de ocupação do solo devido à expansão agrícola. Hoje restaram apenas 0,8% desta formação florestal em bom estado de preservação, em diversas situações pelo Estado, e cuja conservação é de extrema importância (CASTELLA; BRITEZ, 2004).

Na região dos Campos Gerais, parte da paisagem florestal ainda existente apresenta-se ora como fragmentos oriundos da ação humana, ora como fragmentos florestais definidos por fatores naturais. O discernimento destes processos constituiu

matéria de discussão intensa na Biologia e Geografia (HAFFER, 1992), e continua na aliança entre técnicas de sensoriamento remoto e indicadores biofísicos.

2.6.1. Processos naturais de fragmentação

Fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos e fitogeográficos foram determinantes para a configuração fragmentada da Floresta Ombrófila Mista na região dos Campos Gerais.

Como visto anteriormente, as flutuações climáticas influenciaram definitivamente o revestimento florístico no Sul do país, causando processos de fragmentação natural na FOM e vegetação associada. Para Klein (1960) a presença da Araucária em todo o sul do Brasil frente ao padrão climático atual, deve-se ao fato à exigência de solos profundos de encostas, irradia-se sobre campos e outras formações pioneiras, originando uma série de sucessões.

Além disso, segundo Haffer (1992), os ciclos paleoclimáticos funcionaram como eficiente "máquina de especiação" ou "bomba de espécies" durante o curso da história geológica.

Paisagens são mosaicos gerados por processos de perturbação que variam em escala, extensão, intervalo e intensidade de recorrência. Processos bióticos também variam, de pequena escala, como o crescimento de um indivíduo animal ou vegetal até a reorganização de grupos de espécies. Fatores limitantes podem estar relacionados a condições do solo e regimes climáticos (HAFFER, 1992, p.8).

Geologicamente, a região Sul do Brasil é bastante complexa, porém no estado do Paraná, dominam na maior parte os solos formados pela decomposição das rochas melafíricas e basálticas (norte e oeste do estado), as rochas da Serra do Mar pertencem ao Arqueano, e na região dos Campos Gerais aparecem sedimentos devonianos e os arenitos do Carbonífero Superior (KLEIN, 1960).

De modo geral, o substrato geológico parece não representar um fator limitante da FOM, como mostra a **figura 4**.

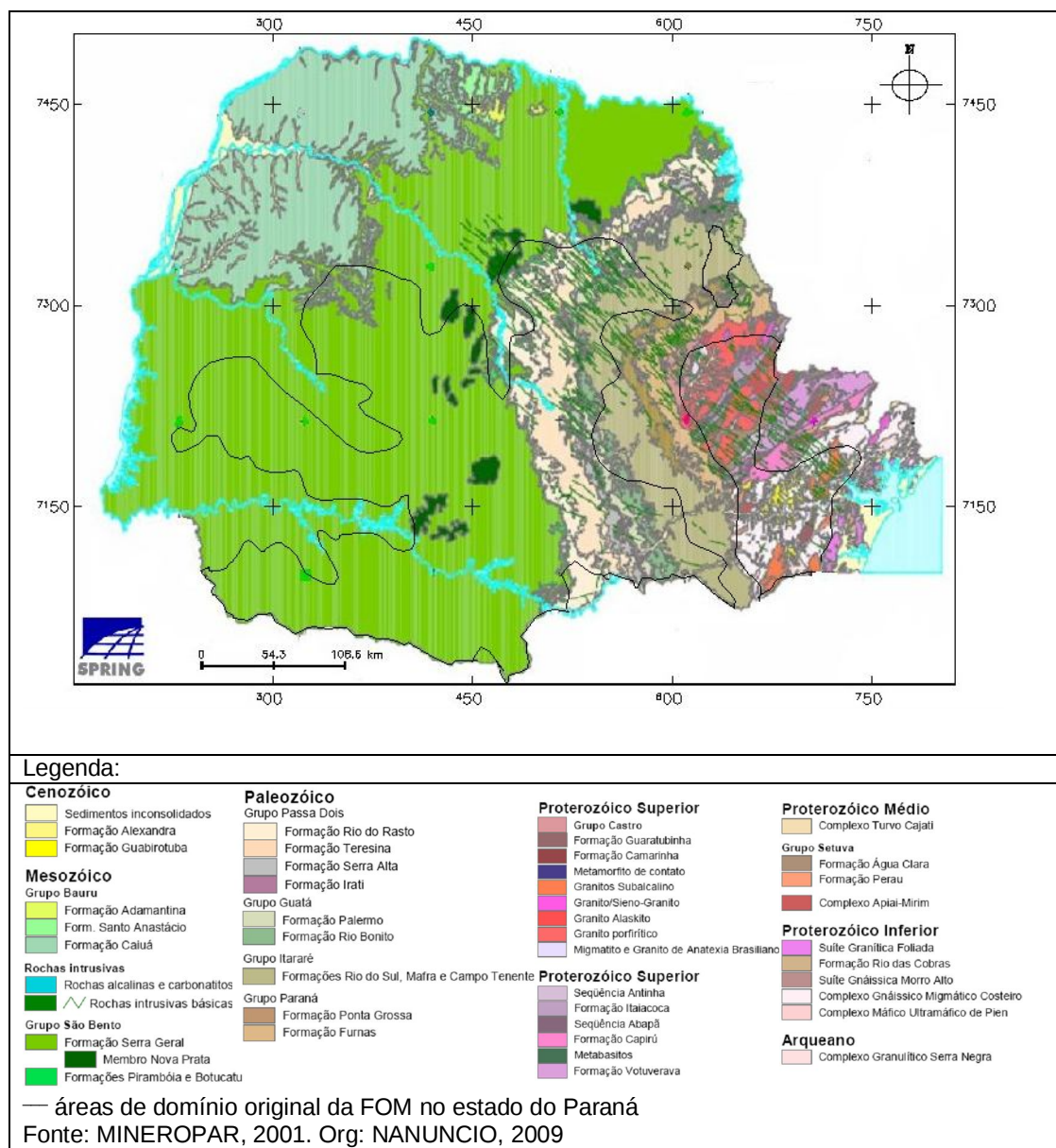


Figura 4: Mapa Geológico do Paraná, mostrando as diferentes formações e suas respectivas idades geológicas, comparado à distribuição original da Floresta Ombrófila Mista. Adaptado de: MINEROPAR (2001).

O substrato geológico é menos um fator limitante ao desenvolvimento da FOM do que a altitude. Pode-se perceber que este domínio florestal ocupava todos os compartimentos geológicos do estado, exceto cotas inferiores a 600 m (**figura 5**).

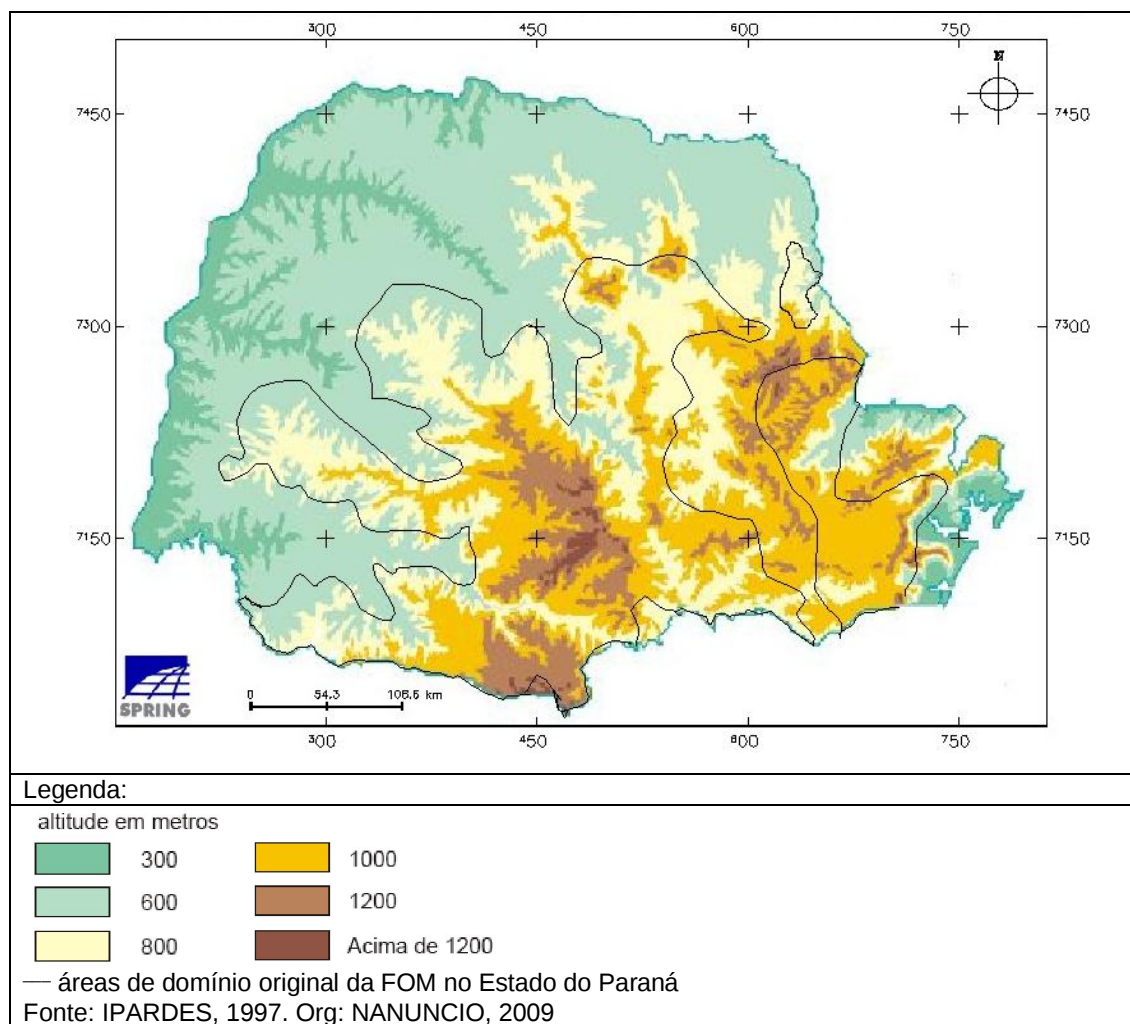


Figura 5: Mapa Hipsométrico do estado do Paraná, comparado à distribuição original da Floresta Ombrófila Mista. Adaptado de: IPARDES (1997).

Frequentemente, processos de fragmentação natural da FOM estão relacionados à presença de solos rasos e com baixa disponibilidade de água. E revelam para a maior parte dos solos, acentuada acidez e pobreza em elementos nutritivos, principalmente potássio, fósforo e cálcio (KLEIN, 1960).

Complementarmente, no Paraná, os campos naturais ocorrem em regiões planas ou plano-deprimidas mal drenadas, em solos de arenito (Campos Gerais) ou em solos derivados de derrames basálticos ácidos (Campos de Palmas), e em solos rasos e pedregosos. Segundo Imaguire (1968), há grande seletividade entre as espécies nativas de campo, face aos rigores ambientais, como condições de solo (consistência, hidratação, nutrientes), ventos e insolação. Entretanto estas mesmas espécies apresentam um enorme sucesso quando comparadas às espécies florestais, mais sensíveis à ação do sol, ventos e estiagem, e menos exigentes com relação á disponibilidade hídrica e de nutrientes no solo.

A **figura 6** mostra as diferentes relações que podem se estabelecer na paisagem em diversas escalas espaciais e temporais, promovendo diferentes alterações ambientais, respostas bióticas e padrões de vegetação.

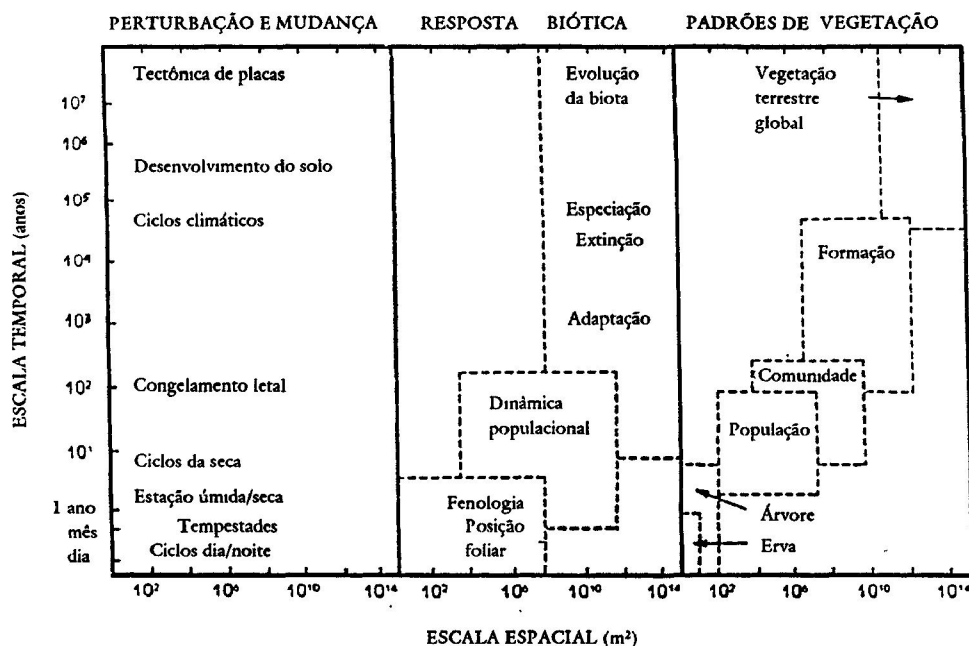


Figura 6: Inter-relação espacial e temporal de perturbações naturais e alterações ambientais, resposta biótica e padrões de vegetação (DEL COURT et al. *apud* DI CASTRI; RADLEY, 1988 *apud* HAFFER, 1992).

2.6.2. Processos antrópicos de fragmentação

Todos os principais ciclos econômicos, fortemente voltados à exportação, desde a exploração de madeira e, mais recentemente, o plantio de monoculturas e de plantios de espécies exóticas (*Pinus*), foram gradativamente desalojando as áreas florestadas. Historicamente, os setores do agronegócio pouco se preocuparam com a preservação dos ambientes nativos, sempre objetivando o maior lucro no menor tempo possível (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007).

Segundo Lavallo (1981), a exploração das florestas da região com finalidade de aproveitamento da madeira ou para permitir o avanço da lavoura, foi muito intensa durante o século XX (...) o esgotamento florestal foi crescente, principalmente após 1935, quando a madeira começou a participar com maior intensidade das exportações brasileiras.

Em 1873 a Companhia Florestal Paranaense, com o objetivo de fazer propaganda e atrair os importadores europeus, chegou a cortar em pedaços uma araucária de 33 metros de altura, transportando-a de navio para a Europa, onde foi novamente montada em pé, na Exposição Internacional de Viena. (CAMPANILI; PROCHNOW, 2006, p.32-33)

Ainda segundo Lavallo, além da madeira do pinheiro-do-Paraná, que foi extraída das matas paranaenses em quantidades que, por vezes, ultrapassavam as possibilidades de comercialização e transporte do produto³, muitas outras espécies nativas foram abatidas até sua quase extinção, de acordo com a demanda de mercado.

Das florestas primárias, só foi valorizada a madeira, mesmo assim apenas de algumas poucas espécies. Nenhum valor era atribuído aos produtos não-

³ Dados do extinto Anuário Brasileiro de Economia Florestal mostram que, entre 1945 e 1964, mais de 28.000 m³ de madeira de pinheiro (*Araucaria angustifolia*) foram comercializados somente no estado do Paraná.

madeireiros e os serviços ambientais das florestas eram ignorados ou desconhecidos (CAMPANILI; PROCHNOW, 2006).

Segundo Rocha e Weirich Neto (2007), a baixa fertilidade dos campos nativos inicialmente limitou o desenvolvimento de atividades agrícolas às áreas de FOM, que foram drasticamente devastadas. Face ao baixo custo da criação de gado nas pastagens nativas e as dificuldades para utilização agrícola das terras devido à baixa fertilidade natural, a pecuária extensiva predominou nos Campos Gerais até final da década de 1960.

A partir da década de 1970, um aumento na demanda de soja pelo mercado mundial, subsidiou o capital financeiro à promover a adequação dos solos das áreas campestres às condições de cultivo (aumento da fertilidade e controle de acidez) e à substituição das lavouras tradicionais, muitas de subsistência, que ocupavam as áreas já desmatadas, acelerando o esvaziamento populacional da região através do êxodo rural e da concentração fundiária. Paradoxalmente, observa-se desde então um aumento da área de FOM pelo abandono e regeneração natural de áreas cultivadas que não se adequam à mecanização agrícola.

Mas recentemente, a expansão das monoculturas exóticas (principalmente de *Pinus*) ganhou grande incentivo dos setores madeireiro e de celulose, afetando negativamente estes ecossistemas. A alta rentabilidade desta cultura promove um crescimento descontrolado da mesma em áreas com solos rasos e impróprios para agricultura, como afloramentos rochosos e campos úmidos (ROCHA; WEIRICH NETO, 2007). Setores voltados à exportação, com produção certificada, precisam comprovar que não fazem conversão florestal (plantação de exóticas sobre áreas de florestas nativas), mas, infelizmente, a mesma exigência não se aplica à implantação de monocultura de *Pinus* sobre campos nativos.

Especificamente sobre a região de Pirai da Serra, Ramos et al. (2007) citam que as áreas de monocultura de **Pinus** encontram-se não só ocupando áreas de campos nativos, mas também áreas de preservação permanente, substituindo a vegetação ripária, e até mesmo o interior de alguns fragmentos; esse fato fica fortemente evidenciado nas regiões mais próximas ao cânion do rio Iapó e nas proximidades do rio Guaricanga.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A região norte dos Campos Gerais, no Paraná, é um local onde a paisagem original é dominada por campos naturais intercalados por Floresta Ombrófila Mista que se desenvolvem em zonas com disponibilidade de água; acompanham ambientes de cerrado e campos de altitude (BILENCA; MINARRO, 2004).

Piraí da Serra, inserida na Escarpa Devoniana, abrange três municípios: Piraí do Sul, Castro e Tibagi (**figura 7**). Situada a margem esquerda do Rio Fortaleza, entre o Rio Guaricanga e Iapó e pela rodovia PR-90, a região compreende uma superfície de cerca de 50.940ha à margem da Escarpa Devoniana, sob as coordenadas UTM 550403–7262276 e 601361–7318420.

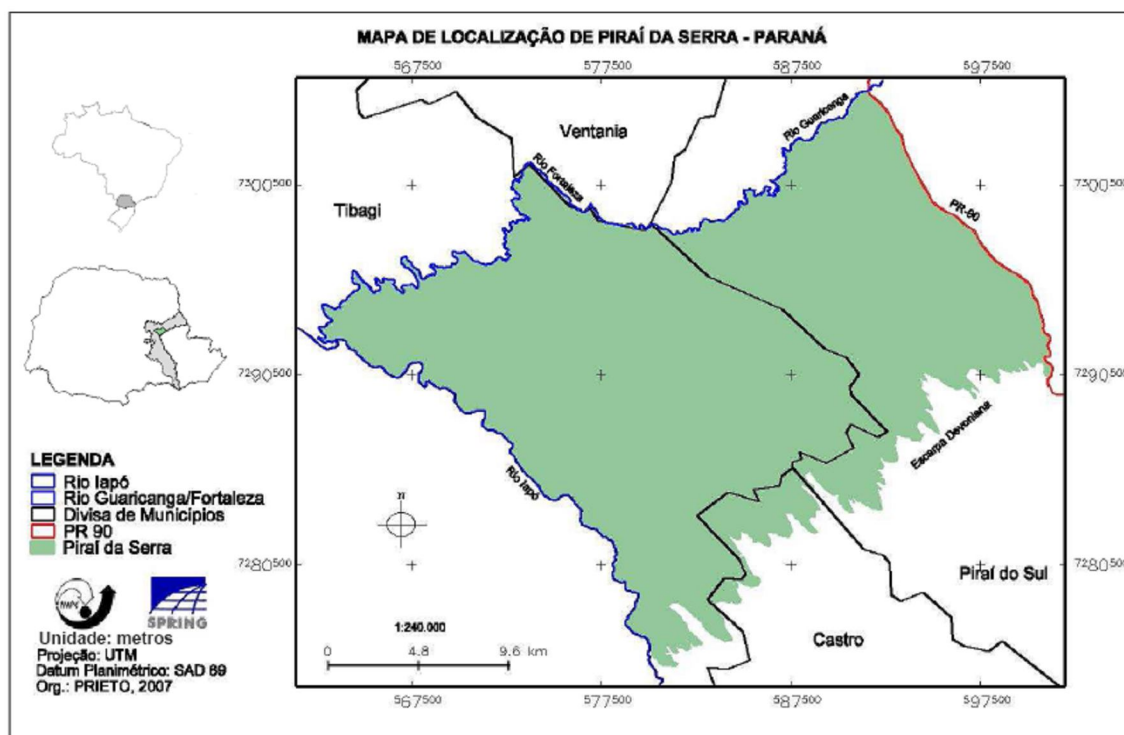


Figura 7: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: PRIETO (2007).

Particularidades, como a proximidade com o cânion do Guartelá, e o terreno acidentado de suas terras altas, caracterizado pela expressiva presença de lineamentos, favoreceram a preservação da vegetação nativa até meados do século XX (PRIETO, 2007), mas atualmente seus habitats estão seriamente ameaçados pelas novas faces do agronegócio.

Nessa região, manifesta-se um dos mais notáveis enxames de diques da superfície do planeta, orientados paralelamente ao eixo do arqueamento, na direção NW-SE, constituídos de diabásio, microdiorito, quartzo-microdiorito e microdiorito pórfiro (TREIN et al., 1967). São rochas que originam solos férteis (**figura 8**), propícios ao desenvolvimento de vegetação arbórea, a qual por sua vez sustenta rica fauna.

Os diques formam muitos cânions, como o do Arroio Palmeirinha, paralelos ao Guartelá, que encaixam os tributários da margem esquerda do rio Fortaleza, onde cachoeiras e corredeiras são comuns. Essa topografia segmentada por cânions paralelos dificultou, na região, a expansão dos latifúndios com agricultura mecanizada (MELO et al., 2003).

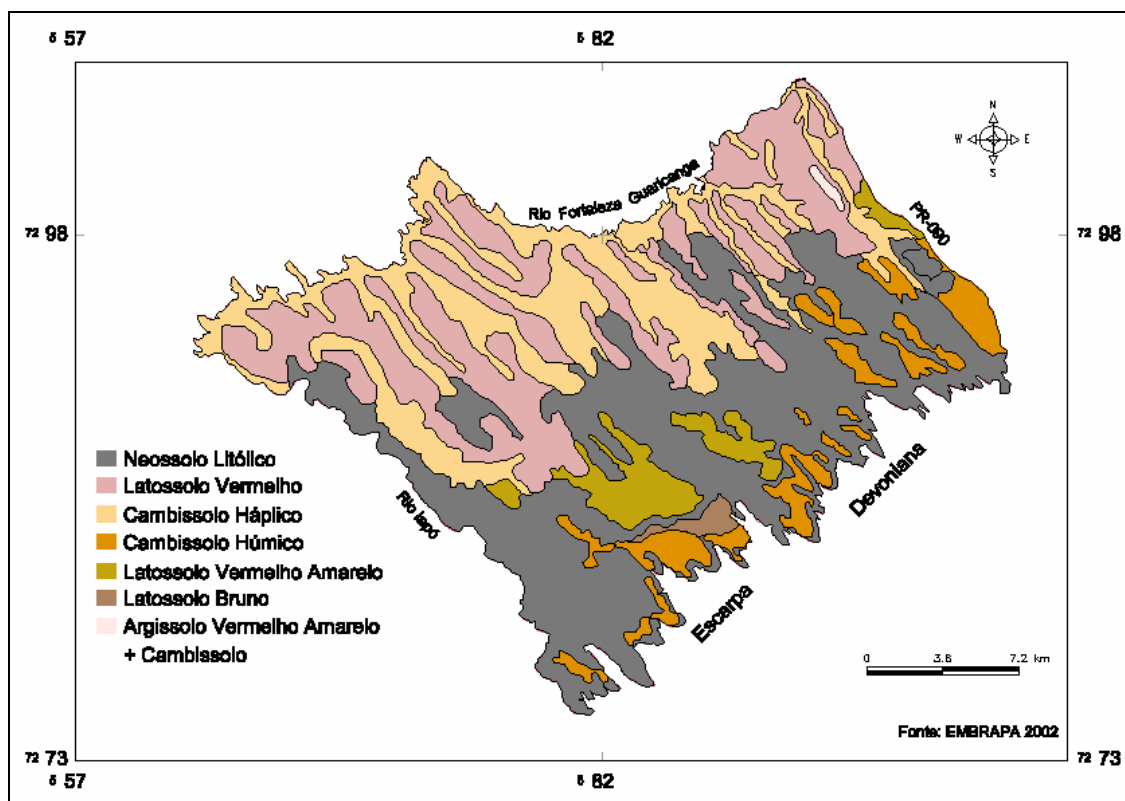


Figura 8: Mapa de solos de Piraí da Serra. Fonte: Koene (2008).

Com base na classificação de Köppen, na região dos Campos Gerais é possível identificar dois tipos de clima (**figura 9**). O clima subtropical (Cfa) caracteriza-se por apresentar temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima dos 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definida. No entanto, há predomínio do clima temperado (Cfb), com temperatura média no mês mais frio abaixo dos 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo dos 22°C e igualmente sem estação seca definida.

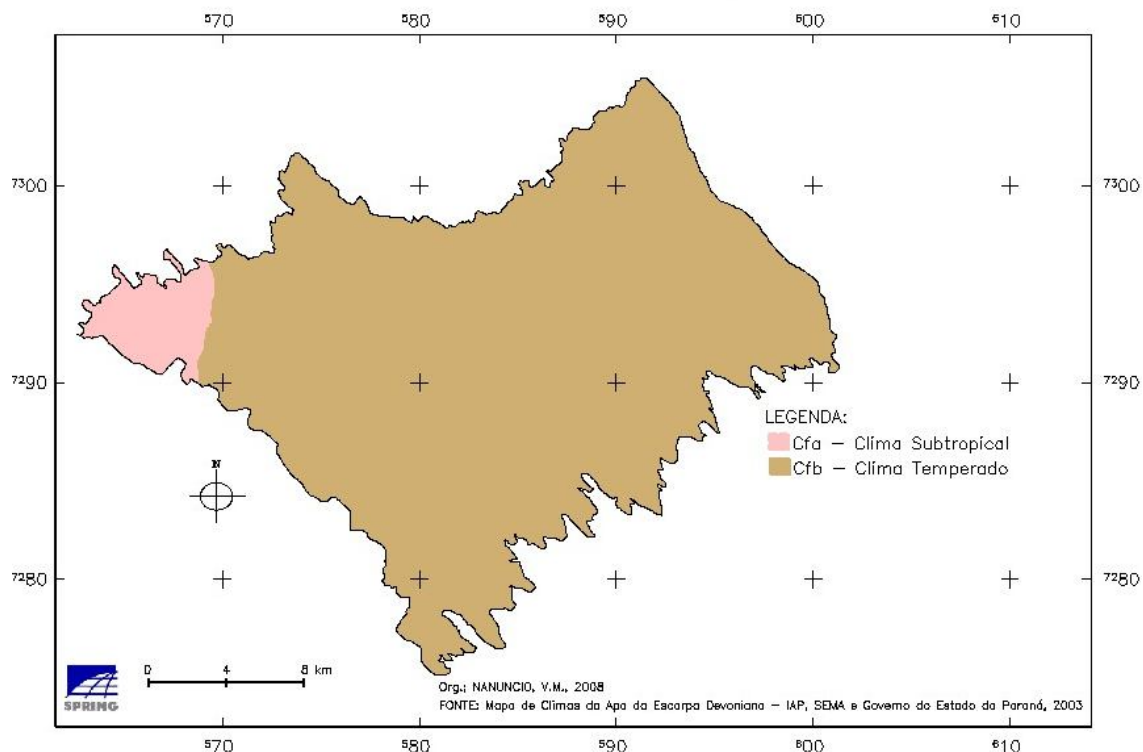


Figura 9: Clima da região de Pirai da Serra. Fonte: SEMA/IAP (2003).

Tais características, segundo Cruz (MELO et al., 2007), são definidas por diferentes fatores, como a presença de vales (rio Tibagi e afluentes), pela latitude e pelo relevo da Escarpa Devoniana.

A configuração da vegetação em Pirai da Serra é bastante peculiar, pois nesta região os fragmentos de FOM apresentam-se encaixados nas fendas dos diques de diabásio. A **figura 10** mostra a configuração geológica da área em detalhes, enquanto as **figuras 11** e **12** mostram a disposição dos fragmentos florestais, acompanhando os lineamentos estruturais.

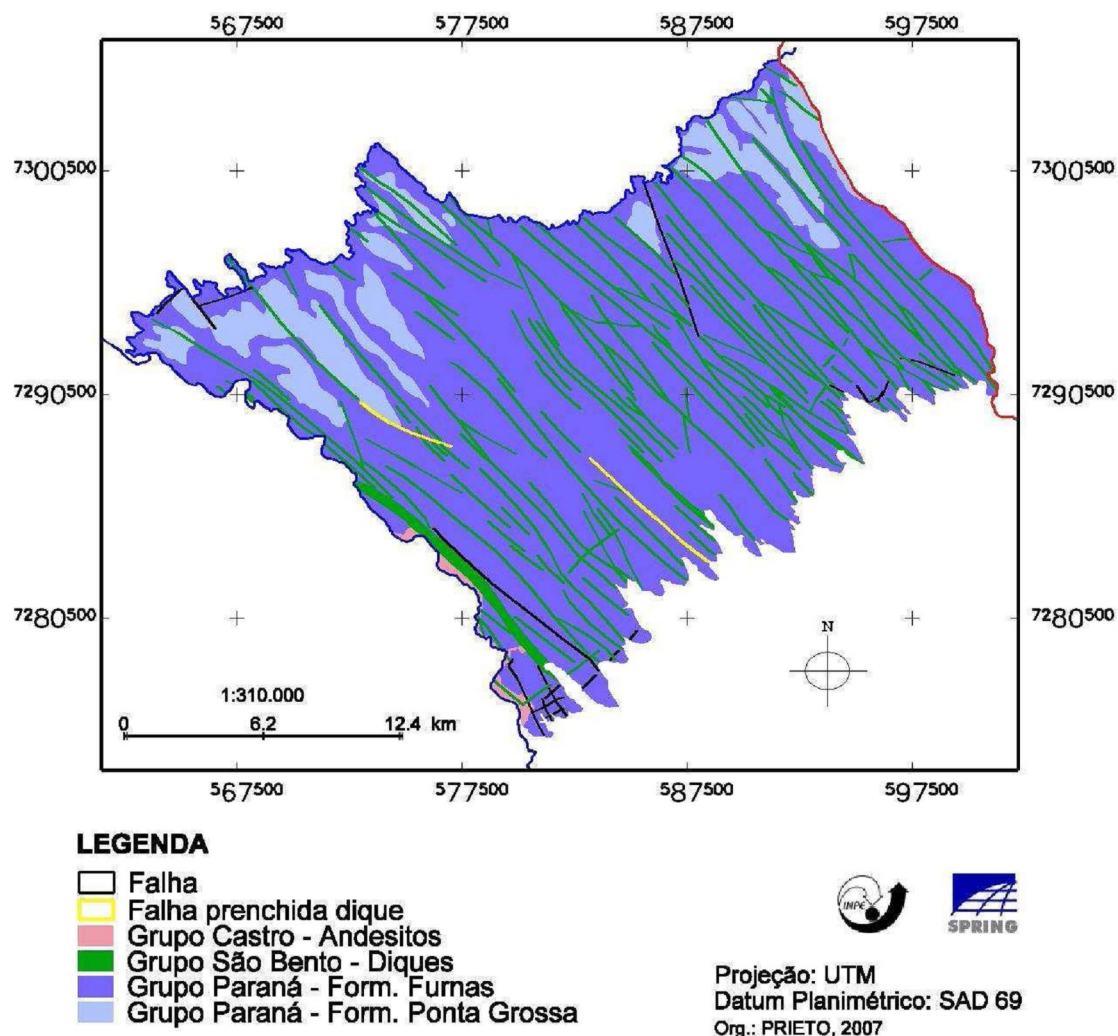


Figura 10: Mapa geológico de Piraí da Serra. Fonte: Prieto (2007).

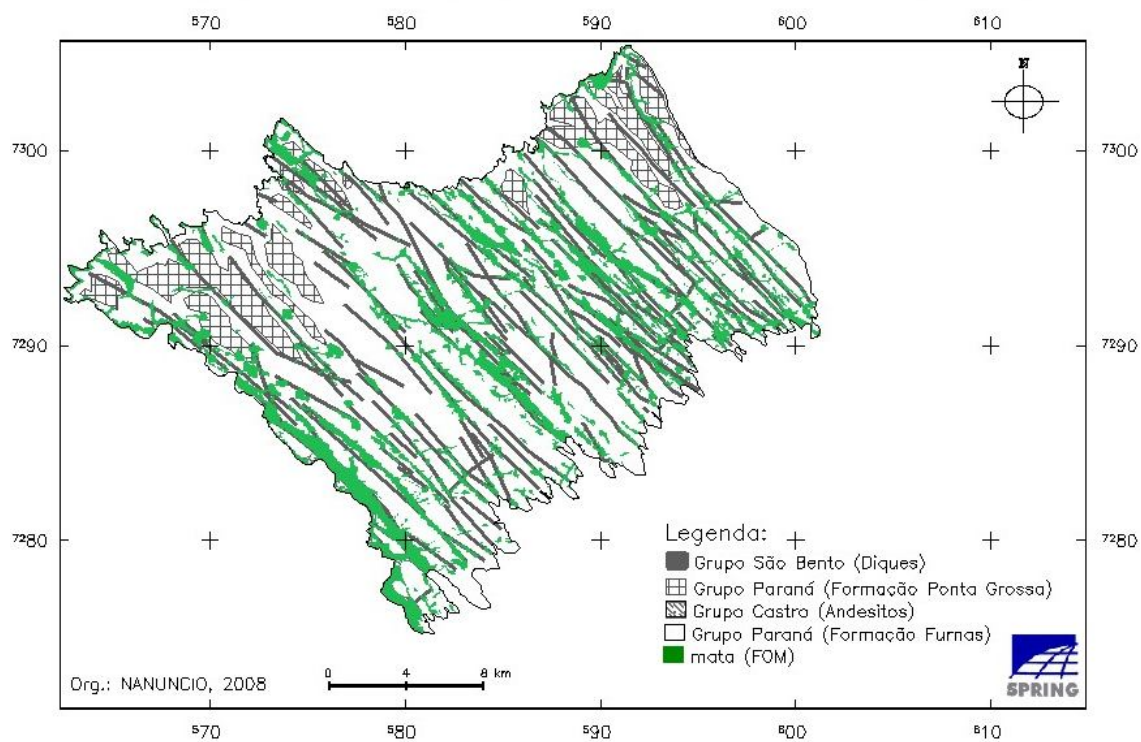


Figura 11: Disposição Espacial dos fragmentos de FOM em Pirai da Serra com relação à geologia.



Figura 12: Fragmento de FOM encaixado nos lineamentos estruturais (fraturas dos diques) na região de Pirai da Serra.

Os cursos de água em Pirai da Serra também acompanham os lineamentos dos diques e são condição básica para o desenvolvimento de formações florestais, como mostra a **figura 13**.

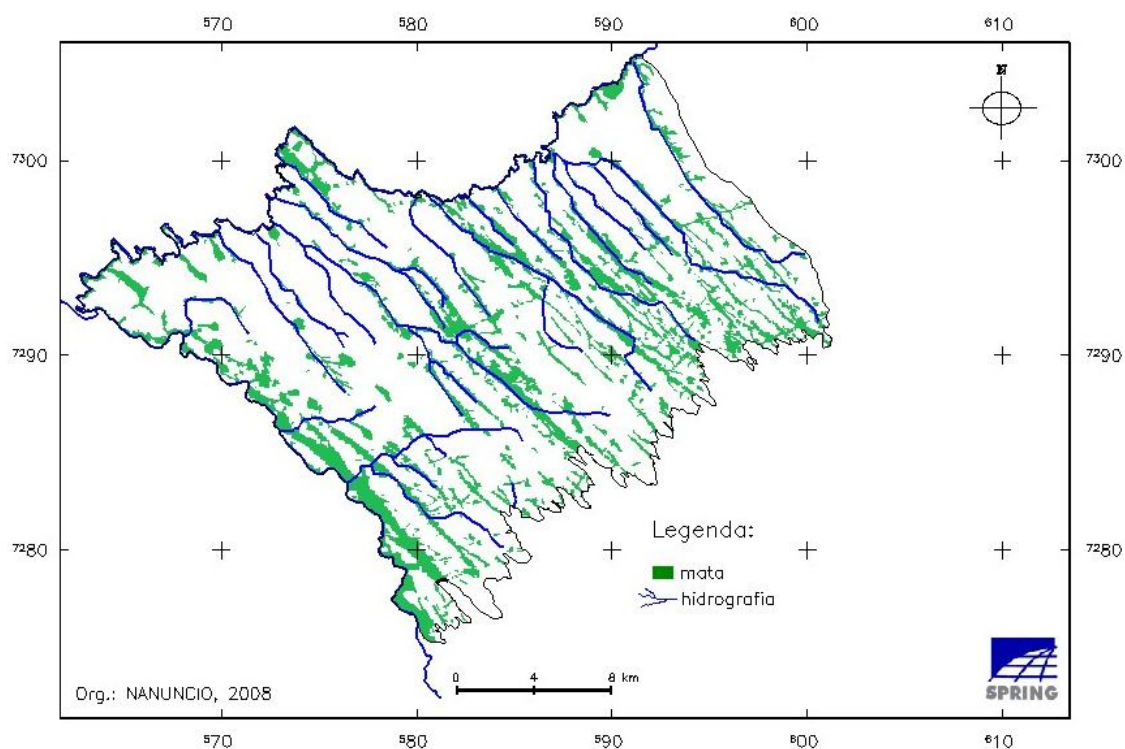


Figura 13: Disposição espacial dos fragmentos de FOM em Pirai da Serra com relação à hidrografia

Prieto (2007) descreve o uso da terra na região de Pirai da Serra a partir da análise multitemporal entre os anos de 1962/1963, mediante de fotos aéreas (**figura 14**), e de imagens de satélite em 2000 (**figura 15**) e 2007 (**figura 16**). Em seu trabalho foram consideradas quatro unidades de paisagem: campo, mata (FOM), cultivo e monocultura exótica (Pinus e Eucalipto).

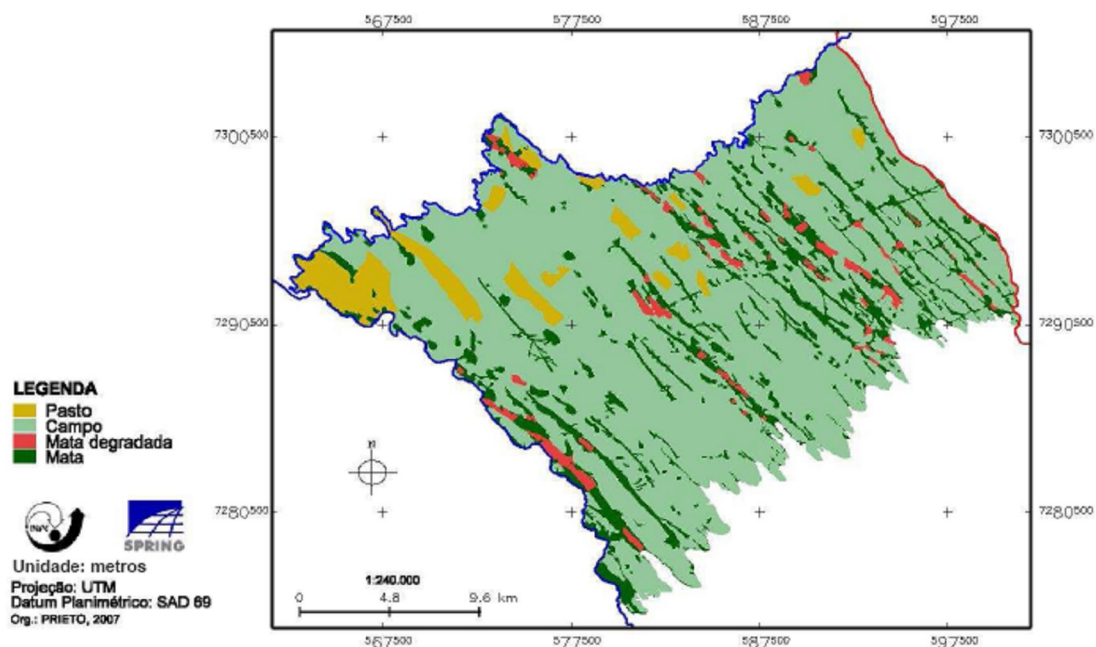


Figura 14: Mapa de uso da terra de Pirai da Serra entre 1962 e 1963. Fonte: PRIETO (2007).

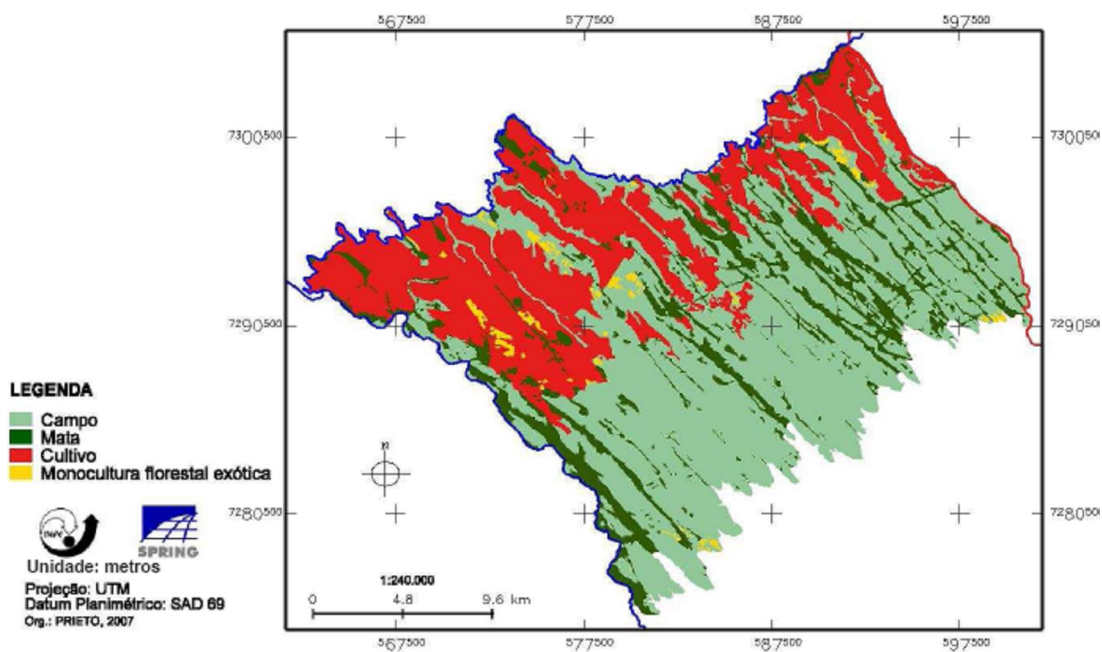


Figura 15: Mapa de uso da terra de Pirai da Serra em 2000. Fonte: PRIETO (2007).

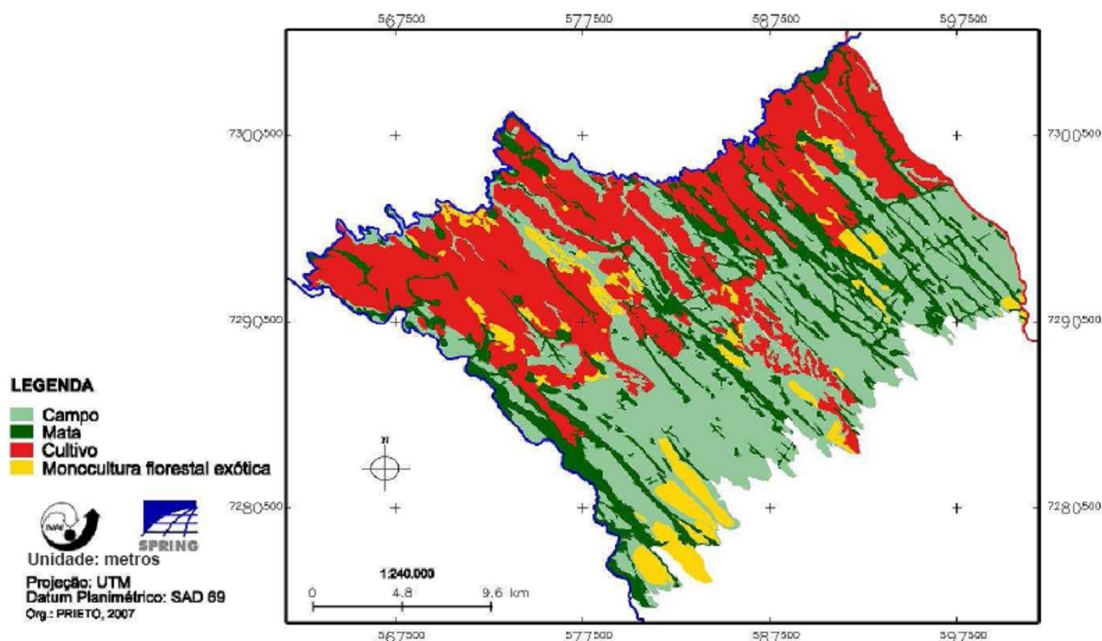


Figura 16: Mapa de uso da terra de Pirai da Serra em 2007. Fonte: PRIETO (2007).

Em seu estudo, Prieto conclui que:

- (1) O campo nativo foi a formação que mais sofreu impacto, tendo perdido grandes áreas para o cultivo e para a monocultura de Pinus. Em 2000, foram mapeados 255,6 km² de campo, e em 2007, 199,9 km², caindo a percentagem de cobertura do solo de 82,77% da área total (1962/1963) para 49,93% em 2000, e para 39,05% em 2007.
- (2) Entre os três anos estudados houve um aumento da área de mata de 14,66%, no início da década de 1960, para aproximadamente 17% entre 2000 e 2007. A diferença de apenas 0,40% da quantidade de mata classificada com base nas imagens de satélite de 2000 e 2007 pode ter relação com o fato de serem utilizadas imagens captadas por sensores diferentes, resultando em um reconhecimento visual distinto.

3.2. Análise preliminar da vegetação local com base em levantamentos de campo

De acordo com McGarigal (1995), para estimar o significado ecológico das métricas avaliadas, é necessário o mais completo conjunto de conhecimentos possíveis acerca da composição e dinâmica dos ambientes sob análise.

A fim de obter informações em escala mais refinada a respeito da vegetação de Piraí da Serra, foram realizados trabalhos de campo durante os meses de agosto de 2007 e março de 2008. O levantamento dos sítios amostrais teve como base a classificação qualitativa do uso da terra realizado por Prieto (2007), selecionando as áreas de maior interesse, georreferenciadas com GPS Garmin Etrex, com cerca de 4m de erro.

A coleta expedita das amostras se deu segundo o método de Avaliação Ecológica Rápida (SOBREVILLA; BATH, 1992), utilizando o método de Caminhamento de Filgueiras et al. (1994), adequado pela sua fácil aplicação por um número pequeno de pessoas em um curto espaço de tempo e, principalmente, por ser um método “não invasivo”, isto é, que não exige que se abram “picadas” para alocação de transecções e parcelas.

As espécies foram coletadas às bordas dos fragmentos, em diferentes ambientes (campos e florestas) e de acordo com sua tipologia. As plantas foram processadas de acordo com as técnicas de herborização usuais (FIDALGO; BONONI, 1989) e identificadas por meio de bibliografia especializada e por comparação com o acervo do herbário HUPG, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

A identificação taxonômica teve por objetivo detectar a presença de bioindicadores de estágios sucessionais, enquanto o caminhamento a campo levou

à análise da fitofisionomia e, conseqüentemente, ao reconhecimento de estratos (herbáceo, arbustivo, arbóreo e epifítico).

3.3. Elaboração de mapa de uso da terra em ambiente SIG

A caracterização do uso da terra foi realizada em etapas. A primeira envolveu um levantamento preliminar para identificação da diversidade de cobertura da terra e sua distribuição (etapa descrita anteriormente), com determinação de pontos amostrais georeferenciados e determinação de padrões espaciais.

Posteriormente, com base nos dados amostrais e em ortoimagens SPOT⁴, foram definidas as principais classes de uso. As ortoimagens utilizadas foram: 2807-3 (Telêmaco Borba - Tibagi), 2807-4 (Castro – Tibagi – Piraí do Sul), 2824-1 (Castro) e 2824-2 (Piraí do Sul).

A entrada e análise de dados georeferenciados foram conduzidas no programa SPRING, versão 4.3.2, sendo realizado primeiramente o pré-processamento das imagens envolvidas, a partir das operações de georreferenciamento.

Criado o banco de dados em ambiente SIG, as imagens foram analisadas e realizou-se a interpretação visual, envolvendo a identificação e a delimitação das unidades de paisagem. Assim, foram gerados produtos temáticos para área de estudo. Foram cinco as unidades de paisagem definidas em Piraí da Serra: mata (FOM), campo, cultivo, monocultura exótica (Pinus e Eucalipto) e campo com Pinus recém plantado.

A complexidade da área em questão não permitiu a elaboração de uma classificação supervisionada com resultados satisfatórios, portanto fez-se necessário

⁴ Sensor SPOT 5, resolução espacial de 5m, cedidas pelo Paraná Cidade, ano de 2005.

a utilização da edição topológica, resultando em um mapa temático com informações qualitativas obtidas a partir de levantamentos de campo e posteriormente inseridas no sistema por digitalização.

De posse dos dados digitalizados, foram realizadas novas expedições a campo para checagem e validação dos mesmos. De posse de todos os dados, seguiu-se a edição do produto cartográfico por meio do programa Scarta 4.3.2.

3.4. Levantamento dos indicativos e parâmetros da fragmentação da FOM

Indicativos são definidos como sendo variáveis componentes de um sistema de natureza física, química ou biológica, inclusive componentes artificiais, que podem ser aferidos e utilizados para revelar informações sobre a situação de um sistema (ou partes do mesmo), bem como sobre oscilações ou alterações ocorridas no sistema. Todo indicativo, expresso em parâmetros, possui comportamento e funcionalidade típicos cuja variação exprime, em maior ou menor grau, a qualidade ambiental dos ecossistemas (TAUK, 1995; SANTOS, 2004). Bons indicadores, portanto, devem ter a capacidade de gerar modelos que representem a realidade (SANTOS, 2004)

Com base em indicativos previamente levantados na literatura (HAFFER, 1992; KLEIN, 1979; BEHLING, 1998; RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003; LAVALLE, 1981; BOLÓS, et al., 1991; RIBEIRO, 1993; TAVARES et al., 2007; BRIGUENTI, 2005; CASTELLA e BRITEZ, 2004; MAACK, 2002; KLEIN, 1960; KLEIN, 1984), nas análises de uso da terra e intenso trabalho de campo, foi criada uma chave da interpretação ilustrada, com a finalidade de definir e diferenciar, de modo simplificado, os processos que determinaram a fragmentação da vegetação florestal em Piraí da Serra.

Indicativos são definidos aqui como fatores que provem indícios de um dado processo de fragmentação, que tanto podem ser de origem natural, envolvendo uma escala temporal ampla, como podem ser de origem antrópica, envolvendo uma escala temporal histórica.

Os indicativos analisados foram:

- geologia – utilizando como parâmetros os processos formadores do embasamento da paisagem.
- geomorfologia – utilizando como parâmetros os elementos do relevo.
- hidrografia – utilizando como parâmetro a disponibilidade hídrica de superfície.
- solos – utilizando como parâmetro a capacidade do solo em sustentar vegetação florestal.
- evolução do histórico de uso da terra e uso atual – utilizando como parâmetros a dinâmica de uso sobre os biomas naturais;
- estágios de regeneração da FOM – utilizando como parâmetros, nos fragmentos florestais, o número de estratos presente e sua altura, e a presença de bioindicadores.

3.5. Aplicação de métricas

Todos os índices foram calculados a partir de mapas categóricos, ou seja, formados por classes ou unidades descontínuas, obtidos por classificação de imagens, validados a campo conforme preconizado por Metzger (2003). A legenda foi definida como Mata (FOM), correspondendo à classe, e Não-Mata, correspondendo à matriz.

A aplicação de métricas de paisagem teve como objetivo a quantificação dos padrões espaciais dos fragmentos, no sentido de avaliar a fragmentação e

heterogeneidade espacial dos remanescentes florestais. As unidades presentes na paisagem, a riqueza dessas unidades e a área ocupada por elas serão verificadas pelos parâmetros de composição. Os parâmetros de disposição irão quantificar o arranjo espacial das unidades em termos de grau de fragmentação e frequência de contato entre as diferentes unidades, grau de isolamento e conectividade entre manchas semelhantes, área e complexidade que compõem o mosaico da paisagem (METZGER, 2003).

Volotão (1998) agrupa as métricas da paisagem em oito categorias: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (*core*), de vizinho mais próximo, de contágio e mistura, e de diversidade.

As seguintes métricas, selecionadas do elenco acima, foram calculadas a partir dos programas de SIG Spring e Arc View, elegida a classe de interesse, Mata (FOM):

Métricas de Área:

São à base do conhecimento da paisagem, uma vez que são utilizadas por outras métricas. As métricas de área quantificam a composição de uma paisagem, mas não sua configuração (PEREIRA et al., 2001).

TA - Área total: área total da paisagem em hectares.

CA - Área total de cada classe (unidade de paisagem): área de todas as classes em hectares, em termos absolutos e/ou relativos.

Métricas de Fragmentos:

As métricas de densidade, tamanho e variabilidade de fragmentos representam parte da configuração de uma paisagem (PEREIRA et al., 2001).

NP - Número de fragmentos florestais: número de fragmentos existentes na classe Mata (FOM).

AREA - Tamanho dos fragmentos florestais: área em hectares, de todos os fragmentos da classe Mata (FOM).

LPI - Índice de fragmento maior: corresponde à percentagem da paisagem ocupada pela área do maior fragmento da classe Mata (FOM).

PD – densidade de fragmento: número de fragmentos da classe em 100 hectares de paisagem.

MPS – tamanho médio dos fragmentos: média entre as áreas em hectares de todos os fragmentos da classe Mata.

Métricas de Bordas:

Representam também a configuração da paisagem, ainda que não explicitamente, ao definir espacialmente a área sujeita ao *efeito de borda* (VOLOTÃO, 1998) e a área núcleo (*core*) nos fragmentos. Neste trabalho, foi calculada a partir de um *buffer* de 50m (FONTOURA; GANADE; LAROCCHA, 2006).

TE – total de bordas: Soma de todas as bordas da classe.

Métricas de área central (core):

Como a área central é definida além de uma distância especificada da borda, ela reflete tanto a composição da paisagem quanto sua configuração (PEREIRA et al., 2001). 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.

CORE - Área central do fragmento: cálculo da área central (núcleo) de cada fragmento, em hectares, desconsiderada uma borda de 50m.

TCA - Área central total: soma das áreas centrais de toda a classe Mata (FOM) em hectares.

Métricas de forma:

A forma dos fragmentos em uma paisagem influencia inúmeros processos ecológicos importantes. O principal aspecto é a relação com o efeito de borda.

IC – índice de circularidade: mede a complexidade da forma comparada a um círculo.

O índice de circularidade (*compactness ratio*) fornece o valor “IC”, que é definido como a raiz quadrada da área do polígono (AP) em questão, dividido pela área de um círculo (AC) de mesmo perímetro (P) do polígono (fragmento). Assim, com o perímetro do fragmento calcula-se o raio (R) como $R=P/2\pi$. Com base em R, determina-se a área ($A^2=\pi R^2$) de um círculo de mesmo perímetro. Logo, quando IC for igual a 1 (um), o fragmento florestal é circular (BORGES et al., 2004). À medida que ele se torna mais alongado, o valor de IC tende a diminuir, até chegar próximo de 0 (zero).

Fórmula do IC:

$$IC = \sqrt{\frac{AP}{AC}}$$

Métricas de Vizinho mais próximo:

É a distância da borda de um fragmento à borda do fragmento vizinho mais próximo da mesma classe. Quantificam a configuração da paisagem (PEREIRA et al., 2001).

NEAR - distância do vizinho mais próximo: distância euclidiana (borda-a-borda) entre os fragmentos de mesma classe.

MNN – distância média do vizinho mais próximo: soma de todas as distâncias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso da terra em 2008

Com base na atualização dos dados de uso da terra do projeto *Diagnóstico ambiental da região de Pirai da Serra visando á sustentabilidade ambiental* (MELO et al., 2006) foi processado o mapa de uso em 2008 (**figura 17**), com posterior isolamento da classe Mata (FOM), que corresponde aos fragmentos florestais existentes no mosaico ortorretificado da área.

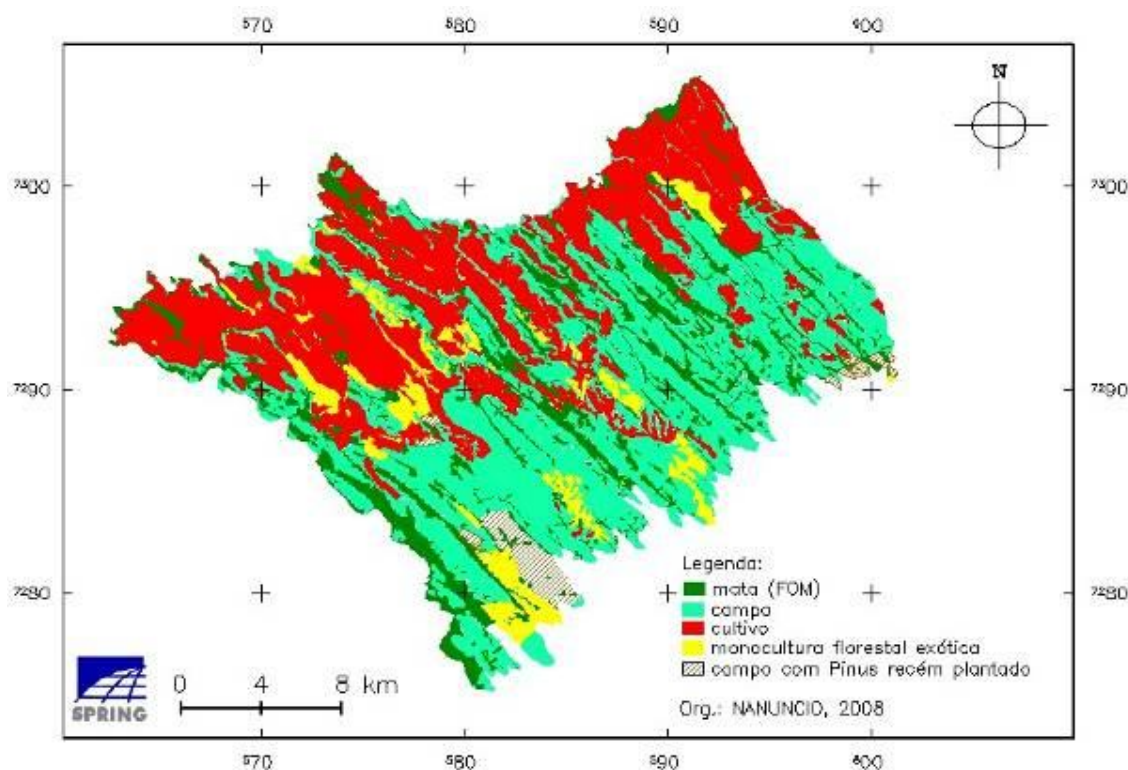


Figura 17: Mapa de uso da terra em Pirai da Serra, 2008.

As classes de cobertura da terra, estabelecidas a partir da correspondência entre os tipos de vegetação e uso da terra identificados nos dados de referência e as feições registradas na imagem resultante da segmentação espectral, foram

designadas Mata (representando as áreas com FOM), Campo (representando as diferentes fitofisionomias campestres), Cultivo, Monocultura exótica (Pinus e Eucalipto) e Campo com Pinus recém plantado⁵ (**tabela 3**).

Tabela 3: Unidades de paisagem em Pirai da Serra, 2008.

UNIDADE DE PAISAGEM	ha	%
Mata (FOM)	8.771	17,2
Campo	21.338	42,0
Cultivo	16.933	33,2
Monocultura exótica (Pinus e Eucalipto) ⁶	3.900	7,6
TOTAL:	50.940	100,0

As áreas de FOM e campo somam quase 60% da área de Pirai da Serra, indicando um panorama propício a preservação de áreas naturais representativas dos ecossistemas dos Campos Gerais.

Foram individualizados 394 polígonos de floresta. O mapa de fragmentos e de distância entre fragmentos florestais nativos da região de Pirai da Serra, representados pela classe Mata, demonstra um alto grau de fracionamento e dispersão paralela dos fragmentos remanescentes.

4.2. Indicativos e parâmetros da fragmentação da FOM

Todo planejamento que visa a sustentabilidade ambiental requer conhecimento sobre os componentes do território em questão. Para tanto, segundo Santos (2004), é essencial obter dados representativos da realidade, bem formulados e interpretáveis; quando interpretados os dados se transformam em informações, por sua vez quando estas podem ser medidas e avaliadas tornam-se parâmetros.

⁵ A unidade de paisagem “campo com Pinus recém plantado” indica áreas onde o campo *stricto sensu* sofreu recente antropização pela monocultura de Pinus. Como o sensor não se mostrou sensível, o reconhecimento dessas áreas se deu por trabalho de campo.

⁶ Soma das classes de uso: *monocultura exótica* e *campo com Pinus recém plantado*

Indicativos e funções derivadas dos parâmetros devem ter a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio, gerando modelos que representem à realidade (SANTOS, 2004).

Com a finalidade de definir e diferenciar, de modo simplificado, os processos que determinaram à fragmentação da vegetação florestal em Pirai da Serra, foi criada uma chave de interpretação ilustrada (**tabela 4**).

Tabela 4: Chave de interpretação ilustrada de classificação da fragmentação florestal em Pirai da Serra.

INDICATIVOS	PARÂMETROS		TIPO DE FRAGMENTAÇÃO
1- Histórico de Uso	1- situação em 1962	Remeter a figura 14	1-1: antrópica ou natural
	2- situação em 2000	Remeter a figura 15	1-2: antrópica ou natural
	3- situação em 2007	Remeter a figura 16	1-3: antrópica ou natural
2- Geologia (remeter a figura 10 e 11)	1- Formação Furnas: depositada em ambiente aluvial e litorâneo é constituída por conglomerados e arenitos grosseiros na base e arenitos médios a siltitos nas porções superiores. Pertencente ao período Devoniano. Originados durante o Paleozóico	1. estratificações cruzadas e nível conglomerático em arenito furnas. 	2-1-1: natural
		2. conglomerado basal da Formação Furnas. 	2-1-2: natural
	2- Formação Ponta Grossa: oriunda de depósitos litorâneos e de plataforma é formada por folhelhos e siltitos cinzentos com intercalações de arenitos muito finos, pertencente também ao período Devoniano.		2-2: natural ou antrópica

	3- Diques de Diabásio: resultantes do intenso magnetismo e posterior tectonismo vinculado à origem e evolução do Arco de Ponta Grossa. Originados durante o Mesozóico.		2-3: antrópica
3. Geomorfologia	1- Reverso da Escarpa Devoniana – sentido NE/SW - relevo de <i>cuesta</i> de origem erosiva – grandes amplitudes, com freqüentes encostas abruptas, verticalizadas: Cânions e Interflúvios.	 	3-1: natural
	2- Afastando-se da Escarpa - sentido W e NW - topografia suavemente ondulada de configuração muito uniforme, formada por conjuntos de colinas, com declives suaves e amplitude inferior a 50 metros.		3-2: antrópica
4-Solos (remeter a figura 8)	1-neossolo litólico: na região, aparecem predominantemente nos arenitos da Formação Furnas; são rasos, jovens, e ocorrem em declives consideráveis, textura arenosa, com afloramentos de rochas, o que prejudica substancialmente o desenvolvimento de vegetação.		4-1: natural
	2- latossolos vermelho e bruno: ocorrem de um modo geral, em relevo suave ondulado, ocupando na paisagem as superfícies mais antigas, situadas quase sempre nos divisores de água. Na região são desenvolvidos de rochas sedimentares de granulação fina da Formação Ponta Grossa e Grupo Itararé e de exposição de rochas intrusivas básicas (soleiras de diabásio). Permitem o desenvolvimento de vegetação florestal.	1. Latossolo vermelho 	4-2-1: antrópica
		2. Latossolo bruno 	4-2-2: antrópico

	3- latossolo vermelho amarelo: propicia cobertura predominantemente campestre.		4-3: natural
	4- cambissolo háplico: solo pouco profundo, oriundo de material proveniente da decomposição de arenito, textura média e argilosa. Presente em relevo forte ondulado e ondulado, moderadamente a bem drenados. Permitindo o desenvolvimento tanto de campo quanto de florestas.		4-4: natural ou antrópico
	5- cambissolo húmico: originado de material proveniente da decomposição de arenito, textura média com relevo ondulado, permite apenas o desenvolvimento de vegetação campestre.		4-5: natural
	6- gleissolos melânicos - solos minerais, hidromórficos, mal drenados, pouco desenvolvidos pela ação do clima e pelo excesso de água no solo. Presentes em relevos com retenção hídrica, restringem o desenvolvimento de vegetação (brejos de altitude e campos úmidos),		4-6: natural
	7- argissolo vermelho amarelo + cambissolo: constituídos por material mineral ou argila textura média, relevo forte ondulado, permite apenas o desenvolvimento de áreas campestres.		4-7: natural
5. Hidrografia (remeter a figura 13)	1- cursos de água superficiais, encaixados em lineamentos estruturais, geralmente acompanhados por matas ripárias.		5-1: natural
	2- afloramento do lençol freático em encostas devido a rupturas de relevo (campos úmidos, turfeiras e capões), podendo ou não estar ligado a um curso de água.		5-2: natural
	3- acúmulo de água em áreas mal drenadas, formando brejos de altitude.		5-3: natural

6- Uso atual (remeter a figura 17)	1- degradação da FOM oriunda do ciclo madeireiro, principalmente durante a década de 1960: retirada de vegetação arbórea (madeiras nobres como Araucária e Imbuia).		6-1: antrópica
	2- utilização dos campos nativos para criação de gado: campos nativos com ou sem plantio de gramíneas exóticas (pasto).		6-2: antrópica
	3- retirada de parte de da vegetação florestal para criação de gado (invernadas), atualmente abandonadas: clareiras abertas no meio dos fragmentos de FOM.		6-3: antrópica
	4- degradação dos campos nativos para agricultura, a partir da década de 1970: campos substituídos principalmente por lavouras de soja e milho (culturas de verão), e aveia-preta e mais recentemente o trigo (culturas de inverno).		6-4: antrópica
	5- degradação de áreas florestais por rede viária e até mesmo por rede elétrica.		6-5: antrópica
	1- Extensas áreas de campos nativos são substituídas pela monocultura. 6- recentemente, mas de maneira muito intensa, a introdução da monocultura de Pinus degrada áreas nativas.	 	6-6-1: antrópica

		2- Porções de mata também têm sofrido perdas para o plantio de <i>Pinus</i>. 	6-6-2: antrópica
7. Estágios de regeneração da FOM	1- fragmentos com fisionomia arbórea dominante sobre as demais, formando dossel fechado e uniforme, com presença de mais de dois estratos e com presença de espécies indicadoras do estágio avançado de sucessão; troncos largos, espaçados entre si	1- Fragmento florestal com mais de dois estratos.  	7-1-1: natural
		2- Presença de espécies indicadoras de estágio sucessional avançado: Araucária (<i>Araucaria angustifolia</i>) 	7-1-2: natural
	2- fragmentos com poucos estratos de fisionomia herbáceo/arbustiva, caracterizam áreas em regeneração (estágios de sucessão iniciais ou intermediários) e presença de espécies invasoras; troncos finos, muito próximos entre si.	1- Fragmentos com apenas um ou dois estratos.  	7-2-1: antrópica

		2- Presença de espécies indicadoras de estágios iniciais de sucessão como Vassourão-preto (<i>Vernonia discolor</i>) e Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>) (foto). 	7-2-2: antrópica
		3- Presença de espécies invasoras, como taquaras (<i>Merostachys</i>) e samambaias (<i>Pteridium</i>) (foto).  	7-2-3: antrópica

A chave tem como intuito orientar a tomada de decisões acerca da natureza dos processos de fragmentação, a partir da criação de uma base de dados em ambiente SIG, ou seja, cada fragmento florestal está atrelado a informações específicas da chave. Isso permite a consulta à base de dados do local, possibilitando definir, a origem de um determinado polígono de mata.

Após a chave ser ligada ao banco de dados, o pesquisador poderá inferir sobre a fragmentação de um dado fragmento apenas clicando sobre ele. Exemplificando:

Ao clicar em um polígono classificado como floresta, abre-se um *link* para as planilhas do *ArcView*: se em histórico de uso der 1-1 (o fragmento já existia, com esta mesma configuração, na foto aérea de 1962) significa que provavelmente a fragmentação seria natural, isto é, deve-se procurar causas geomorfológicas ou pedológicas para sua formação. Caso o resultado seja 1-2 (o fragmento só aparece nas imagens a partir de 2000) ou 1-3 (o fragmento aparece a partir de 2007), possivelmente a área é uma capoeira ou capoeirão, ou seja, uma área em regeneração constituída por fragmentação antrópica ao longo do histórico de uso.

Ou pode-se clicar numa área de campo vizinha a um fragmento e, ao acessar na planilha o indicativo “solos”, o resultado for 4-5 (cambissolo húmico). É muito provável que a fragmentação seja de origem natural, pois este tipo de solo limita o desenvolvimento da vegetação florestal.

Mas em algumas circunstâncias, apenas a análise de um indicativo não irá fornecer elementos suficientes para pressupor a origem da fragmentação de determinado fragmento. Se no exemplo anterior o resultado para a análise do indicativo “solos” fosse igual a 4-4 (cambissolo háplico), a fragmentação poderia ter origem tanto natural quanto antrópica, pois a vegetação florestal pode se desenvolver neste tipo de solo também. Seria necessário então analisar outro indicativo, como por exemplo, hidrografia ou geomorfologia.

4.3. Métricas calculadas

A geração de uma imagem classificada por agrupamentos de tamanho de fragmentos florestais permite espacializar o resultado das métricas e verificar de forma visual as áreas com sustentabilidade ecológica na região.

Métricas de Área:

A área total da paisagem permite definir a densidade dos fragmentos, enquanto a porcentagem da paisagem coberta por fragmentos permite estimar seu potencial no mosaico da paisagem (**Tabela 3**).

Métricas de Fragmentos:

A riqueza e a abundância de certas espécies florestais dependem das características estruturais dos fragmentos para existirem (METZGER, 2000). A Teoria de Biogeografia de Ilhas prediz que fragmentos apresentam um número de espécies proporcional à área, assim, fragmentos menores apresentariam menor número de espécies devido à perda de área e consequente redução das populações naturais.

A relação espécie-borda está diretamente ligada ao efeito de borda. Segundo Schierholz (1991), em fragmentos florestais de formato quadrado, com efeitos de borda se estendendo até 100m para o seu interior, se estes possuírem 1 ha sofrem o impacto total do efeito de borda; os de 10ha são atingidos em quase 90% de sua área; os de 100ha têm 35% da área afetada; mesmo nos de 1.000ha o impacto é de mais de 10%.

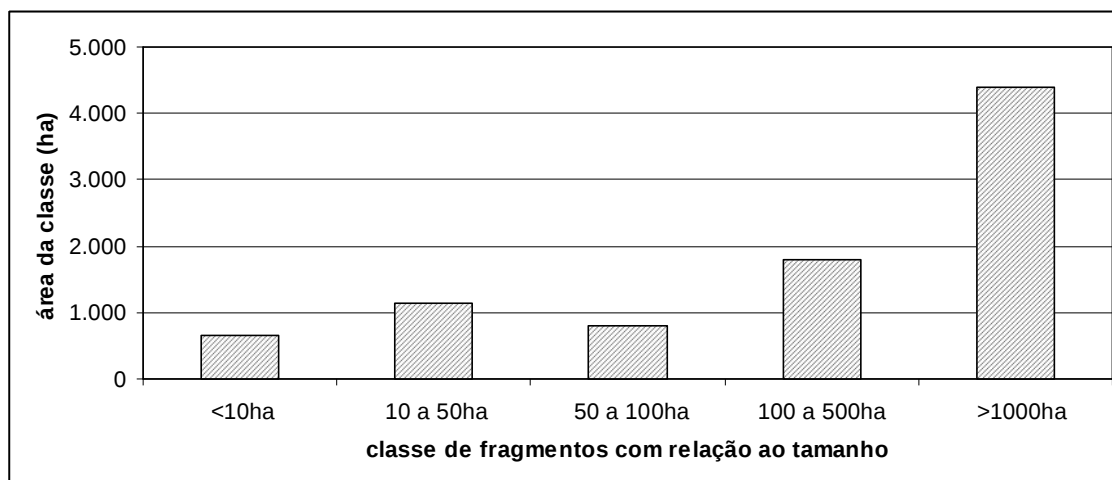
Em Piraí da Serra, os 8.771ha de FOM encontram-se distribuídos em 394 (NP= 394) fragmentos dos mais variados tamanhos e formas. Para facilitar a análise, os fragmentos foram divididos em cinco diferentes classes quanto ao tamanho: (1) fragmentos menores que 10ha, (2) fragmentos de 10 a 50ha, (3) fragmentos de 50 a 100ha, (4) fragmentos de 100 a 500ha e (5) fragmentos acima de 1.000ha⁷ (**tabela 5**).

⁷ Quanto ao tamanho, não foi observado nenhum fragmento de FOM com tamanho entre 500 e 1.000ha.

Tabela 5: Classes de fragmentos de FOM em Pirai da Serra quanto ao tamanho.

TAMANHO DE FRAGMENTO (ha)	NÚMERO	ÁREA (ha)	%
< 10	319	658,7	7,5
10 a 50	54	1.134,0	13,0
50 a 100	12	811,3	9,2
100 a 500	6	1.785,9	20,4
>1.000	3	4.381,1	49,9
TOTAL:	394	8.771,0	100,0

A **figura 18** mostra a relação entre tamanho e área dos fragmentos.

**Figura 18:** Número de fragmentos por classe de tamanho e área das classes.

Observa-se que a maior frequência de fragmentos se encontra naqueles com até 10 ha (N= 319), mas eles, somados, perfazem menos de 8% da área, em hectares. Fragmentos considerados como de tamanho viável à diversidade ecológica, acima 10ha (SCHIERHOLZ, 1991), são apenas 75, mas suas áreas somam 93,5% da área da região.

O maior fragmento da classe ocupa cerca de 1.941ha (LPI), o que corresponde a 22% da classe e 3,85% da área total da paisagem. Sendo que a densidade (PD) de fragmentos na paisagem é de apenas 0,7.

O número de fragmentos, juntamente com a densidade e o tamanho médio dos fragmentos, é considerada a melhor representante da configuração da paisagem. O número de fragmentos de um tipo particular de hábitat pode afetar uma variedade de processos ecológicos, dependendo do contexto da paisagem. Por exemplo, o número de fragmentos pode determinar o número de sub-populações em uma população.

A média de tamanho (MPS) observada foi 22,2 ha, com desvio padrão de 136,3 e mediana de 1,65 (**figura 19**). Isto significa que, em termos absolutos, metade dos fragmentos (N=177) é menor do que 2 ha (me = 1,65), evidenciando a grande vulnerabilidade ambiental natural da região.

O desvio padrão é uma medida de variação absoluta, em função do tamanho do fragmento e expressa o quanto os valores observados (tamanho dos fragmentos) variam em relação à sua média (tamanho médio dos fragmentos). Devido à grande variação no tamanho dos fragmentos ($\sigma = 136,3$), pode ser preferível analisar o coeficiente de variação ao se comparar a variabilidade entre paisagens. Ele mede a variabilidade relativa em relação à média e não a variabilidade absoluta. Dessa maneira, não é necessário conhecer o tamanho médio para interpretar o coeficiente de variação, que na área foi de 34,1%. Há, portanto, grande variabilidade com respeito a muitos fragmentos pequenos e poucos fragmentos realmente grandes.

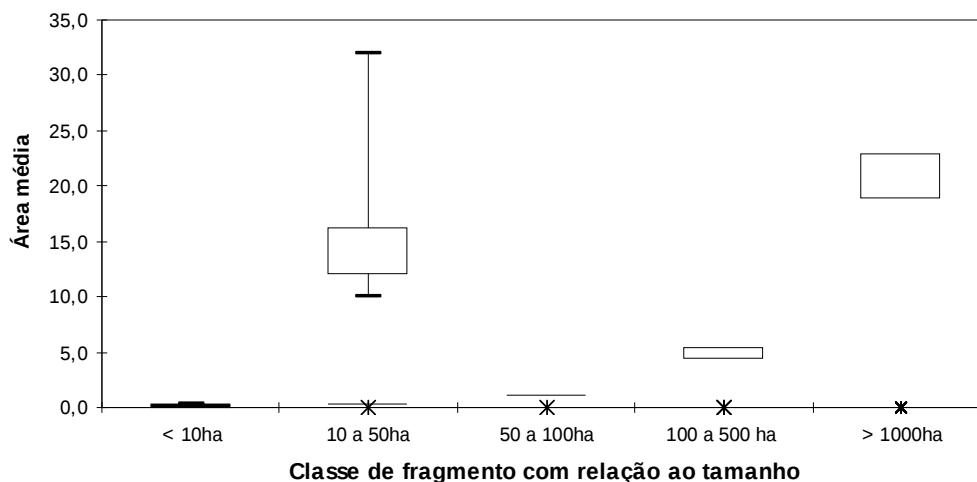


Figura 19: Variação de tamanho nos fragmentos florestais de Pirai da Serra.

A existência de 75 remanescentes com área compatível com a conservação (acima de 10ha) deve ser vista com cautela, uma vez que sua forma alongada pode reduzir grandemente a área ecologicamente viável (*core*).

O tamanho médio dos fragmentos no mosaico da paisagem talvez seja a mais importante e útil unidade de informação existente na paisagem, bem como a área composta por cada classe de fragmento. Por exemplo, a redução progressiva no tamanho dos habitats fragmentados é componente chave da fragmentação do hábitat.

Ao se analisar a variação de tamanho entre os fragmentos (fig. 19), os 54 fragmentos que possuem de 10 a 50ha mostram maior variação em sua área do que a classe seguinte (12 fragmentos de 50 a 100ha), a qual é extremamente homogênea – isto é, estes remanescentes possuem tamanhos e forma bastante aproximados entre si. O mesmo poderia ser dito dos 6 fragmentos que possuem de 100 a 500ha. Já os 3 maiores fragmentos apresentam novamente áreas relativamente diversas entre si, mas neste caso sua grande extensão anula qualquer significado ecológico negativo da variação observada.

Esta análise indica que, seguramente, 21 fragmentos possuem área suficiente para garantir a conservação da diversidade dos ecossistemas florestais na região, abrangendo 79,5% da área florestada.

Métricas de Bordas:

Considerando uma borda de 50m (**figura 20**), observou-se um total de 5.203ha da extensão total da classe (TE) constituindo áreas de borda, ou seja, 60% da área total de classe mata (FOM) é representada por bordas. Para organismos fortemente associados com o 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.

A borda aplicada a um fragmento permite estimar qual a área, em hectares, está sendo afetado pelo chamado efeito de borda. Entende-se por efeito de borda o resultado das interações entre dois ambientes adjacentes separados por uma transição abrupta, onde processos de mudanças bióticas e abióticas nas margens dos fragmentos levam a borda da mata a uma condição diferente do habitat interior (MURCIA, 1995 *apud* TRINDADE et al., 2005). Fragmentos pequenos apresentam risco de não se manterem na área, tal a intensidade do efeito borda a que estão sujeitos. Mas sua posição, no interflúvio ou encaixado em um dique, serão determinantes em sua resiliência (capacidade de retornar ao estado “original” após um impacto).

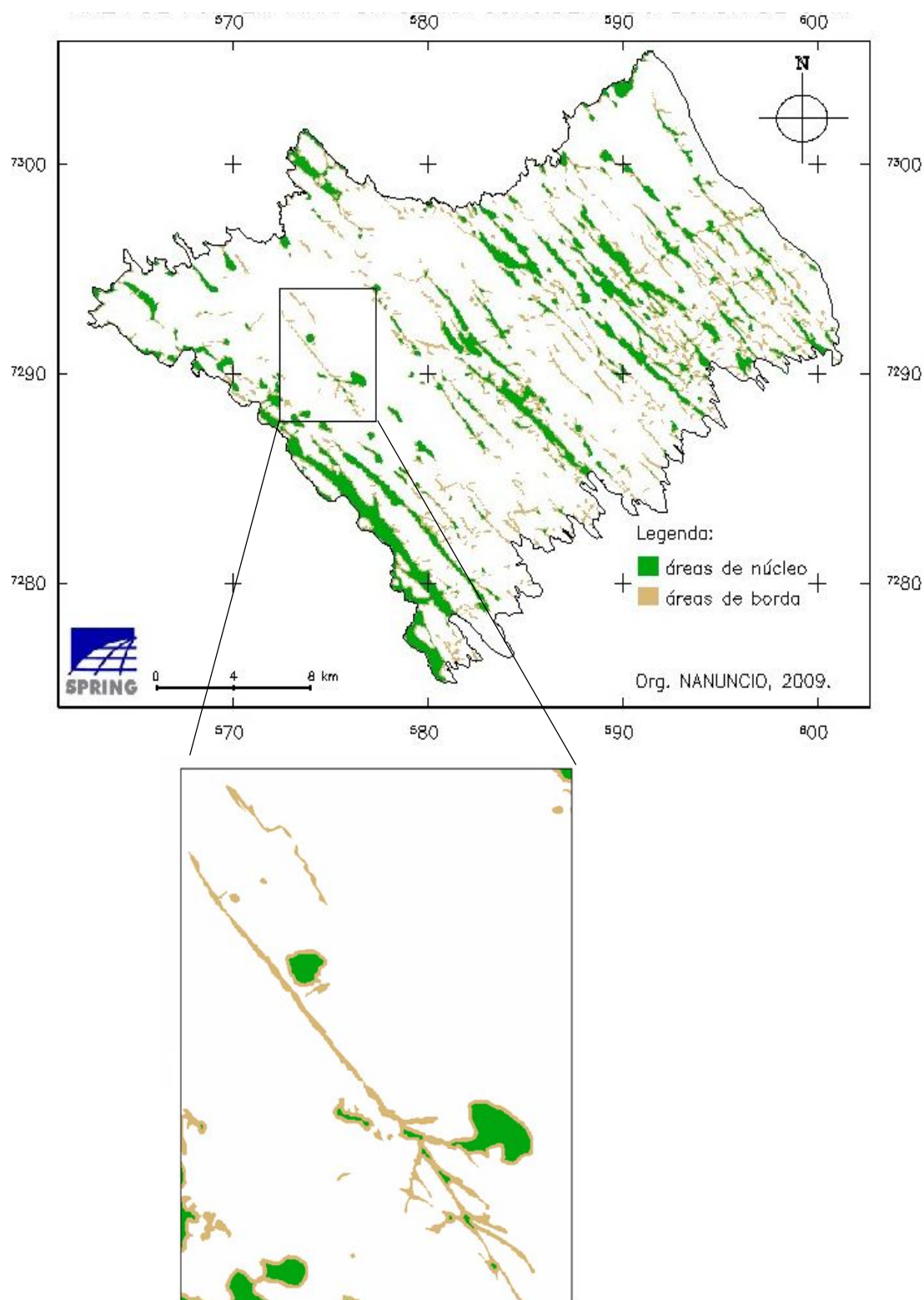


Figura 20: Área ocupada pela classe mata considerando uma borda de 50m.

Métricas de área central ("core"):

Com base na borda de 50m, foi estimada a área central de cada fragmento (CORE) como mostra a **figura 20**, sendo que a total da classe (TCA) em Piraí da Serra foi de 3.608 ha.

O cálculo de borda e área central realizado neste trabalho levanta uma problemática, pois, os fragmentos em questão possuem configuração alongada e bastante recortada justamente devido a fatores estruturais do relevo, estando a FOM encaixada nas fendas dos diques, ou seja, ao estipular um valor de borda, não estamos considerando, por exemplo, a influência da declividade do local.

A **figura 21** mostra o mapa de declividade de Piraí da Serra, onde é facilmente observável que as formações de FOM estão presentes em locais onde a declividade é superior a 10°. Na **figura 22** pode-se observar que a altitude também condiciona a localização dos fragmentos florestais, majoritariamente distribuídos entre 1.000 e 1.200 m.s.n.m.

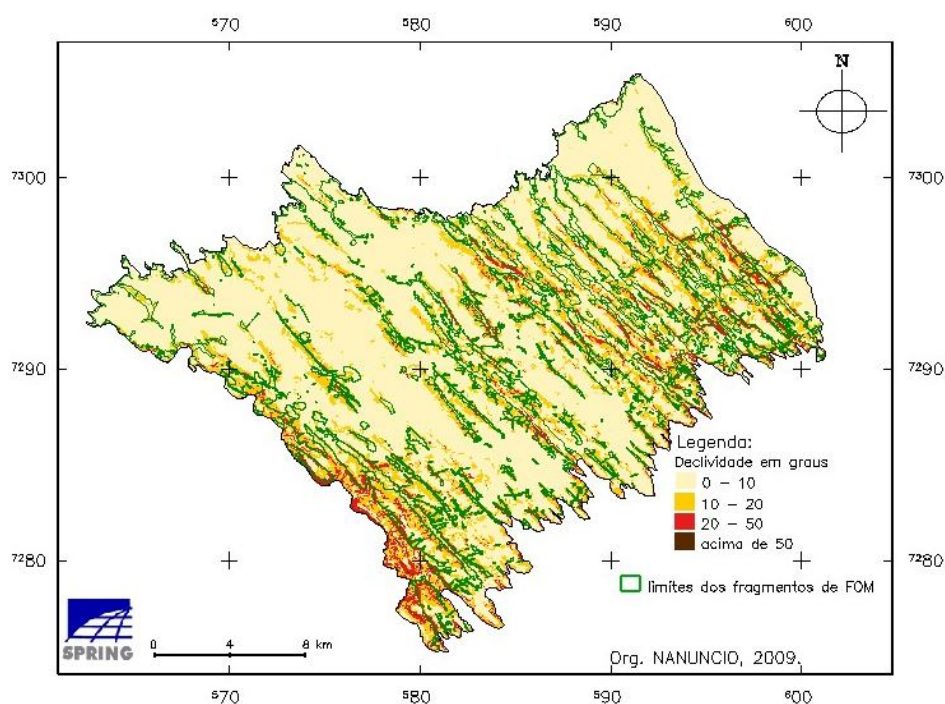


Figura 21: Mapa de declividade de Piraí da Serra.

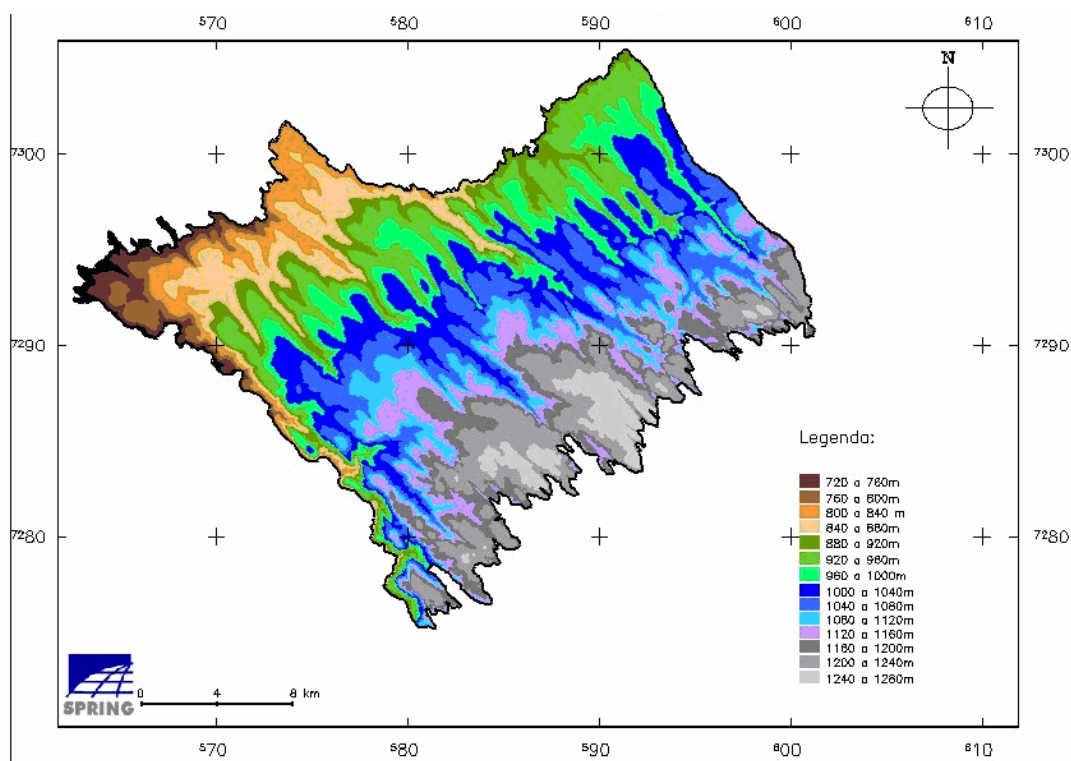


Figura 22: Mapa hipsométrico de Pirai da Serra.

Assim, os resultados acima apresentados para o valor de borda de 50m, não levam em consideração o declive de cada fragmento, que pode na verdade possuir uma área maior do que a estimada. A **figura 23** mostra um perfil esquemático da configuração geral de um fragmento em Pirai da Serra, simulando dois cálculos distintos, o primeiro sem considerar o fator declividade e o segundo sobre o efeito da mesma, onde se observa:

- Ao desconsiderar o fator declividade, a largura do fragmento é subestimada, no exemplo um fragmento com 130m de largura, teria na verdade 290m caso seu declive tivesse sido cotado;
- Ao calcular uma borda de 50m para o mesmo fragmento, observa-se que quando considerada a declividade do terreno, a área nuclear é maior;

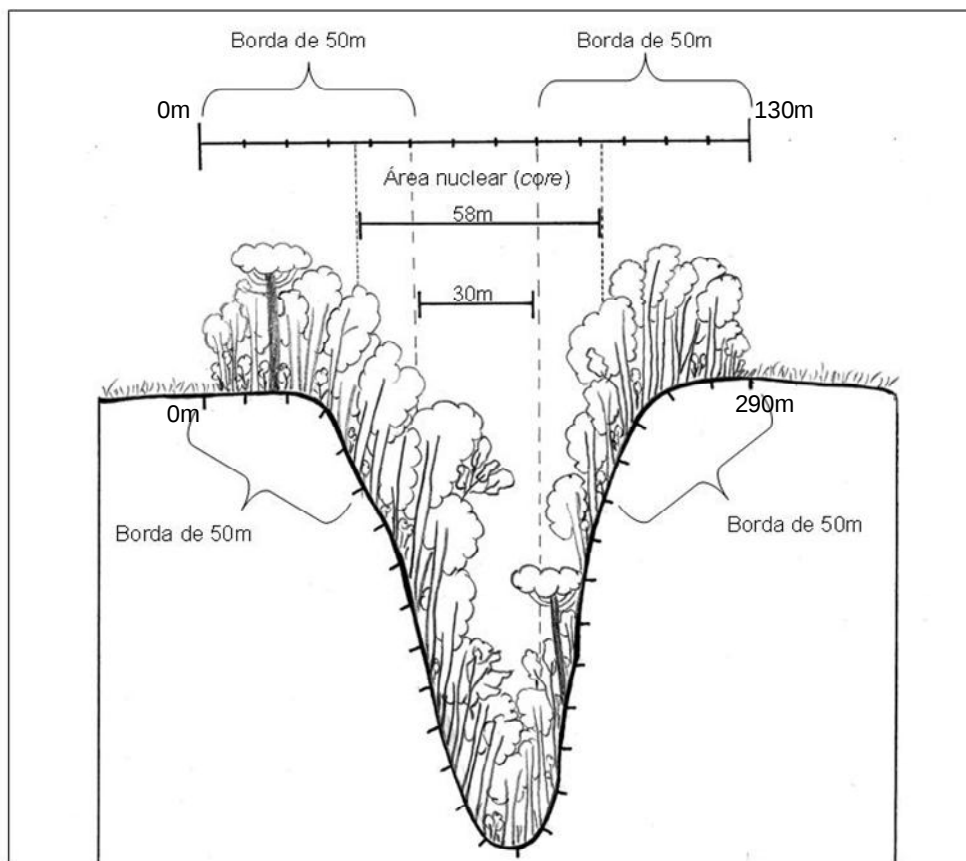


Figura 23: Perfil esquemático de um fragmento florestal em Pirai da Serra.

Além disso, os efeitos de borda sobre um fragmento possivelmente são diferentes quando este se localiza em uma área mais íngreme, a exemplo da exposição solar.

Algumas circunstâncias impediram que os cálculos de largura dos fragmentos e de bordas fossem estimados com base na declividade, como a extensão da área e o número elevado de fragmentos, pois para cálculos exatos seriam necessários pontos cotados de cada fragmento. Observou-se também limitações das geotecnologias empregadas em aliar cálculos de borda a declividade.

Métricas de forma:

O valor do índice de circularidade ou fator de forma é um parâmetro útil para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos a perturbações, já que fornece indicativos sobre o efeito de borda (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Quanto mais próximo de 1 for o valor do índice de circularidade (IC) do fragmento, mais ele será arredondado e, conseqüentemente, menor será sua razão borda/interior. Por outro lado, os fragmentos que tiveram IC muito próximo de zero indicam que os mesmos têm formato alongado, uma razão borda/interior alta, e sujeitos, portanto a grandes efeitos de borda.

Como era previsto, os fragmentos florestais mais representativos em Piraí da Serra apresentaram um valor de IC baixo (**anexo 1**), devido a sua configuração alongada. O índice de circularidade médio para os fragmentos florestais em Piraí da Serra foi de 0,6 evidenciando polígonos levemente alongados, o que não corresponderia a realidade da área. Isto aponta a pouca utilidade da média quando há heterogeneidade entre as classes de tamanho (**tabela 6**).

Tabela 6: Relação entre classes de tamanho de fragmentos e índice de circularidade médio.

TAMANHO DE FRAGMENTO (ha)	NÚMERO	ÁREA (ha)	IC médio
< 10	37	271,4	0,65
10 a 50	54	1.134,0	0,39
50 a 100	12	811,3	0,26
100 a 500	6	1.785,9	0,17
>1.000	3	4.381,1	0,07

A partir dos cálculos de IC, constatou-se que os menores fragmentos são também os mais arredondados. Tratam-se de fragmentos que em geral não estão associados as fendas dos diques e possivelmente desenvolveram-se sobre uma

pequena porção de solos mais férteis e com afloramento do lençol freático, configurando o capão típico (“mato redondo” na língua indígena).

Por outro lado, quanto maior o fragmento, menor o valor de IC, evidenciando áreas extremamente alongadas e recortadas sinalizando para uma maior fragilidade ecológica. Trata-se, na maior parte, de áreas florestais associadas aos lineamentos estruturais.

Métricas de Vizinho mais próximo:

Calculando a distância euclidiana (NEAR) entre os fragmentos de FOM, observou-se que 40% dos fragmentos encontram-se a menos de 100m de seu vizinho mais próximo, 28% a até 200m, e 32% a até 1.000m de distância de seu vizinho mais próximo (**figura 24**). Sendo que a distância média entre os fragmentos da classe (MNN) é de cerca de 200m.

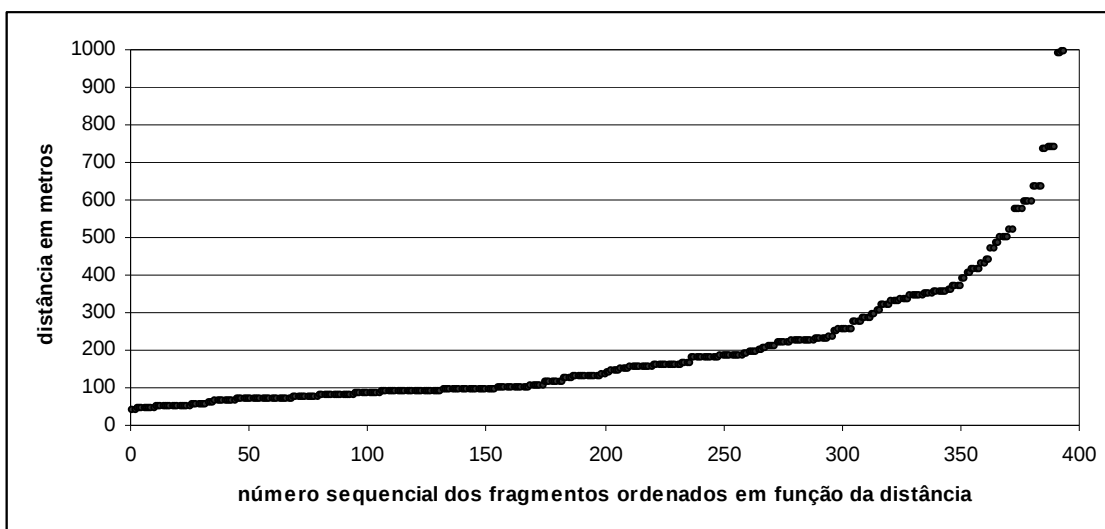


Figura 24: Número sequencial dos fragmentos ordenados em função da distância do vizinho mais próximo.

É razoável, portanto, supor que muitos fragmentos de menor área possuam função ecológica de *stepping stones* (pontos de ligação) entre as espécies mais vageis, isto é, aquelas capazes de atravessar pequenas extensões de uma matriz não florestal.

4.4. Estado geral de conservação da vegetação

A fragmentação de habitats produz efeitos sobre as espécies não diretamente relacionados apenas ao tamanho, forma, distribuição dos fragmentos e matriz a qual está envolvida. A qualidade ambiental dos fragmentos também é imprescindível, levando-se em conta tanto o tamanho de núcleo e as áreas sujeitas ao efeito de borda quanto o estágio sucessional da vegetação.

Com base nos trabalhos de campo, foram determinados 17 pontos de coletas, sendo cinco pontos em áreas florestais e doze em áreas de campo (**tabela 7**), enquanto a **figura 25** mostra a distribuição espacial dos sítios amostrais.

Tabela 7: Distribuição dos pontos de coleta de vegetação para análise da qualidade ambiental em Pirai da Serra.

PONTOS DE COLETA PARA ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL					
Áreas de FOM			Áreas de Campo		
Ponto	Coordenadas UTM		Ponto	Coordenadas UTM	
1	590723	7283876	6	590723	7283876
2	582151	7279448	7	591103	7286163
3	580622	7279914	8	591147	7287613
4	588354	7285907	9	591382	7300198
5	584076	7286465	10	584718	7237657
			11	584188	7278121
			12	582151	7279448
			13	580622	7279914
			14	588354	7285907
			15	584076	7286465
			16	585799	7283160
			17	572580	7288836

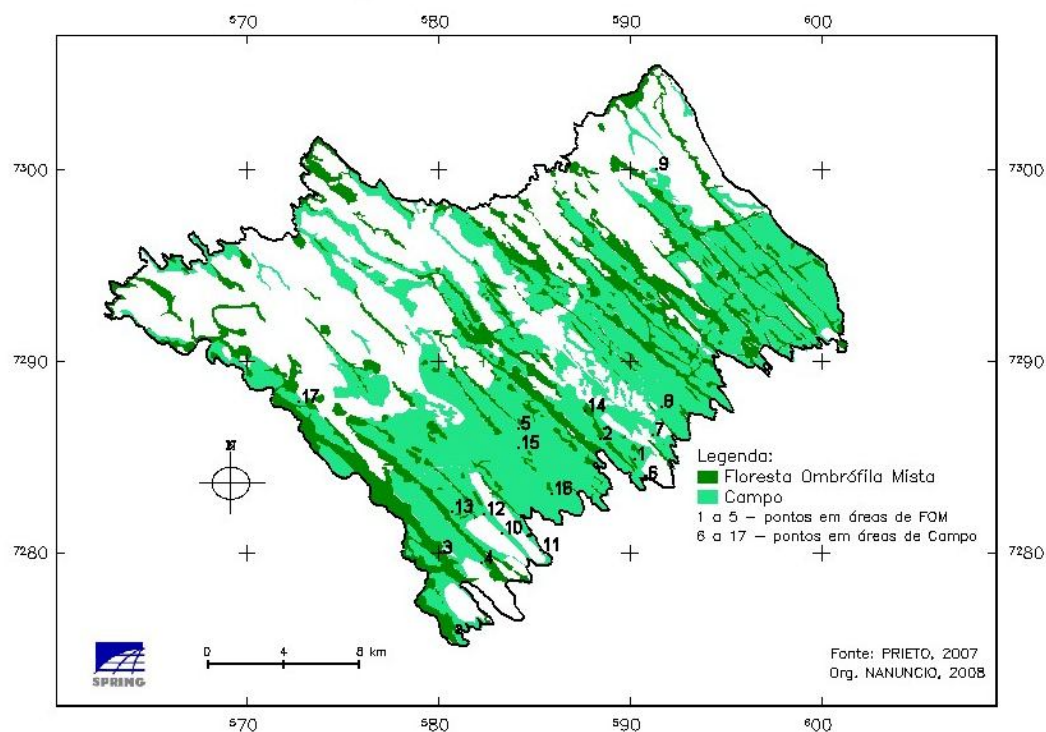


Figura 25: Distribuição espacial dos pontos de coleta de vegetação em Pirai da Serra.

Foram analisadas áreas pertencentes à FOMM e a FOMA, todas em estágio avançado de sucessão ecológica (**anexo 2**). Nos fragmentos de Floresta com Araucária estudados, foram determinados 74 táxons de 29 famílias, com maior frequência de Asteraceae, seguida de Myrtaceae e Melastomataceae (domínio do sub-bosque) e Lauraceae (formadoras de dossel). Foram encontradas ainda espécies climácicas como a imbuia (*Ocotea porosa*), Lauraceae, o xaxim-bugio (*Dicksonia sellowiana*) e a própria *Araucaria angustifolia*, Araucariaceae, espécies ameaçadas de extinção.

A Floresta com Araucária em Pirai da Serra encontra-se geralmente associada a duas situações:

a) a alinhamentos esculturais, de forte controle estrutural, de origem tectônica. Nos vales mais encaixados há a ocorrência de afloramentos rochosos e neossolos litólicos, com acesso limitado à floresta. Esta se instala ao fundo destes

cânions em função do grau de intemperismo da rocha e da intensidade dos processos de esculturação. Como é freqüente este entalhamento através do regime hídrico, os ambientes ripários formados podem originar latossolos profundos capazes de suportar uma floresta complexa multiestratificada.

b) encostas com boa drenagem, predominantemente com cambissolos, ocasionalmente latossolos nos topos de interflúvios. A floresta ocupa os terços médios e finais destas rampas em função da profundidade do solo, do contrário cederá lugar a estepe *sensu stricto*.

Quanto às áreas de campo, seus compartimentos fitofisionômicos estão ligados a diversos fatores, os quais podem ser resumidos como:

a) sazonalidade do regime hídrico do solo e seu grau de saturação, relacionados à posição que ocupam na encosta, bem como forma e declividade da rampa;

b) altitude;

c) espessura do solo, textura e forma de contato com a rocha.

A combinação desses elementos pode resultar em escoamentos hídricos distintos - laterais e verticais, os quais são determinantes não somente para a presença de algumas espécies, como também para a formação de mosaicos tipológicos (CURCIO et al., 2006).

Os fragmentos de campos nativos, áreas de campo seco e com afloramentos rochosos (**anexo 3**) foram os que apresentaram maior número de táxons (83), distribuídos entre 33 famílias, onde as mais representativas foram Asteraceae e Poaceae, com destaque especial para Bromeliaceae, Droseraceae, Amaryllidaceae e Iridaceae, evidenciando a grande diversidade de tais ambientes.

Nas áreas de campos úmidos identificou-se 12 táxons distribuídos em 7 famílias. A família com maior número de espécimes, novamente é Asteraceae, sendo representativa também Cyperaceae, pouco coletada pela falta de material fértil.

Devido à relativa inexistência de parâmetros para determinar o estágio sucessional de campos de altitude, esta análise foi feita por comparação com o acervo do herbário HUPG, sobre outras áreas reconhecidamente conservadas nos Campos Gerais. No caso de vegetação primária de campos de altitude, a vegetação de máxima expressão local não necessariamente está associada à grande diversidade biológica, devido às características locais de clima, relevo, solo e vegetação adjacente.

O relicto de cerrado, embora pequeno em área, constitui amostra expressiva de uma vegetação que já foi predominante no Sul do Brasil. Das 30 famílias (total de 65 táxons), foram identificadas espécies bem características pertencentes às famílias Asteraceae, Erythroxylaceae, Mimosaceae, Melastomataceae, Vochysiaceae e Caryocaraceae.

Embora a maioria dos fragmentos de FOM analisados encontram-se em estágio avançado de sucessão ecológica, foram observadas também áreas perturbadas, em estágio médio de sucessão, característica facilmente observável pela grande quantidade de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e vassourão-preto (*Vernonia discolor*), indicando regeneração de áreas.

Os resultados levantados revelam ambientes ainda preservados, reforçando a necessidade de medidas mitigadoras que busquem frear a supressão de habitats em Piraí da Serra.

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos neste trabalho possibilita inferir as seguintes considerações.

Piraí da Serra possui área total de 50.940 ha. Destes, atualmente 8.771ha (cerca de 17%) correspondem a vegetação florestal (FOM) e 21.338 (42%) correspondem a áreas de campos nativos. Isso indica restar quase 60% de áreas nativas sujeitas a políticas de preservação. Os resultados a respeito do estado geral de conservação da vegetação indicam ambientes bem preservados e, seguramente, 21 fragmentos florestais possuem área suficiente para garantir a conservação da diversidade destes ecossistemas, abrangendo 79,5% da área florestada.

Através da análise dos processos de fragmentação florestal, conclui-se que as principais causas de seu fracionamento são processos naturais, criando uma condição única. Assim, pode-se afirmar que originalmente as formações florestais em Piraí da Serra se apresentariam fragmentadas, circundadas por uma matriz campestre.

Essa condição leva à análise das premissas da ecologia da paisagem e das métricas aqui calculadas. Todas as métricas da paisagem possuem parâmetros de análise para fragmentos de origem antrópica. A pesquisa bibliográfica não localizou trabalhos que enfoquem a fragmentação florestal por processos naturais, embora alguns autores mencionem a existência destes processos sem abordarem sua mensuração ou avaliação.

Ao avaliar-se os índices de circularidades, sabe-se que quanto mais próximo do valor 1, mais circular será o fragmento e menor será o efeito de borda a incidir sobre ele. No entanto, devido ao seu relevo natural e peculiar, os fragmentos

encontrados em Piraí da Serra são extremamente alongados e recortados, com índices de circularidades podendo chegar a menos de 0,1 - o que não significa que isso crie um ambiente desfavorável ou com biodiversidade comprometida.

A forma alongada dos fragmentos florestais, determinada em tempos pretéritos por fatores como clima, geologia e geomorfologia; e mantidos até os tempos atuais, permite acreditar que as populações que habitam esses fragmentos estejam adaptadas a tais condições.

Quanto ao efeito de borda, a dificuldade em estimar a magnitude real de borda e área nuclear nos fragmentos florestais devido a grande declividade, afasta a região de todos os clichês analíticos da ecologia da paisagem. Há necessidade de se desenvolver uma metodologia própria para a melhor estimativa destes parâmetros, e o desenvolvimento de todo um protocolo para a validação das observações.

Podem-se levantar também as seguintes questões:

- Até que ponto existe um efeito de borda, supostamente pernicioso, em fragmentos oriundos de processos naturais?
- Qual a importância da matriz para fragmentos originados a partir de processos naturais e no que esta se diferencia em relação a fragmentos de origem antrópica?

De acordo com os pressupostos da ecologia da paisagem, fragmentos sofrem menos com o efeito de borda se a matriz que os circunda for similar a eles, como por exemplo, um fragmento florestal em uma matriz constituída por monocultura de Pinus. O efeito de borda seria mais expressivo caso o mesmo fragmento fosse circundado por uma matriz contrastante campestre.

No entanto, isso só tem validade testada para fragmentos de origem antrópica. As formações florestais de Piraí da Serra estão, desde sua origem, adaptadas a uma matriz campestre, pressupondo que as espécies da fauna e flora estejam adaptadas a esta configuração espacial de ecossistemas. Melhor dizendo, o geossistema de Piraí da Serra é fragmentário e neste mosaico encontra seu equilíbrio dinâmico. Assim, seria totalmente desestabilizador a substituição da matriz campestre. Há necessidade de estudos que invertam a atual ótica conceitual e encarem a borda de capões sob um ponto de vista positivo, como *buffers*, verdadeiras zonas de amortecimento às populações de seu interior.

Novos estudos sobre esta relação fragmento-matriz seriam necessários para estabelecer critérios mais adequados sobre o efeito de borda em capões de florestas alongados. Tais estudos poderiam fornecer suporte para um planejamento do uso da terra, visto que o processo de degradação da matriz campestre é acelerado.

Muito embora os resultados indiquem processos de fragmentação ligados fortemente a fatores naturais, é na ação do homem que medidas de prevenção devem ser tomadas a fim de conservar a biodiversidade local.

6. REFERENCIAS

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.**, v. 129, p. 407-422, 1997a.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), South Brazil. **Rev. Paleobot. Palynol.**, v.97, p.109-121,1997b.

BEHLING, I. Late Quaternary vegetation and climatic changes in Brazil. **Rev Paleobot. Palynol.** 99: p. 143-156 1998a.

BEHLING, H. **Studies on late Quaternary environmental changes in S and SE Brazil with a focus on the history of the Araucaria forests.** Geo-ecological Research – University of Amsterdam, 1998b. p.313-316.

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. 352p

BOLÓS, O. de; CERVI, A.C.; HATSCHBACH, G. Estudios sobre la vegetación del estado de Paraná (Brasil Meridional). **Collectanea Botanica**, Barcelona, v.20, p.79-182, 1991.

BORGES, L.F.R.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; ACERBI JUNIOR, F.W.; FREITAS, G.D. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 22-38, jan./jun. 2004.

BRIGUENTI, E.C. **Geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do rio das Anhumas, Campinas, SP.** Campinas, 2005. 79p. Dissertação (Mestrado em Geografia). UNICAMP. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br> .html> .

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p.395-403, May-June 1996.

CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. **Mata Atlântica: uma rede pela floresta.** Brasília: RiMA, 2006. 332 p

CASTELLA, P.R.; BRITEZ, R.M. (Org.) **A Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais.** Brasília: MMA, 2004. 236p.

CONAMA. **Resolução nº 002 de 18 de março de 1994.** Disponível em: <www.lei.adv.br/002-94.htm> acesso em 26/10/2007.

COUTO, P. Análise fatorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. Associação Portuguesa de Investigação Operacional. **Rev. Apdio**, p. 109-137, 2004.

CURCIO, G.R.; BONNET, A.; PESTANA, D.; SOUZA, L.; SOCHER, L.G.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C.V. Compartimentação topossequencial e caracterização fitossociológica de um capão de Floresta ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 361-369, set./dez. 2006.

CURCIO, G.R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M.L.; DEDECEK, R.A. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, maio/ago. 2007.

EHLERS, M. Sensoriamento remoto para usuários de SIG – sistemas sensores e métodos: as exigências e a realidade. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Ed) **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Cap. 2, p. 19-38.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. (Coord.) **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo, Instituto de Botânica. Série Documentos. 1989. 62 p.

FILGUEIRAS, T.S.; BROCHADO, A.L.; NOGUEIRA, P.E.; GUALA II, G.F. Caminhamento – um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cad. Geociências**, v.12 p. 39-43, 1994.

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. Bras. Bot.**, v.29, n.1, p.79-91, jan.-mar. 2006.

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

HAFFER, J. Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.6, n.15, p. 7-39, 1992.

IMAGUIRE, N. Algumas conclusões sobre a *Araucária angustifolia* Bert. O. Ktze e sugestões para sua cultura e experimentação. **Revista Cult. e Ciência**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 506, 1968.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Mapa Hipsométrico do Estado do Paraná**. Disponível em: < www.ipardes.gov.br/mapoteca/mapoteca.php>. Acesso em: abril de 2008.

KLEIN, R.M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, Itajaí, v.12, p.17-44, 1960.

KLEIN, R.M. Contribuição ao conhecimento da vegetação de partes do 1º e 2º planalto paranaense. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTANICA, 30, 1979, Campo Grande. **Anais ...** São Paulo: SBB, 1979. p.200-201.

KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, v.36, p.5-54, 1984.

- KÖENE, R. **Mapa de Solos de Pirai da Serra**. Ponta Grossa: UEPG, 2008. (Relatório PIBIC/CNPq)
- LAVALLE, A. M. **A madeira na economia paranaense**. Curitiba: Grafipar, 1981. 111p.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: M. Roesner, 1968. 350 p.
- MARTINS, E.S; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. **Ecologia de Paisagem**: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. (Série Documentos Técnicos, 121).
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: Pacific Northwest Research Station, 1995.
- MELO, M.S. et al. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais**. UEPG, 2003. (Relatório). Disponível em: <<http://www.uepg.br/natural>>
- MELO, M.S. et al. **Diagnóstico ambiental da região de Pirai da Serra visando à sustentabilidade ambiental**. Ponta Grossa: UEPG, 2006. Projeto de pesquisa aprovado pela Fundação Araucária (FUP 9138/2006).
- MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. 230p.
- MELO, M.S.; PONÇANO, W.L. **Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 74 p., 1983.
- METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, p. 1147-1161, 2000.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JUNIOR, 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. O que é ecologia da paisagem? **Biota neotropica**, v.1, n.1, p.1-9, 2001. Disponível em: <www.uel.br/cca/agro/ecologia_da_paisagem>. Acesso em: 14 maio 2007.
- MINEROPAR. MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001.
- MORO, R.S.; ROCHA, C.H.; TAKEDA, I.J.M.; KACZMARECH, R. Análise da vegetação nativa da bacia do Rio São Jorge. **Publicatio UEPG**, sér. Ciênc. Biol., Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 33-56, 1996.

MORO, R.S. et al. **Fragmentação da paisagem natural de Pirai da Serra, Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: UEPG, 2006. Projeto de pesquisa aprovado pela Fundação Araucária (FUP 9824/2006).

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology: theory and application**. New York: Springer Verlag, 1990.

OLIVEIRA, E.A. de; RODERJAN, C.V.; CURCIO, G.R.; SILVA, S.M. Caracterização florística, fitossociológica e pedológica de um trecho de floresta ripária dos Campos Gerais do Paraná. **Cad. biodivers.**, v.4, n.1, p. 8-25, jan. 2003.

PAESE, A.; SANTOS, J. E. Ecologia da Paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: SANTOS, J.E. dos; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J.S.R.; OLIVEIRA, C.H.; PIRES, A.M.Z.C.R. (Orgs.). **Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção**. São Carlos: RiMa, v. 1, p. 1-21. 2005

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALES, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIER, A. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v. 26, n.1, p. 59-90, abr. 2001.

PHILLIPS, J.D. Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability. **Catena**, Amsterdam, v.43, p.101-113, 2001.

PRIETO, C. C. **Análise da dinâmica do uso da terra sobre o patrimônio natural de Piraí da Serra – Paraná**. Ponta Grossa, 2007. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual de Ponta Grossa.

RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (Orgs.) **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

RAMBO, B. O elemento andino no pinhal riograndense. **Anais Botânicos do Herbário "Barbosa Rodrigues"**, v. 3, n.3, p. 7-39, 1951

RAMOS, A.F.; SANTANA, A.C.; PRIETO, C.C.; MATIAS, L.F. 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: Editora UEPG, 2007. cap. 7, p.95-92.

REITZ, R.; KLEIN, R.M. Araucariáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1966. 62p.

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.

ROCHA, C.H.; WEIRICH NETO, P.H. Origens dos sistemas de produção e fragmentação da paisagem nos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Eds.) **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. cap. 18, p.171-179.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente** Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

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

SCHIEROLZ, T. Dinâmica biológica de fragmentos florestais. **Ciência Hoje**, v. 12, p. 22-29. 1991.

SEMA/ IAP. **Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana**. Curitiba, 2004.

SILVEIRA, T.A.; CARNEIRO, A.F.T.; PORTUGAL, J.L. Estruturação de bases cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG). In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CIENCIAS GEODESICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2: Recife: 2008,. **Anais ...** CD. 9p.

SOBREVILLA, C.; BATH, P. **Evaluación ecológica rápida: un manual para usuarios de América Latina y el Caribe**. Washington: The Nature Conservancy, 1992.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic Information Systems: an Introduction**. New Jersey: Prentice Hall, , 1990..

TAUK, S.M. (Org.) 2.ed. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Ed. da UNESP, 1995.

TAVARES, A. B.; CRUZ. S. P.; LOLLO, J. A. Geoindicadores para a caracterização de estado de diferentes ambientes. **Revista Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 5 n. 2, p. 42-57, 2007.

TRINDADE, B.M.; FIGUEIRA, S.B.;SIVA, A.C.B.; SCHESSL, M. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 12: Goiânia : 2005. **Anais...**, p. 705 – 712.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. (Eds.). **Landscape ecology in theory and practice: pattern and processes**. New York: Springer Verlag. 2001

TURNER, M.G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 20, pp. 171-197, 1989.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE: Rio de Janeiro, 1991.

VIANA, V. M. (1990). Biologia e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. 6: Campos do Jordão: 1990. **Anais...**, p. 113-118.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v.12, n.32, p.25-42, 1998.

VOLOTÃO, C.F.S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE, 1998. 45p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser431/trabalhos/fragstats.pdf>>.

WUTKE, J.D; SILVA, R.; ORTH, D. Geotecnologias e suas aplicações para Gestão Territorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITARIO, 1: Florianópolis: 2006,. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 2006. p.1-7.

ANEXO 1:

Lista com a relação dos fragmentos florestais (polígonos) de Pirai da Serra, incluindo área, perímetro e índice de circularidade (IC).

n	ÁREA	PERÍMETRO	IC
1	568,8	95,6	0,88
2	582,1	95,0	0,90
3	700,3	101,0	0,93
4	707,3	110,3	0,85
5	751,4	132,2	0,73
6	925,5	113,2	0,95
7	932,9	137,3	0,79
8	933,5	121,1	0,89
9	1.052,0	123,5	0,93
10	1.098,6	131,1	0,90
11	1.126,2	131,0	0,91
12	1.288,9	215,8	0,59
13	1.303,3	162,1	0,79
14	1.365,3	155,8	0,84
15	1.393,7	186,4	0,71
16	1.447,8	170,8	0,79
17	1.463,5	147,2	0,92
18	1.510,8	261,4	0,53
19	1.545,8	341,6	0,41
20	1.627,9	165,6	0,86
21	1.698,4	169,6	0,86
22	1.707,5	187,8	0,78
23	1.832,8	243,3	0,62
24	1.950,9	178,5	0,88
25	2.008,8	166,5	0,95
26	2.033,9	274,6	0,58
27	2.065,4	218,4	0,74
28	2.076,4	175,8	0,92
29	2.206,5	222,9	0,75
30	2.230,8	264,5	0,63
31	2.254,8	216,8	0,78
32	2.277,6	188,6	0,90
33	2.298,4	190,9	0,89
34	2.323,5	226,3	0,75
35	2.334,2	257,3	0,67
36	2.340,2	179,5	0,95
37	2.367,8	192,7	0,89

n	ÁREA	PERÍMETRO	IC
43	2.538,0	192,5	0,93
44	2.648,5	196,3	0,93
45	2.659,3	268,5	0,68
46	2.665,2	266,0	0,69
47	2.670,9	279,9	0,65
48	2.764,8	201,2	0,93
49	2.779,2	236,6	0,79
50	2.830,5	208,3	0,91
51	2.865,0	203,8	0,93
52	2.894,7	211,1	0,90
53	2.919,4	404,1	0,47
54	2.929,7	255,1	0,75
55	2.936,3	241,4	0,80
56	2.977,3	253,0	0,76
57	2.979,5	206,0	0,94
58	3.026,5	263,5	0,74
59	3.126,2	232,0	0,85
60	3.165,9	249,4	0,80
61	3.184,7	334,1	0,60
62	3.198,6	214,3	0,94
63	3.215,4	277,8	0,72
64	3.258,1	262,1	0,77
65	3.275,4	282,7	0,72
66	3.316,8	265,0	0,77
67	3.325,6	325,6	0,63
68	3.327,4	228,6	0,89
69	3.512,9	252,2	0,83
70	3.536,0	233,8	0,90
71	3.577,2	219,4	0,97
72	3.591,8	297,4	0,71
73	3.838,0	264,3	0,83
74	3.866,5	263,8	0,84
75	4.042,5	241,4	0,93
76	4.067,6	322,2	0,70
77	4.081,1	555,0	0,41
78	4.193,9	476,6	0,48
79	4.217,8	250,3	0,92

38	2.387,1	189,0	0,92
39	2.388,3	237,6	0,73
40	2.417,9	202,4	0,86
41	2.443,9	234,8	0,75
42	2.531,6	475,9	0,37
85	4.340,8	302,8	0,77
86	4.372,5	405,3	0,58
87	4.409,3	271,2	0,87
88	4.490,3	366,2	0,65
89	4.496,4	261,8	0,91
90	4.520,1	291,1	0,82
91	4.555,6	304,5	0,79
92	4.579,2	280,8	0,85
93	4.602,0	275,5	0,87
94	4.692,4	270,4	0,90
95	4.724,1	429,0	0,57
96	4.735,2	262,9	0,93
97	4.840,0	565,1	0,44
98	4.866,4	275,9	0,90
99	4.912,1	402,4	0,62
100	4.932,3	261,5	0,95
101	5.271,0	333,3	0,77
102	5.323,7	367,6	0,70
103	5.410,1	519,2	0,50
104	5.682,9	321,9	0,83
105	5.799,2	460,0	0,59
106	5.852,8	318,7	0,85
107	5.909,5	512,7	0,53
108	5.954,9	330,0	0,83
109	6.284,7	337,7	0,83
110	6.426,5	776,7	0,37
111	6.479,7	344,3	0,83
112	6.568,2	329,4	0,87
113	6.622,0	350,0	0,82
114	6.709,5	353,4	0,82
115	6.808,8	423,8	0,69
116	6.818,0	356,5	0,82
117	6.857,1	481,6	0,61
118	6.858,0	372,5	0,79
119	6.865,0	332,2	0,88
120	6.871,4	338,0	0,87
121	6.879,1	471,5	0,62
122	6.898,2	402,6	0,73

80	4.230,4	295,3	0,78
81	4.250,6	274,1	0,84
82	4.292,7	252,6	0,92
83	4.320,0	283,8	0,82
84	4.320,4	291,5	0,80
128	7.365,5	422,3	0,72
129	7.368,0	350,5	0,87
130	7.372,0	477,7	0,64
131	7.416,2	564,4	0,54
132	7.432,6	335,0	0,91
133	7.472,6	675,4	0,45
134	7.482,7	606,7	0,51
135	7.737,4	480,5	0,65
136	7.864,8	370,6	0,85
137	7.892,0	480,5	0,66
138	7.953,0	723,9	0,44
139	8.035,7	419,2	0,76
140	8.066,8	532,4	0,60
141	8.166,1	414,7	0,77
142	8.249,9	390,7	0,82
143	8.331,3	490,5	0,66
144	8.350,0	392,7	0,82
145	8.470,3	503,0	0,65
146	8.641,1	537,9	0,61
147	8.832,8	603,9	0,55
148	9.007,1	410,9	0,82
149	9.155,4	439,8	0,77
150	9.286,0	407,1	0,84
151	9.296,2	455,9	0,75
152	9.333,1	636,9	0,54
153	9.418,6	391,9	0,88
154	9.578,3	1.031,7	0,34
155	9.861,7	393,9	0,89
156	9.923,9	1.010,6	0,35
157	10.251,1	723,6	0,50
158	10.290,5	634,5	0,57
159	10.362,4	695,6	0,52
160	10.431,3	431,8	0,84
161	10.535,9	652,8	0,56
162	10.580,2	725,8	0,50
163	10.678,3	736,5	0,50
164	10.733,1	1.097,5	0,33
165	10.737,8	464,1	0,79

123	6.912,6	342,5	0,86
124	6.926,6	358,9	0,82
125	7.077,6	328,4	0,91
126	7.083,9	420,4	0,71
127	7.086,4	363,3	0,82
171	11.902,7	537,6	0,72
172	12.161,4	578,5	0,68
173	12.344,3	475,7	0,83
174	12.524,0	436,4	0,91
175	12.538,6	556,3	0,71
176	12.555,7	1.000,4	0,40
177	12.609,4	504,2	0,79
178	12.702,9	477,9	0,84
179	12.863,9	506,6	0,79
180	12.871,4	448,1	0,90
181	13.237,4	564,7	0,72
182	13.444,6	1.089,7	0,38
183	13.479,8	626,6	0,66
184	13.910,1	720,5	0,58
185	13.938,8	661,0	0,63
186	14.171,9	745,0	0,57
187	14.328,4	660,0	0,64
188	14.438,8	574,6	0,74
189	14.480,4	576,8	0,74
190	14.499,1	656,1	0,65
191	14.587,5	978,9	0,44
192	14.606,1	649,2	0,66
193	14.692,8	452,0	0,95
194	15.097,6	1.042,0	0,42
195	15.174,6	784,1	0,56
196	15.245,2	515,9	0,85
197	15.429,3	533,1	0,83
198	15.439,6	677,7	0,65
199	15.465,9	712,7	0,62
100	15.817,9	607,6	0,73
201	16.049,8	574,3	0,78
202	16.054,1	955,3	0,47
203	16.144,3	936,8	0,48
204	16.660,3	593,1	0,77
205	16.767,9	830,5	0,55
206	16.955,8	765,1	0,60
207	16.963,6	952,2	0,48
208	17.003,8	705,5	0,66

166	10.888,4	475,2	0,78
167	11.199,4	742,5	0,51
168	11.409,5	8.232,1	0,05
169	11.763,2	633,7	0,61
170	11.836,9	473,1	0,81
214	19.244,1	1.024,4	0,48
215	19.491,3	624,3	0,79
216	19.538,6	687,4	0,72
217	20.456,8	952,7	0,53
218	20.739,8	849,8	0,60
219	20.883,8	601,3	0,85
220	21.079,8	1.535,5	0,34
221	21.356,9	1.015,3	0,51
222	21.504,6	1.103,4	0,47
223	21.557,8	579,4	0,90
224	21.693,4	743,7	0,70
225	22.160,7	1.157,1	0,46
226	22.273,9	891,2	0,59
227	22.439,6	552,6	0,96
228	23.132,5	1.163,3	0,46
229	23.165,6	1.326,9	0,41
230	23.763,3	991,7	0,55
231	23.980,3	1.390,8	0,39
232	24.233,0	1.003,2	0,55
233	24.587,0	756,2	0,73
234	24.637,0	2.593,9	0,21
235	25.057,3	670,1	0,84
236	25.117,7	934,9	0,60
237	25.167,9	724,2	0,78
238	25.399,1	781,7	0,72
239	25.988,4	956,4	0,60
240	26.238,1	1.854,5	0,31
241	26.834,8	1.081,6	0,54
242	27.137,6	921,9	0,63
243	27.161,6	807,4	0,72
244	28.391,2	1.479,3	0,40
245	28.798,6	752,5	0,80
246	29.145,2	1.387,0	0,44
247	29.240,3	1.659,2	0,37
248	30.606,6	1.119,1	0,55
249	30.903,0	1.729,3	0,36
250	31.213,7	925,1	0,68
251	31.534,5	1.493,1	0,42

209	17.312,5	1.168,8	0,40
210	17.663,9	1.110,8	0,42
211	18.129,3	717,8	0,66
212	18.894,4	1.232,7	0,40
213	19.128,8	525,5	0,93
257	33.003,0	1.218,4	0,53
258	33.418,3	806,3	0,80
259	33.554,3	1.247,4	0,52
260	33.665,9	991,3	0,66
261	34.469,0	1.696,6	0,39
262	34.754,6	2.236,6	0,30
263	35.016,0	1.089,6	0,61
264	36.877,2	1.785,9	0,38
265	37.755,4	924,0	0,75
266	37.833,7	1.091,3	0,63
267	37.860,5	1.359,0	0,51
268	39.253,8	1.951,8	0,36
269	40.128,0	1.855,5	0,38
270	40.721,8	1.331,5	0,54
271	42.210,5	2.789,8	0,26
272	42.514,3	2.108,8	0,35
273	42.559,3	1.706,3	0,43
274	43.227,8	1.846,5	0,40
275	43.636,0	1.808,8	0,41
276	43.685,2	1.021,6	0,73
277	44.014,5	1.886,1	0,39
278	44.072,1	946,5	0,79
279	44.099,2	1.319,9	0,56
280	45.404,8	1.622,2	0,47
281	45.483,3	1.357,6	0,56
282	45.533,0	1.057,4	0,72
283	46.617,8	2.293,4	0,33
284	47.557,1	1.654,5	0,47
285	47.670,8	1.358,1	0,57
286	49.776,8	1.318,2	0,60
287	52.089,0	1.014,4	0,80
288	52.205,5	1.959,6	0,41
289	53.013,8	1.447,2	0,56
290	53.972,7	1.225,1	0,67
291	56.361,5	1.397,7	0,60
292	56.546,4	1.141,6	0,74
293	57.680,2	2.645,6	0,32
294	59.250,4	2.859,4	0,30

252	31.595,3	1.492,8	0,42
253	31.596,0	1.232,8	0,51
254	31.831,3	915,5	0,69
255	31.934,1	1.801,6	0,35
256	32.357,6	1.098,6	0,58
300	66.744,0	3.539,0	0,26
301	68.749,5	1.850,0	0,50
302	69.414,4	2.398,2	0,39
303	71.432,4	2.363,5	0,40
304	73.584,4	3.766,6	0,26
305	76.528,8	3.037,3	0,32
306	76.971,7	1.724,9	0,57
307	78.868,5	2.408,9	0,41
308	80.566,8	1.643,0	0,61
309	81.773,3	3.599,9	0,28
310	82.137,5	5.693,2	0,18
311	82.161,2	2.179,8	0,47
312	82.857,4	1.915,9	0,53
313	84.066,1	2.854,2	0,36
314	85.527,9	3.374,2	0,31
315	86.799,5	3.123,8	0,33
316	87.193,8	1.313,5	0,80
317	88.984,8	4.383,6	0,24
318	92.795,6	2.485,0	0,43
319	93.705,3	2.001,3	0,54
320	94.598,3	2.793,0	0,39
321	95.310,8	3.062,0	0,36
322	98.230,0	5.670,0	0,20
323	99.064,8	2.781,4	0,40
324	99.525,1	1.410,8	0,79
325	103.710,8	5.781,1	0,20
326	103.875,5	1.461,6	0,78
327	108.038,0	4.350,1	0,27
328	110.208,4	2.179,3	0,54
329	115.904,4	2.391,7	0,50
330	116.329,0	4.991,2	0,24
331	118.199,4	3.612,9	0,34
332	120.387,8	4.388,4	0,28
333	125.175,8	1.445,5	0,87
334	126.498,3	2.868,4	0,44
335	126.525,0	4.300,8	0,29
336	129.069,0	5.878,6	0,22
337	132.239,6	5.813,5	0,22

295	59.849,4	2.526,9	0,34
296	60.507,3	1.229,1	0,71
297	65.552,7	2.924,6	0,31
298	65.713,1	2.492,6	0,36
299	66.181,7	2.335,3	0,39
343	154.762,8	4.654,3	0,30
344	162.698,0	4.298,0	0,33
345	162.741,5	2.797,9	0,51
346	169.419,2	3.077,4	0,47
347	169.603,7	2.708,7	0,54
348	173.359,0	2.811,9	0,52
349	186.659,1	7.205,8	0,21
350	187.961,4	4.244,9	0,36
351	198.038,5	8.263,2	0,19
352	203.437,4	4.585,3	0,35
353	210.043,4	2.517,8	0,65
354	220.913,6	5.085,5	0,33
355	224.573,4	5.603,1	0,30
356	230.773,9	2.944,2	0,58
357	232.150,2	6.330,0	0,27
358	242.523,5	3.201,3	0,55
359	243.405,0	4.462,0	0,39
360	251.242,1	7.170,6	0,25
361	251.525,9	2.063,9	0,86
362	290.832,0	5.835,6	0,33
363	310.006,5	4.499,2	0,44
364	311.077,0	7.887,1	0,25
365	319.740,9	11.441,3	0,18
366	345.949,0	8.108,7	0,26
367	346.812,10	8.361,50	0,25
368	357.480,8	4.877,8	0,43

338	132.990,8	5.729,2	0,23
339	138.464,0	3.243,0	0,41
340	138.944,5	5.321,0	0,25
341	147.425,0	1.643,7	0,83
342	154.724,3	5.132,8	0,27
369	369.524,4	6.791,9	0,32
370	380.235,8	4.760,6	0,46
371	395.178,1	6.577,7	0,34
372	435.823,8	4.169,2	0,56
373	468.945,50	7.680,45	0,32
374	505.367,4	7.359,0	0,34
375	642.163,2	6.617,0	0,43
376	660.652,3	13.882,8	0,21
377	702.929,5	10.257,2	0,29
378	714.266,8	13.035,4	0,23
379	728.590,9	16.478,7	0,18
380	758.948,8	16.884,0	0,18
381	800.208,1	16.114,4	0,20
382	809.772,0	19.718,9	0,16
383	854.623,5	8.692,6	0,38
384	905.195,1	12.323,6	0,27
385	908.450,8	14.648,7	0,23
386	1.214.590,1	17.901,8	0,22
387	1.627.624,7	32.425,5	0,14
388	2.836.568,5	39.123,4	0,15
389	2.991.264,6	31.703,4	0,19
390	3.222.866,0	37.790,3	0,17
391	5.787.677,8	58.166,7	0,15
392	11.205.477,1	226.550,5	0,05
393	13.291.579,5	194.392,6	0,07
394	19.415.198,3	167.616,4	0,09

TOTAL ÁREA: 87.713.793,2 m² (8.771 ha)

MÉDIA GERAL IC: 0,6

MÉDIA IC PARA FRAGMENTOS < 100 ha.: 0,13

ANEXO 2:

Lista de táxons observados na Floresta Ombrófila Mista (FOMM e FOMA)

FAMÍLIA	ESPÉCIE	HÁBITO
ARAUCARIACEAE	<i>Araucaria angustifolia</i> O Kuntze	Árvore
ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Árvore
ASTERACEAE	<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	Erva
	<i>Calea pinnatifida</i> (R. Br.) Less.	Liana
	<i>Emilia sagitata</i> DC	erva
	<i>Eupatorium tanacetifolium</i> DC	erva
	<i>Lucilia lycopodioides</i> (Less.) S.E. Freire	Erva
	<i>Mikania hoffmanniana</i> Dusén	Liana
	<i>Mikania hemisphaerica</i> Sch. Bip. Ex Baker	Liana
	<i>Mutisia coccinea</i> A. St.-Hil.	Liana
	<i>Mutisia</i> sp	Liana
	<i>Gochnatia</i> sp	arvore
	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	Árvore
	<i>Piptocarpha regnellii</i> (Sch. Bip.) Cabrera	Árvore
	<i>Senecio oligophyllus</i> Baker	Erva
	<i>Vernonia mollissima</i> D.Don	Arbusto
BIGNONIACEAE	Indet. 1	
	Indet 2	
BROMELIACEAE	<i>Dickia tuberosa</i> (Vell) Beer	Erva
COMMELINACEAE	<i>Commelina vilosa</i> C.B. Clarke ex Chodat & Hassl.	Erva
EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania commersoniana</i> Baill. (Sm. & Downs)	Árvore
ERICACEAE	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn.	Arbusto
ERYTHROXILACEAE	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Árvore
FABACEAE	<i>Collaea speciosa</i> (Loisel.) DC.	Erva
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Árvore
	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	Árvore
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Árvore
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw	Árvore
GLEICHENIACEAE	<i>Sticherus penniger</i> (Mart.) Copel.	Erva
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium wettsteinii</i> Hand Mazz	Erva
LAMIACEAE	<i>Salvia melissaefolia</i> Desf.	Erva
LAURACEAE	<i>Cinnamomum sellowianum</i> Kosterm.	Árvore
	<i>Endlicleria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.	arvore
	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & C. Mart. ex Nees	Árvore
	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Árvore
	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso	Árvore
	<i>Ocotea</i> sp	Árvore
	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Árvore
MELASTOMATACEAE	<i>Leandra simplicicaulis</i> Cogn.	Erva
	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	Arbusto
	<i>Miconia hyemalis</i> St Hill & Naud ex Naud	Árvore
	<i>Miconia sellowiana</i> Naud.	Arbusto
	<i>Tibouchina martialis</i> (Cham.) Cogn.	Erva
MIMOSACEAE	<i>Anadenanthera collubrina</i> (Vell.) Brenan	Árvore
	<i>Mimosa orthoacantha</i> Benth.	Arbusto
	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Árvore
MONIMIACEAE	<i>Mollinedia clavigera</i> Tul.	Arbusto
	<i>Mollinedia elegans</i> Tul.	Arbusto
MYRTACEAE	<i>Calypttranthes concinna</i> DC	arbusto
	<i>Eugenia pitanga</i> (O. Berg) Kiaersk.	Árvore
	<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	Árvore

	<i>Myrcia breviramis</i> (O. Berg) D. Legrand	Arbusto
	<i>Myrcia venulosa</i> DC	Arvore
	<i>Myrcia oblecta</i> (Berg) Kiaresk	Arbusto
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg	Arbusto
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Arvore
	Indet. 1	Arvore
MYRSINACEAE	<i>Myrsine umbelata</i> (Mart) Mez	Arvore
PIPERACEAE	<i>Peperomia catharinae</i> Miq.	Erva
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	Erva
RHAMNACEAE	<i>Rhamnus sectipetala</i> Mart. ex Reissek	Arvore
ROSACEAE	<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	Arbusto
	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	Arvore
	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Arvore
RUBIACEAE	<i>Borreria poaya</i> (A St Hil) DC	Erva
SAPINDACEAE	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Arvore
	<i>Paullinia carpopoda</i> Cambess.	Liana
SOLANACEAE	<i>Nicotiana</i> sp	Erva
	<i>Petunia linoides</i> Sendtn.	Erva
	<i>Solanum lacerdae</i> Dusen	Arvore
	<i>Calibrachoa ericifolia</i> (R.E.Fr.) Wijsman	Erva
THEACEAE	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	Arvore
THYMELLAEEAE	<i>Daphnopsis beta</i> Taub.	Arvore
	<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	Arvore
Total de famílias: 29		Total de táxons: 74

ANEXO 3:

Lista de táxons observados na estepe *sensu stricto*, nos refúgios vegetacionais rupestres, estepe higrófila e no relicto de savana.

Campos secos (estepe <i>sensu stricto</i>)	
FAMÍLIA	ESPÉCIE
AMARYLLIDACEAE	<i>Hippeastrum psittacinum</i> Herb
ARECACEAE	<i>Allagoptera campestris</i> (Mart) Kuntze
ASTERACEAE	<i>Aspilia setosa</i> Griseb
	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC
	<i>Calea parvifolia</i> Bak
	<i>Eupatorium tanacetifolium</i> DC
BORRAGINACEAE	<i>Moritzia dusenii</i> I M Johnst
BROMELIACEAE	<i>Dickia tuberosa</i> (Vell.) Beer
DROSERACEAE	<i>Drosera communis</i> A. St.-Hil.
FABACEAE	<i>Eriosema heterophyllum</i> Benth
	<i>Stylosanthes acuminata</i> M.B. Ferr & S. Costa
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium wettsteinii</i> Hand Mazz
LAMIACEAE	<i>Peltodon radicans</i> Pohl
	<i>Salvia</i> SP
MALVACEAE	<i>Sida macrodon</i> DC
	<i>Pavonia speciosa</i> Kunth
MELASTOMATACEAE	<i>Chaetostoma pungens</i> DC.
	<i>Lavoisiera phyllocalycina</i> Cogn.
	<i>Lavoisiera pulchella</i> Cham
POLYGALACEAE	<i>Polygala</i> SP
POACEAE	<i>Panicum</i> SP
	<i>Eriochysis cayennensis</i> P. Beanv.
	<i>Andropogon macrothrix</i> Trin.
	indet. 1
RUBIACEAE	<i>Borreria poaya</i> (A St Hil) DC
SCROPHULARIACEAE	<i>Esterhazyia splendida</i> Mikan
STERCULIACEAE	<i>Waltheria douradinha</i> A St Hil
VERBENACEAE	<i>Verbena hirta</i> Spr
	<i>Duranta vestita</i> Cham.
	<i>Lippia lupulina</i> Cham.
Campos rochosos (refúgios vegetacionais rupestres)	
FAMÍLIA	ESPÉCIE
ACANTHACEAE	<i>Dyschoriste hygrophylloides</i> (Nees) Kunth.
	<i>Ruellia multifolia</i> (Nees) Lindau
APOCYNACEAE	<i>Macrosiphonia</i> SP
ASTERACEAE	<i>Aspilia setosa</i> Griseb
	<i>Calea parvifolia</i> (DC.) Baker
	<i>Chaptalia graminifolia</i> Dusén
	<i>Chrysolaena oligophylla</i> (Vell.) H. Rob.
	<i>Eupatorium betonicaeforme</i> (DC.) Baker
	<i>Vernonia brevifolia</i> Less.
	<i>Vernonia macrocephala</i> Less.
	<i>Vernonia mollissima</i> D. Don
	<i>Vernonia</i> SP
	<i>Vernonanthura chamaedrys</i> (Less.) H. Rob.
	Indet 1
	Indet 2.

AMARANTHACEAE	<i>Pfaffia jubata</i> Mart.
CYPERACEAE	<i>Fimbristylis cf diphylla</i> Vahl. <i>Lagenocarpus rigidus</i> (Kunth) Nees
ERICACEAE	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn.
ERIOCAULACEAE	<i>Paepalanthus planifolius</i> (Bong.) Körn.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart.
FABACEAE	<i>Eriosema heterophyllum</i> Benth <i>Periandra mediterranea</i> (Vell) Taub
GESNERIACEAE	<i>Sinningia canescens</i> (Mart) Wiehler
IRIDACEAE	<i>Cipura</i> <i>Sisyrinchium iridifolium</i> Kunth. <i>Sisyrinchium fasciculatum</i> Klatt
LAMIACEAE	<i>Salvia rosmarinoides</i> A. St.-Hil. Ex Benth. <i>Peltodon radicans</i> Pohl
MALVACEAE	<i>Pavonia sepium</i> A. St.Hill.
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima brachybotrya</i> Nied.
MELASTOMATACEAE	<i>Leandra dusenii</i> Cogn. <i>Leandra lacunosa</i> Cogn. <i>Miconia cinerascens</i> Miq. <i>Miconia hyemalis</i> St Hill & Naud ex Naud
MIMOSACEAE	<i>Mimosa invisa</i> Mart. <i>Mimosa micropteris</i> Benth <i>Mimosa orthoacantha</i> Benth.
MYRTACEAE	<i>Myrcia venulosa</i> DC.
OXALIDACEAE	<i>Oxalis martiana</i> Zucc.
POACEAE	<i>Axonopus marginatus</i> (Trin.) Chase <i>Axonopus siccus</i> (Nees) Kuhlman. <i>Axonopus</i> SP Indet. 1 <i>Paspalum pectinatum</i> Nees ex Trin.
POLYGALACEAE	<i>Monnina cardiocarpa</i> A. St.-Hil.
RHAMNACEAE	<i>Rhamnus sectipetala</i> Mart. ex Reissek
ROSACEAE	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.
RUBIACEAE	<i>Borreria poaya</i> (A St Hil.) DC Indet. 1 indet. 2
SOLANACEAE	<i>Nicotiana langsdorfii</i> Nees
VERBENACEAE	<i>Verbena hirta</i> Spreng
Total de famílias: 33	Total de táxons: 83

campos úmidos (estepe higrófila)

FAMÍLIA	ESPECIE
ASTERACEAE	<i>Vernonia obovata</i> Less. <i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burkart <i>Chaptalia</i> SP <i>Hypochoeris gardneri</i> <i>Invloopsis scapula</i> (DC) O. Hoffm
BIGNONIACEAE	Indet. 2
CYPERACEAE	<i>Rhynchospora globosa</i> Roem. Et Schult
ERIOCAULACEAE	Indet. Indet.
GLEICHENIACEAE	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium fasciculatum</i> Klatt
POACEAE	<i>Andropogon microstachyus</i> Desv. ex Ham.
Total de famílias: 7	Total de táxons: 12

Cerrado (Savana)		
FAMÍLIA	ESPÉCIE	HÁBITO
AMARYLLIDACEAE	<i>Hippeastrum psittacinum</i> Herb	Erva
ANACARDIACEAE	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Árvore
ARECACEAE	<i>Allagoptera campestris</i> (Mart) Kuntze	Arbusto
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arvore
ASTERACEAE	<i>Invloopsis scapura</i> (DC) O. Hoffm	Erva
	<i>Aspilia setosa</i> Griseb	Erva
	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	Erva
	<i>Calea hispida</i> (DC.) Baker	Erva
	<i>Chaptalia graminifolia</i> Dusén	Erva
	<i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burkart	Erva
	<i>Emilia sagittata</i> DC	Erva
	<i>Eupatorium tanacetifolium</i> DC	Erva
	<i>Vernonia cuneifolia</i> Gardner	Erva
	<i>Vernonia mollissima</i> D.Don	Arbusto
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia ochraceae</i> (Cham) Stand	Arvore
BROMELIACEAE	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L	Erva
	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	Erva
	<i>Aechmea distichantha</i> Lemaire	Erva
	<i>Dickia tuberosa</i> (Vell) Beer	erva
CACTACEAE	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	erva
CAESALPINACEAE	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desv.	Árvore
CAMPANULACEAE	<i>Wahlenbergia linarioides</i> (Lam) A DC	Erva
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	arbusto
CLUSIACEAE	<i>Hypericum brasiliensis</i> Choisy	erva
CUSCUTACEAE	<i>Cuscuta racemosa</i> Mart	trepadeira
CYPERACEAE	<i>Scleria hirtella</i> Sw	erva
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng) Muell. Arg.	Árvore
	<i>Croton antissiphyliticus</i> Muell Arg	erva
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.hill.	Árvore
	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.Hill.	Árvore
FABACEAE	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr) Yakovlev	Arbusto
	<i>Eriosema obovatum</i> Benth	erva
	<i>Rhynchosia corydifolia</i> Mart.	Erva
	<i>Periandra mediterrânea</i> Vell. (Taub.)	Erva
FLACOURTIACEAE	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Árvore
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spr	Erva
LAMIACEAE	<i>Hyptis glauca</i> St Hill	Erva
	<i>Eriope macrostachya</i> Mart e Benth	erva
	<i>Peltodon radicans</i> Pohl	erva
	<i>Salvia nervosa</i> Benth.	erva
MELASTOMATACEAE	<i>Acisanthera variabilis</i> (DC) Triana	erva
	<i>Chaetostoma pungens</i> DC.	erva
	<i>Lavoisiera phyllocalycina</i> Cogn	Erva
	<i>Lavoisiera pulchella</i> Cham.	Erva
	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Erva
	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Árvore
	<i>Miconia sellowiana</i> Naud.	Árvore
	<i>Tibouchina hatschbachii</i> Wurdack	Erva
	<i>Tibouchina</i> sp	Erva
MIMOSACEAE	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	Árvore
	<i>Pithecellobium langsdorffii</i> Benth.	Arvore
MYRTACEAE	<i>Campomanesia pubescens</i> (A DC) O Berg	Árvore
	<i>Gomidesia sellowiana</i> O. Berg.	Arvore
	<i>Myrcia obtecta</i> (Berg) Kiaresk	Arbusto
MYRSINACEAE	<i>Myrsine umbellata</i> (Mart.) Mez.	Árvore

RHAMNACEAE	<i>Rhamnus sectipetala</i> Mart. ex Reissek	Árvore
OCHNACEAE	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	Árvore
ORCHIDACEAE	<i>Epidendron ellipticum</i> Graham	Erva
POACEAE	<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Erva
	<i>Aristida jubata</i> (Arechav.) Herter	erva
	<i>Axonopous siccus</i> (Nees) Kuhlman	erva
SMILACACEAE	<i>Smilax</i> sp	trepadeira
SOLANACEAE	<i>Petunia rupestris</i> Dusén	Erva
VERBENACEAE	<i>Verbena hirta</i> Spr	Erva
	<i>Lippia lupulina</i> Cham.	Erva
Total de famílias: 30	Total de táxons: 65	