

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

CHRISTIANE NIEDZIELSKI DE LIMA

**CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM RIPÁRIA
DOS RIOS PITANGUI, SÃO JORGE E SÃO JOÃO, NO SEGUNDO
PLANALTO PARANAENSE**

PONTA GROSSA

2014

CHRISTIANE NIEDZIELSKI DE LIMA

**CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM RIPÁRIAS
DOS RIOS PITANGUI, SÃO JORGE E SÃO JOÃO, NO SEGUNDO
PLANALTO PARANAENSE**

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

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

PONTA GROSSA

2014

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

L732 Lima, Christiane Niedzielski de
Conectividade estrutural e funcional da paisagem ripárias dos Rios Pitangui, São Jorge e São João, no Segundo Planalto Paranaense/ Christiane Niedzielski de Lima. Ponta Grossa, 2014.
83f.

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

Orientadora: Profª Drª Rosemeri Segecin Moro.

1.Ecologia de paisagem. 2.Rio Pitangui. 3.Métricas de paisagem. I.Moro, Rosemeri Segecin. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Gestão do Território. III. T.

CDD: 577.64

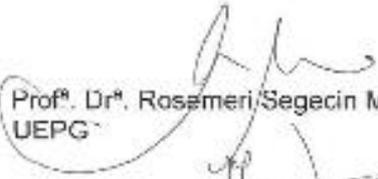
TERMO DE APROVAÇÃO

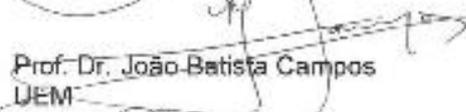
CHRISTIANE NIEDZIELSKI DE LIMA

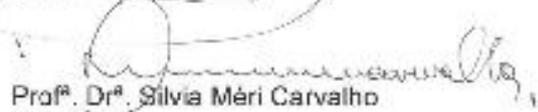
"CONECTIVIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DA PAISAGEM RIPÁRIA DOS RIOS PITANGUI, SÃO JORGE E SÃO JOÃO, NO SEGUNDO PLANALTO PARANAENSE"

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

Orientadora:


Prof.ª. Dr.ª. Rosaméri Segecin Moro
UEPG


Prof. Dr. João-Batista Campos
UEM


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

Ponta Grossa, 03 de abril de 2014.

Dedico este trabalho a meu pai e minha mãe, que sempre estiveram do meu lado, me ensinando, apoiando, dando forças e amor para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, pela oportunidade em realizar o curso.

À Professora Dr^a. Rosemeri Segecin Moro, pelo incentivo, orientação, paciência, amizade, desde a graduação.

Ao colega e amigo Willian Samuel Santana da Roza, pela ajuda no geoprocessamento, pela amizade e paciência.

Ao Átila Santana também pelo auxílio com as geotecnologias.

À colega e amiga Elisana Milan pela amizade, parceria e paciência.

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

À Tiago de Lima, pelo seu amor e paciência.

Em especial aos meus pais, Zenon e Iara, por estarem sempre presentes me apoiando.

Por fim e não menos importante, agradeço a Deus, por todas as oportunidades que tem me dado ao longo da vida.

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

RESUMO

A Ecologia de Paisagens possui o objetivo de compreensão global da paisagem e o ordenamento territorial, sendo integradora de ciências sociais, geofísicas e biológicas. Nos cursos d'água, as porções marginais influenciadas pelas inundações periódicas representam ambientes altamente dinâmicos e nos estudos de paisagem são considerados como classes de paisagem e a análise da relação entre seus elementos permite fazer inferências acerca de sua importância ecológica. Esse espaço tridimensional e transicional entre ecossistemas aquáticos e terrestres é denominado zona ripária. Neste sentido, este estudo busca analisar a conectividade estrutural e funcional na paisagem ripária dos rios Pitangui, São Jorge e São João, no Segundo Planalto Paranaense. Por meio de geoprocessamento as imagens foram preparadas para a análise da paisagem nos programas Gidos 1.3 e Fragstats 2.0. A classificação dos elementos da paisagem considerou áreas nucleares, bordas, corredores, falsos-corredores e ilhas. O rio Pitangui, com 500,23 ha, distribuídos em 243 fragmentos de floresta ripária (FR), 71,09 ha, distribuídos em 195 fragmentos de vegetação hidrófila (VH) e 173,04 ha distribuídos em 132 fragmentos de vegetação mesófila (VM). O rio São Jorge com 101,31 ha, distribuídos em 117 fragmentos de FR, 51,14 ha distribuídos em 150 fragmentos de VH e 81,24 ha distribuídos em 82 fragmentos de VM. E o rio São João com 180,47 ha, distribuídos em 71 fragmentos, 36,24 ha com 143 fragmentos de VH e 28,6 ha distribuídos em 30 fragmentos de VM. Nos três rios há um grande número de pequenos fragmentos e poucas áreas relativamente extensas, com tendência para formatos alongados e irregulares. Quanto a análise de funcionalidade, rio São Jorge é o mais desprovido de áreas nucleares florestais; para a VH e VM, os três rios possuem pouquíssima área nuclear cartográfica. As metacomunidades nas zonas ripárias nos três rios se desenvolvem em áreas fragmentadas de maneira natural. Assim, as faixas de vegetação remanescente às margens dos rios compõem corredores biológicos para as metacomunidades ripárias.

Palavras-chave: Ecologia de Paisagem, Rio Pitangui, métricas de paisagem.

ABSTRACT

Landscape Ecology aims to the global understanding of the landscape and land use planning, also integrating social sciences, geophysical and biological one. Along water courses the marginal portions influenced by periodic flooding represent highly dynamic environments and landscape studies consider their classes as landscape elements. This three-dimensional and transitional space between aquatic and terrestrial ecosystems is the riparian zone. Thus, this study intends to analyze the structural and functional connectivity in the riparian landscape of Pitangui, S. Jorge, and S. João rivers in the Second Paraná Plateau. By means of geoprocessing the images for landscape analysis were performed in Guidos 1.3 and 2.0 Fragstats softwares. The classification of landscape elements considered core areas, edges, corridors, branches and islands. Pitangui River has 500.23 ha distributed in 243 riparian forest patches (FR), where 71.09 ha were 195 patches of hydrophilic vegetation (VH), and 173.04 ha were 132 patches of mesophilic vegetation (VM). São Jorge River has 101.31 ha in 117 FR patches, 51.14 ha were 150 VH patches, and 81.24 were related to 82 VM patches. São João River has 180.47 ha distributed in 71 FR patches, 36.24 ha in 143 VH patches, and 28.6 in 30 VM patches. In the three rivers there are a large number of small patches and few relatively large areas tending to elongate irregular shapes. Relating to the functional analysis, the São Jorge FR is the most deprived of nuclear areas. All the three rivers VH have very little cartographic nuclear area although the VM Pitangui was the largest cartographic nuclear area. All the riparian metacommunities of the three rivers evolved were naturally fragmented. So, vegetation bands along the rivers act as ecological corridors to the riparian metacommunities.

Keywords: Landscape Ecology, Pitangui river, landscape metrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da Bacia do Rio Pitangui.....	24
Figura 2	Formações geológicas da bacia hidrográfica do Rio Pitangui no SPP.....	26
Figura 3	Relevo típico do reverso da Escarpa Devoniana no Segundo Planalto Paranaense.....	27
Figura 4	Hipsometria da bacia do rio Pitangui no SPP.....	28
Figura 5	Declividade da bacia do rio Pitangui no SPP.....	29
Figura 6	Mapa hidrográfico de parte da bacia do rio Pitangui (SPP) com seus principais afluentes, rios São João e São Jorge.....	30
Figura 7	Classificação do Solo.....	32
Figura 8	Padrão de distribuição dos tipos de vegetação nas zonas ripárias.....	34
Figura 9	Diagrama – etapas geoprocessamento.....	37
Figura 10	Terço médio do rio Pitangui, em Carambeí, PR.....	42
Figura 11	Composição da zona ripária do rio Pitangui no SPP.....	43
Figura 12	Terço médio do rio São Jorge – cascata Santa Bárbara, Ponta Grossa, PR.....	44
Figura 13	Composição da zona ripária do rio São Jorge no SPP.....	45
Figura 14	Terço inferior do rio São Jorge, próximo a sua foz no rio Pitangui, Ponta Grossa, PR.....	46
Figura 15	Terço inferior do rio São João, próximo a sua foz no rio Pitangui, Carambeí, PR.....	47
Figura 16	Composição da zona ripária do rio São João no SPP.....	47
Figura 17	Variação conjunta da distribuição das classes de vegetação nos rios Pitangui (Pit), São Jorge (SJR) e São João (SJ) ao redor da mediana.....	48
Figura 18	Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio Pitangui.....	57
Figura 19	Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio Pitangui.....	59
Figura 20	Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VH) do Rio Pitangui.....	61

Figura 21	Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio São Jorge.....	63
Figura 22	Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio São Jorge.....	64
Figura 23	Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VM) do Rio São Jorge.....	65
Figura 24	Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio São João.....	66
Figura 25	Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio São João.....	67
Figura 26	Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VM) do Rio São João.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição da paisagem nas zonas ripárias dos rios Pitangui, São Jorge e São João.....	41
Tabela 2	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no SPP.....	49
Tabela 3	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio São Jorge no SPP.....	50
Tabela 4	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio São João no SPP.....	50
Tabela 5	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no SPP.....	51
Tabela 6	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio São Jorge no SPP.....	52
Tabela 7	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio São João no SPP.....	52
Tabela 8	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio Pitangui no SPP.....	53
Tabela 9	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio São Jorge no SPP.....	54
Tabela 10	Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio São João no SPP.....	54
Tabela 11	Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio Pitangui no SPP.....	56
Tabela 12	Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio São Jorge no SPP.....	62
Tabela 13	Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio São João no SPP.....	66
Tabela 14	Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos de floresta ripária (FR) dos rios Pitangui, São Jorge e São João.....	70
Tabela 15	Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos vegetação hidrófila (VH) dos rios Pitangui, São Jorge e São João.....	72
Tabela 16	Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos vegetação mesófila (VM) dos rios Pitangui, São Jorge e São João.....	74

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Origens da Ecologia da Paisagem.....	14
2.2	Escalas de paisagem.....	16
2.3	Elementos de paisagem segundo distintas abordagens.....	18
2.4	As comunidades vegetais e ecologia das paisagens ripárias.....	20
2.4.1	Zonas ripárias.....	20
2.4.2	Metacomunidades.....	21
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1	Área de Estudo.....	23
3.2	Compartimentação física da bacia do Pitangui no SPP.....	24
3.2.1	Geologia.....	25
3.2.2	Relevo.....	27
3.2.3	Hidrografia.....	30
3.2.4	Clima.....	31
3.2.5	Solos.....	31
3.2.6	Vegetação.....	33
3.3	Material e Métodos.....	34
3.3.1	Geoprocessamento na Ecologia de Paisagem.....	34
3.3.2	Análise estrutural.....	38
3.3.3	Análise funcional.....	39
3.3.4	Análise estatística.....	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Análise Estrutural.....	41
4.2	Análise Funcional.....	55

4.3	Conectividade.....	69
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
	REFERÊNCIAS.....	78

1. INTRODUÇÃO

A Paisagem, entendida como síntese de fenômenos de ordem fisiográfica, biológica e humana, expressos em uma porção da superfície terrestre, apresenta-se como unidade comum entre distintas ciências. Sendo a Paisagem produto da ação integrada de diversos fatores, que se inter-relacionam de modo sistemático, a sua compreensão depende da análise integrada destes fatores.

A Ecologia de Paisagens tem como objetivo de compreensão global da paisagem e o ordenamento territorial, sendo integradora de ciências sociais, geofísicas e biológicas. Para Metzger (2012), na abordagem geográfica fica evidenciada a preocupação com o estudo das inter-relações do homem com o seu espaço de vida e com as aplicações práticas na solução de problemas ambientais. Ainda de acordo com esse autor, o ponto central da análise em Ecologia de Paisagens é o reconhecimento da existência de uma dependência espacial entre as unidades, ou seja, seu funcionamento interativo. Por sua vez, uma abordagem ecológica dá maior ênfase às paisagens naturais, à aplicação de conceitos de ecologia para a conservação da diversidade biológica e ao manejo de recursos naturais. Mas como uma ciência relativamente jovem, a Ecologia de Paisagem, possui vários problemas metodológicos, como a falta de locais replicados que compartilhem padrões de distribuição espacial, que forneçam uma base estatística das propriedades e comportamento dos padrões identificados. (TURNER, 2005).

A unidade de observação e análise da paisagem ripária mais adequada é a bacia hidrográfica (AB'SABER, 1987), por compreender “sistemas terrestres e aquáticos geograficamente definidos, compostos por sistemas físicos, econômicos e sociais, onde conjugam questões ambientais”. (PAULA et al., 1997). Uma bacia hidrográfica não é tão somente uma massa hídrica ou uma faixa de vegetação, é também um conjunto de ecossistemas que precisam ser entendidos para serem bem gerenciados. (ODUM, 1992).

Nos cursos d'água as porções marginais influenciadas pelas inundações periódicas representam ambientes altamente dinâmicos e nos estudos de paisagem são considerados como elementos de paisagem. Esse espaço tridimensional (dimensão lateral, longitudinal e altura), considerado

como a transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres, é denominado zona ripária. (PEREIRA, 2012).

Este trabalho constitui a continuidade do estabelecimento de padrões de paisagem ripária em áreas de ecótono floresta/campo, iniciado nos rios Pitangui e Jotuba no Primeiro Planalto Paranaense por Pereira e Moro (2012)¹. Dada a importância de se estabelecer padrões de paisagens ripárias para a região dos Campos Gerais, considera-se necessário também uma avaliação interna dos dados da integridade estrutural e funcional, em termos de conectividade, e dos padrões das áreas ripárias de uma porção da paisagem planáltica centro-leste paranaense do rio Pitangui e seus mais importantes afluentes, o rio São Jorge e o rio São João, no Segundo Planalto Paranaense.

Para isso, são objetivos desta dissertação analisar os padrões estruturais e funcionais da zona ripária da Bacia Hidrográfica do Rio Pitangui, no Segundo Planalto Paranaense, por meio de:

- a) Identificar no Segundo Planalto as zonas ripárias dos rios Pitangui, São Jorge e São João, com relação à ocorrência da vegetação nas unidades de paisagem de áreas inundáveis e de áreas de encosta.
- b) Classificar os elementos funcionais da zona ripária.
- c) Analisar a conectividade estrutural das áreas de floresta ripária (FR) e demais elementos de vegetação campestre hidrófila (VH) e mesófila/xérica (VM).

¹ Este estudo faz parte do projeto *Biodiversidade dos campos sulinos e ecossistemas florestais associados: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável*, do edital Sisbiota 2010, financiado pelo CNPq e que, dentre outros objetivos, pretende investigar padrões taxonômicos, funcionais e filogenéticos de organização de espécies da flora e da fauna em comunidades biológicas características dos campos e ecótonos campo-floresta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, inicialmente são apresentados o embasamento teórico e conceitual da Ecologia de Paisagem e a importância de conhecer e compreender as escalas de paisagem. Após apresenta os elementos que compõem uma paisagem e as comunidades vegetais das paisagens ripárias.

2.1 ORIGENS DA ECOLOGIA DA PAISAGEM

A Ecologia da Paisagem é o ramo da ecologia que ressalta a influência mútua entre os processos ecológicos e os padrões espaciais em que estes se inserem. Procura reconhecer os agentes e as implicações resultantes da heterogeneidade espacial do ambiente, sempre considerando, numa determinada escala os recortes temporal e espacial. (METZGER et al., 2007).

O conceito de paisagem foi tratado formalmente no campo da geografia a partir do século XIX, com o objetivo de compreender as interações sociais e naturais existentes em um determinado espaço. (EMÍDIO, 2006).

Ao discorrer sobre a trajetória de definição de paisagem, dos diferentes tratamentos da geografia, Shier (2003) lembra que o conceito estático de *landschaft*, relacionado ao positivismo, foi introduzido pela escola alemã de geografia como uma categoria científica com foco no conjunto de fatores naturais e humanos agrupados em unidades espaciais. Na Alemanha e no Leste Europeu, surgiu uma ideia mais holística de *landschaft* – *landschaftskomplex*, que definiu as unidades de paisagem pelo conjunto de seus processos ecológicos. Essa ideia se encontra expressa no termo *Landschaftsökologie* – “ecologia da paisagem”, proposto em 1939, pelo biogeógrafo Carl Troll, para definir a análise das inter-relações do homem com o seu ambiente. Caracterizou-se pelo planejamento da ocupação territorial, através do conhecimento dos limites e das potencialidades do uso econômico das diferentes porções territoriais. (METZGER, 2001). De acordo com Naveh e Lieberman (1990), a preocupação era com o estudo das inter-relações do homem com seu espaço de vida e com as aplicações práticas na solução de problemas ambientais. Essa vertente geográfica foi circunscrita mais tarde pelos norte-americanos como Ecologia Humana. (EMÍDIO, 2006).

Posteriormente, com uma forma de abordagem mais dinâmica, a escola francesa de geografia definiu *paysage* como o relacionamento do homem com o seu espaço físico (EMÍDIO, 2006), onde o caráter processual é mais importante.

Nos anos de 1960, sob uma abordagem neopositivista, a escola norte-americana substituiu o termo *landscape*, até então utilizado sob a influência da geografia alemã, pela ideia de região. *Landscape* passou a ser compreendida como síntese das relações complexas entre a realidade física e a ação humana, porém concebida pela abordagem marxista, de visão materialista e pouco interessada nos aspectos geográficos, como produto territorial da ação entre capital e trabalho. (EMÍDIO, 2006).

Na década de 1980, a Ecologia da Paisagem ressurgiu com uma nova abordagem voltada para os estudos bioecológicos, destacando as paisagens naturais e o manejo e a conservação de seus recursos. Desde então, a paisagem vem sendo definida como uma área espacialmente heterogênea, considerando a padronização dos arranjos espaciais dos componentes de uma área geográfica específica e a estrutura dessa área, incluindo sua composição biológica, seu ambiente físico e seus padrões de cunho antropogênico ou social.

Metzger (2001) resume a condição da Ecologia da Paisagem, a uma área de conhecimento marcada pela existência de duas abordagens distintas: uma geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território, e outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial nos processos ecológicos e a importância dessas relações em termos de conservação biológica. Em virtude da atual preocupação de agregar essas duas vertentes, unificando seus conceitos básicos, Metzger propõe uma definição integradora de paisagem, ou seja, um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. A Ecologia da Paisagem ainda busca, portanto, consolidar seus conceitos e teorias para superar o impasse criado pelas diferentes ideias de paisagem de cada vertente. (METZGER, 2001).

2.2 ESCALAS DA PAISAGEM

Para Metzger (2001), o ponto central da análise em Ecologia de Paisagem é o reconhecimento da existência de uma dependência espacial entre as unidades de paisagem, ou seja, o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas.

Para se determinar as dimensões de uma paisagem é preciso estabelecer escalas de observação compatíveis com as peculiaridades dos processos ecológicos. A escala espacial é a extensão no espaço e a resolução de informações na representação do espaço considerado; também é possível estabelecer uma escala temporal, que define o período e a frequência da duração do evento, e uma escala de percepção das espécies, que se refere à locomoção e espacialização do organismo na interação com o ambiente. (METZGER, 2001).

Sendo a Ecologia de Paisagem um ramo do conhecimento que trabalha diretamente com informações espaciais, o nível e modo de estrutura, função e variação da paisagem são dependentes das suas dimensões, visto em diferentes escalas espaciais. (TURNER, 1989). Uma escala adequada é um ponto extremamente crítico na análise da paisagem, pois a medição de padrões de arranjos espaciais da heterogeneidade pode ser percebida em diferentes escalas. (TURNER, 1989; WU; QI, 2000).

A necessidade de se estabelecer a dimensão da área a ser investigada levou à definição de sistemas de classificação em unidades, que adicionam atribuições escalares ao conceito de paisagem. (SOARES, 2001). Bertrand (1971), ao propor escalas espaço-temporais, estabelece seis níveis de dimensão escalar, que podem ser divididos pelos elementos estruturais e climáticos, conhecidos como unidades superiores e pelos elementos biogeográficos e antrópicos, chamados de unidades inferiores.

Utiliza-se da escala cartográfica enquanto uma projeção, porém como uma espécie percebe e responde a estrutura de uma dada paisagem, dentro de uma hierarquia de escalas espaciais, extrapola a noção de escala geográfica. Surge então o conceito de escala de percepção, dependente do contexto da espécie em relação à paisagem. (BÉLISLE, 2005).

A transferência de informações entre escalas torna-se indispensável, sendo comum a denominação de “análise multi-escala” para trabalhos em Ecologia de Paisagem. Mas, como afirma Brunet (1980), toda mudança de escala modifica as percepções e as representações, e por vezes até a natureza dos fenômenos. É sobretudo a descontinuidade na ordem de grandeza dos fenômenos, na sua escala geográfica, que os leva a não ter mais a mesma significação, nem o mesmo sentido, nem a mesma estrutura.

A importância da escala só foi amplamente reconhecida na ecologia nos anos 80. Ficou claro que o estudo de cada fenômeno exigia uma abordagem com escala (temporal, espacial) e nível hierárquico (indivíduo, população, comunidade) adequado. Essa teoria de escala e hierarquia demonstrava que as conclusões obtidas numa dada escala não eram necessariamente aplicáveis em outras escalas. Assim, os processos em escala fina (respostas fisiológicas, demografia, genética, movimento de energia e matéria, etc.) poderiam ser considerados como os mecanismos que explicam a dinâmica na paisagem, enquanto os padrões de escala ampla (disposição dos solos, relevo, topografia do terreno, proximidade de rios, etc.) podem ser considerados como limitadores dos processos finos.

A escolha da escala adequada nem sempre é fácil, principalmente devido à carência de trabalhos que discutam as bases teóricas dessa escolha. “Se a forma de interpretação for o mapeamento, o desafio é determinar à escala que ditará o quanto a extrapolação poderá ser feita sem perder a representação da heterogeneidade dos sistemas componentes”. (SANTOS, 2004, p.45).

Ainda para Santos (2004, p.44-45):

“Numa escala espacial é necessário interpretar não só a extensão territorial onde o dado vigora como também as circunstâncias em que ele ocorre em cada ponto do espaço ocupado. Assim, um mapa é um excelente instrumento para se avaliar a distribuição, mas de forma geral, são os levantamentos de campo que permitem interpretar a variabilidade, intensidade e condições ecológicas dos fenômenos e elementos de uma área (...) Sobre a escala temporal, há ainda outra questão a ser considerada, ou seja, a diferença entre escala e tempo de ocorrência de um fenômeno e a escala de tempo de resposta de um organismo em relação a ele”.

Troll (1997) enfatizou que a paisagem reflete as transformações temporais, conservando testemunhos pretéritos. Assim, para se chegar à

dimensionalidade, deve-se detectar e delimitar as suas diferenças, para em seguida, chegar à compreensão de sua estrutura e classificação em diferentes escalas e territórios. Ainda para Troll (1997), o dimensionamento é variado, indo de unidades maiores até as menores, denominadas micro paisagens. Isso evidencia o escalonamento dimensional, ou seja, uma hierarquia das diferentes dimensões.

A Ecologia da Paisagem tem de se ocupar não só com conceitos que envolvem a heterogeneidade de unidades de estudo, mas também a heterogeneidade de abordagens. Wiens (2005) destaca essa questão colocando que a heterogeneidade é, ao mesmo tempo, vantagem e obstáculo ao desenvolvimento da ciência Ecologia de Paisagem ao enfatizar a importância da heterogeneidade espacial e da escala de observação no entendimento dos processos ecológicos, em particular naqueles que determinam o padrão de ocorrência e abundância dos organismos, esta área de conhecimento traz uma nova perspectiva aos estudos ecológicos.

2.3 ELEMENTOS DE PAISAGEM SEGUNDO DISTINTAS ABORDAGENS

De acordo com o modelo proposto por Forman e Godron (1986), os principais elementos de uma paisagem são a matriz, os fragmentos e os corredores.

A matriz, segundo o enfoque ecológico de Metzger (2001), é a unidade de paisagem que controla a dinâmica da Paisagem. Em geral trata-se de uma área heterogênea, entendida como o conjunto de unidades de não-habitat para uma determinada espécie sob foco. (METZGER, 2001). Para Turner, Gardner e O'Neill (2001), num enfoque geográfico, a matriz é a classe de uso predominante numa paisagem, caracterizada pela cobertura extensiva e alta conectividade. Contudo, nesta abordagem nem todas as paisagens apresentam uma matriz definível. Em relação ao formato, a matriz pode ser extensa ou limitada, contínua ou perfurada, agregada ou dispersa. (FORMAN, 1995).

Os fragmentos são as áreas de vegetação ou do ecossistema estudado, considerando-se uma escala, um organismo em questão, e as diferenças intrínsecas dessas porções de habitat. (McGARIGAL et al., 2002).

Coerentemente com a abordagem geográfica, Turner, Gardner e O'Neill (2001) colocam fragmentos como manchas geradas pela quebra de determinada classe de uso em parcelas menores e desconectadas.

A ocorrência de fragmentos está atrelada ao surgimento de bordas, ou seja, porção de um fragmento no entorno interno de seu perímetro, dentro da qual as condições ambientais podem diferir de seu interior. (TURNER; GARDNER; O'NEILL, 2001). Nessa faixa de transição da área externa para a área nuclear dos fragmentos, as taxas de luminosidade, de umidade e a temperatura sofrem alterações que podem se refletir na distribuição de espécies. Essas mudanças são denominadas efeito de borda. Para Murcia (1986) o efeito de borda é resultado da interação de dois ecossistemas adjacentes separados por uma transição abrupta. Bordas são áreas de habitat mais expostas às perturbações externas e sua largura para cada fragmento é variável. Envolvem diferentes aspectos e mecanismos biológicos, principalmente a iluminação, mas também a orientação da borda de fragmentos de floresta, a umidade, a densidade e composição de indivíduos. (RODRIGUES, 1998).

A definição de uma largura de borda, um conceito essencialmente espacial, determina a frequência dos corredores na paisagem. Os corredores, em certa escala, são faixas relativamente estreitas e ininterruptas do mesmo fragmento ligando áreas nucleares anteriormente unidas (FORMAN; GODRON, 1986). São áreas homogêneas que se distinguem das unidades vizinhas e que apresentam disposição espacial linear, podendo ser estreitos ou largos, retilíneos ou meandrantés. (FORMAN, 1995). Os corredores podem facilitar os fluxos biológicos entre as áreas dependendo da escala estudada e de como o organismo percebe o ambiente (METZGER, 1999), ou atuar como barreiras ou filtros, inibindo os movimentos biológicos. (FORMAN, 1995).

A implementação de corredores biológicos é uma das propostas para o restabelecimento dos fluxos e movimentos entre áreas isoladas. (FORMAN, 1995; BEIER; NOSS, 1998; AYRES et al., 2005). Em uma região fragmentada por processos antrópicos relativamente recentes, essas estruturas de conectividade são importantes para ampliar o grau de percolação das espécies através da paisagem. (METZGER; DÉCAMPS, 1997).

Falsos-corredores são ramificações de fragmentos com formato semelhante a corredores, que no entanto não interligam duas áreas distintas. Podem ser ramos (*branch*), ou seja, projeções de áreas não-nucleares conectadas a um único fragmento, ou laços (*loop*), que conectam o fragmento apenas a si mesmo. (VOGT et al., 2009).

Finalmente, outros elementos que podem ser identificados em uma paisagem são as ilhas - áreas de habitat geograficamente isoladas, dispersas na matriz e pequenas a ponto de não possuírem uma porção nuclear. (VOGT et al., 2009).

2.4 AS COMUNIDADES VEGETAIS E ECOLOGIA DAS PAISAGENS RIPÁRIAS

2.4.1 Zonas ripárias

Dentro da concepção multi-escalar, zonas ripárias podem ser definidas diversamente. Funcionalmente, a vegetação ripária, isto é, aquela estabelecida ao longo das margens dos corpos d'água, forma corredores onde comunidades vegetais interagem com os ecossistemas terrestres e com a superfície e a subsuperfície aquática através de uma forte relação funcional e estrutural (SHAEFER; BROWN, 1992), sendo naturalmente áreas de transição dinâmica, com alta variabilidade física, química e biológica. (KOBAYAMA, 2003; ARIZPE et al., 2008).

Em termos de processos ecológicos, a zona ripária pode ser definida como uma faixa ecotonal, em um espaço tridimensional que inclui vegetação, solo e corpo d'água num processo essencialmente hidrodinâmico. O ambiente ripário estende-se horizontalmente até o limite inundável, verticalmente até o topo da copa da vegetação e longitudinalmente até a foz do rio. É considerado um sistema aberto, interligado dinamicamente, longitudinal, lateral e verticalmente por processos hidrológicos e morfológicos, e pela sucessão da vegetação (GREGORY et al., 1991). As zonas ripárias são comumente reconhecidas como corredores para movimentos de animais, mas também desempenham um papel potencial na paisagem como corredor para dispersão de plantas. (GREGORY et al., 1991).

Os tipos de cobertura vegetal que ocupam as planícies de inundação, embora morfológicamente diferentes, desempenham funções importantes para a conservação e a manutenção dos recursos hídricos, principalmente no que se refere aos aspectos qualitativos do corpo d'água. (ARIZPE et al., 2008). A vegetação estabelecida nestas áreas promove a contenção dos sedimentos atenuando a erosão do solo e assoreamento do canal, colaborando com a integridade das margens. (GREGORY et al., 1991).

Numa escala cartográfica, para Arizpe et al. (2008), na delimitação das zonas ripárias devem ser considerados especificamente os ambientes lóticos e os limites da vegetação ripária higrófila, de porte arbóreo. Áreas de vegetação hidrófila, compostas por espécies herbáceas, por possuírem atributos espaciais e hidrológicos diferenciados, ainda que se desenvolvendo em terrenos com saturação hídrica, nem sempre são consideradas na definição de zona ripária. (INNIS et al., 2000; ARIZPE et al., 2008).

2.4.2 Metacomunidades

Para Amarasekare (2008) metacomunidades são manchas no habitat conectados pela dispersão de organismos com certas características as quais controlam a sua interação com outros organismos e recursos abióticos em um grupo de indivíduos, influenciando a dinâmica populacional e as perspectivas de coexistência das espécies.

Segundo Hilty et al. (2006), metacomunidade é o arranjo de fragmentos ou manchas de um tipo particular de comunidade variavelmente conectada por dispersores. Na prática, usam-se porções de habitat para definir cada tipo de comunidade. O conceito amplia o foco de espécies ou organismos para considerar grupos de espécies que formam as comunidades. As metacomunidades, de maneira semelhante às metapopulações, apresentam um equilíbrio dinâmico entre extinção e recolonização.

Ainda Hilty et al. (2006) explicam que há quatro fatores que determinam a ocorrência de metacomunidades e a distribuição disjunta de cada uma no espaço. O primeiro é a heterogeneidade física do ambiente, que, em uma escala ampla, torna as regiões mais ou menos favoráveis para a sobrevivência e reprodução das espécies. O segundo é a heterogeneidade biótica de um lugar específico, onde locais mais favoráveis dentro de um

habitat podem influenciar na distribuição das comunidades, em uma escala pontual. O terceiro fator envolve arquipélagos de ilhas que em função do tamanho e da distância de outras ilhas suportam diferentes comunidades. E o quarto fator diz respeito à fragmentação antrópica de áreas naturais, onde um grande número de metacomunidades resulta de ações humanas na conversão de áreas naturais e isolamento das mesmas.

A teoria da percolação profere que mudanças rápidas no tamanho, número e formato de áreas em uma paisagem interferem no movimento de algumas espécies. (METZGER; DÉCAMPS, 1997). O limiar de percolação refere-se à quantidade mínima de habitat necessária numa determinada paisagem para que uma espécie, possa cruzar a paisagem de uma ponta a outra. (METZGER, 2010). Próximo ao limiar ocorre uma mudança brusca na estrutura da paisagem, com redução no tamanho dos fragmentos, aumento no número e no isolamento com a perda repentina da conectividade, resultando em paisagens fragmentadas, com baixa capacidade de manter a diversidade biológica. (METZGER; DÉCAMPS, 1997).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo, primeiramente apresenta a caracterização da área de estudo, com a localização geográfica, compartimentação física da área como a geologia, o relevo, o clima, a hidrografia, o solo e vegetação. Posteriormente, demonstra o procedimento metodológico utilizado para atingir os objetivos, como o processamento de imagens, a análise da paisagem e a análise estatística.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Segundo Melo et al. (2010), a bacia hidrográfica do rio Pitangui, nos municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa, integra parte da bacia do rio Tibagi, umas das maiores e mais importantes do Estado do Paraná. É um rio antecedente que, com nascentes e curso meandrante no Primeiro Planalto Paranaense, após seu represamento no reservatório de Alagados, penetra no Segundo Planalto atravessando a Escarpa Devoniana num curso encaixado em fraturas geológicas, com cânions e cascatas (Figura 1).

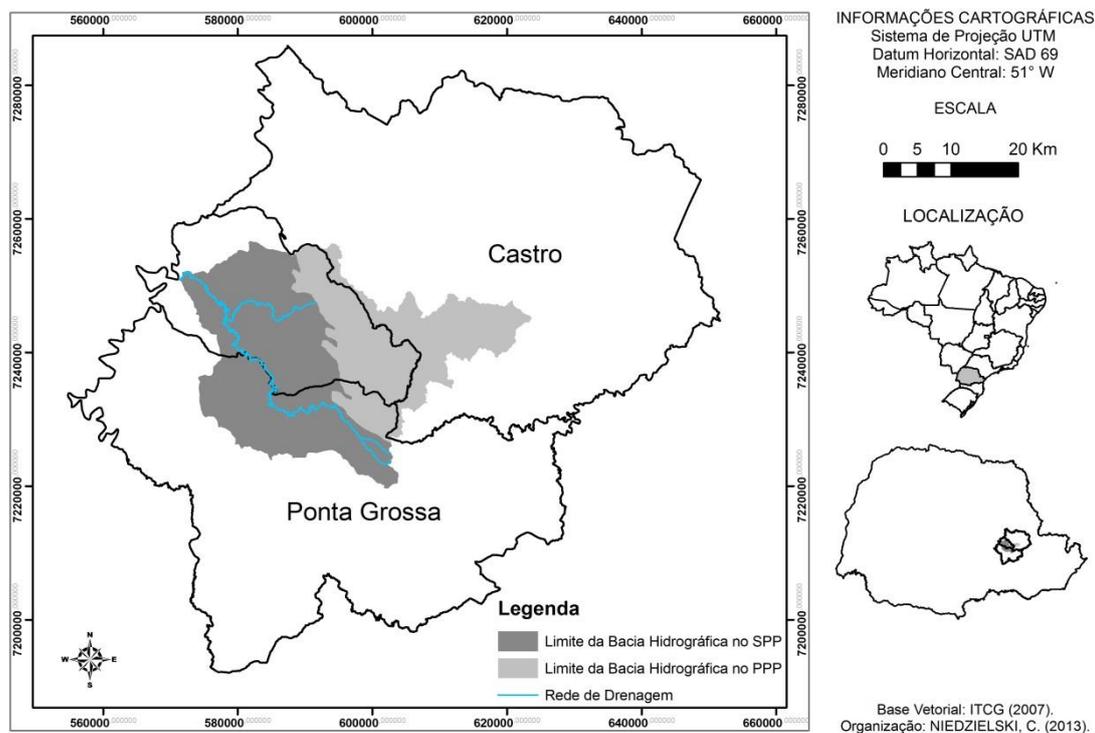
A bacia do rio Pitangui está situada entre as latitudes 25°07'38" e 25°49'06" S e as longitudes 49°46'40" e 50°17'38" W, abrange uma área de 927,3 km². (MELO et al., 2010).

A bacia do Pitangui se insere em uma região considerada de Alta e Extremamente Alta Importância para a Conservação, de acordo com Áreas Prioritárias para a Conservação do Probio (MMA/SBF, 2002), reconhecidas oficialmente pelo Governo Federal através do Decreto 5092/2004 e da Portaria MMA 09/2007, e de áreas campestres no Cone-Sul. (GRANDO et al., 2004). Parte da bacia no Segundo Planalto está abrangida pela unidade de conservação de uso extensivo APA (Área de Proteção Ambiental) Estadual da Escarpa Devoniana, que compreende uma parcela da região dos Campos Gerais e do Parque Nacional dos Campos Gerais.

A área de abrangência da bacia hidrográfica é caracterizada por intensa atividade agropecuária (ROCHA; WEIRICH NETO, 2010), bem como extensos reflorestamentos com espécies exóticas, inclusive em áreas de

preservação permanente, provocando a invasão biológica dos campos nativos remanescentes. (ZILLER; GALVÃO, 2002).

Figura 1: Localização da Bacia do Rio Pitangui.



3.2 COMPARTIMENTAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO PITANGUI NO SPP

O rio Pitangui é um curso d'água geologicamente antigo, que antecede a formação do relevo atual, de origem neotectônica mesozóica. Apresenta nascente e trechos meandantes e encaixados no Primeiro Planalto Paranaense (PPP), e após seu represamento no reservatório de Alagados penetra no Segundo Planalto Paranaense (SPP) através da Escarpa Devoniana (ED), num curso encaixado em fraturas geológicas. (MELO et al., 2010). Dessa maneira, a bacia do Rio Pitangui possui cerca de um terço de seu território situado no PPP, enquanto os dois terços restantes situam-se no relevo de transição na borda da Escarpa e no SPP.

3.2.1 Geologia

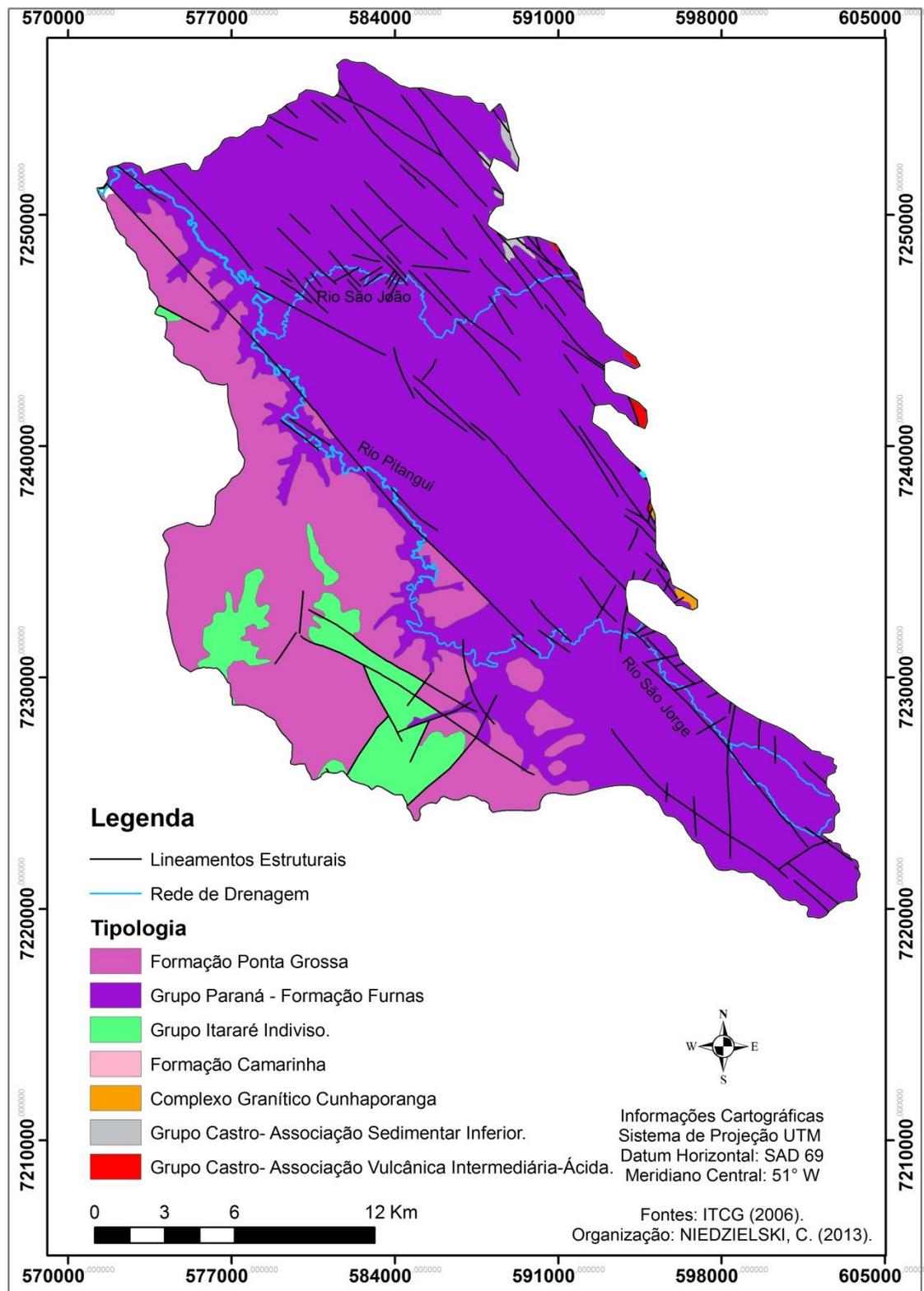
A bacia do rio Pitangui está impressa sobre os dois grandes domínios geológicos do Estado, ou seja, a Bacia do Paraná e o seu embasamento. (MELO et al., 2010). Considerando Melo et al. (2010), a porção média e o trecho a jusante drenam uma paisagem esculpida totalmente sobre rochas da Bacia do Paraná, onde o leito do Pitangui e praticamente toda a porção de sua margem direita têm como substrato a Formação Furnas, enquanto na margem esquerda aparecem as formações Furnas e Ponta Grossa e o Grupo Itararé (Figura 2).

Na Formação Furnas, predominam os arenitos de granulação média a grossa e de coloração esbranquiçada, com frequência portadores de estratificação cruzada. (MELO et al., 2010). Os afloramentos dos arenitos da Formação Furnas aparecem na faixa de transição entre o Primeiro e o Segundo Planalto. (UEPG/NUCLEAM, 2002). Conforme Melo e Giannini (2007), uma característica da Formação Furnas é a facilidade de desenvolvimento de erosão subterrânea, que gera feições como as furnas, lagoas, fendas, túneis, sumidouros, ressurgências e nascentes.

A Formação Ponta Grossa encontra-se sobreposta concordantemente a Formação Furnas, com a qual apresenta contato gradual, e é sobreposta por rochas do Grupo Itararé, meio de contatos erosivos. (MELO, GIANNINI, 2007). Nesta formação dominam os sedimentos de granulação fina, sobressaindo os folhelhos argilosos, síltico-argiloso e sílticos, podendo ocorrer sob forma de lentes, arenitos siltosos.

Na bacia do rio Pitangui, a presença da Formação Ponta Grossa, predomina, principalmente, ao longo da margem esquerda do rio. Nesta mesma margem ocorrem os afloramentos do Grupo Itararé, o qual corresponde a uma complexa associação de litotipos (tilitos, diamictitos, varvitos, arenitos e folhelhos) posicionadas sob condições flúvio-glaciais, glácio-marinhas e marinha em consequência do derretimento das geleiras. (MELO, GIANNINI, 2007).

Figura 2: Formações geológicas da bacia hidrográfica do Rio Pitangui no SPP.



3.2.2 Relevo

O Segundo Planalto Paranaense exibe uma paisagem suavemente ondulada, constituída por sedimentos paleozoicos do Devoniano, do Carbonífero e do Permiano. Nas proximidades da escarpa triássico-jurássica aparecem mesetas isoladas e cadeias de mesetas com restos de sedimentos triássicos, diques, *sills* e capas de rochas eruptivas básicas do vulcanismo gondwânico, como testemunhos da antiga extensão da capa de rochas mesozoicas e os extensos espigões de diques de diabásio, a configuração da superfície do Segundo Planalto é muito uniforme. (MAACK, 2012).

Segundo Melo et al. (2010), o relevo é predominantemente colinoso, com elevações amplas com topos entre 900 e 1.000 metros de altitude. O relevo de transição próximo à Escarpa Devoniana é contrastante (Figura 3): topos aplainados sustentados pelas camadas subhorizontalizadas de arenitos da Formação Furnas e vales muito encaixados em falhas e fraturas geológicas, formando cânions de extensões variáveis. (MELO et al., 2010) (Figuras 4 e 5).

Figura 3: Relevo típico do reverso da Escarpa Devoniana no Segundo Planalto Paranaense.



Fonte: Força Verde, s.d.

Figura 4: Hipsometria da bacia do rio Pitangui no SPP.

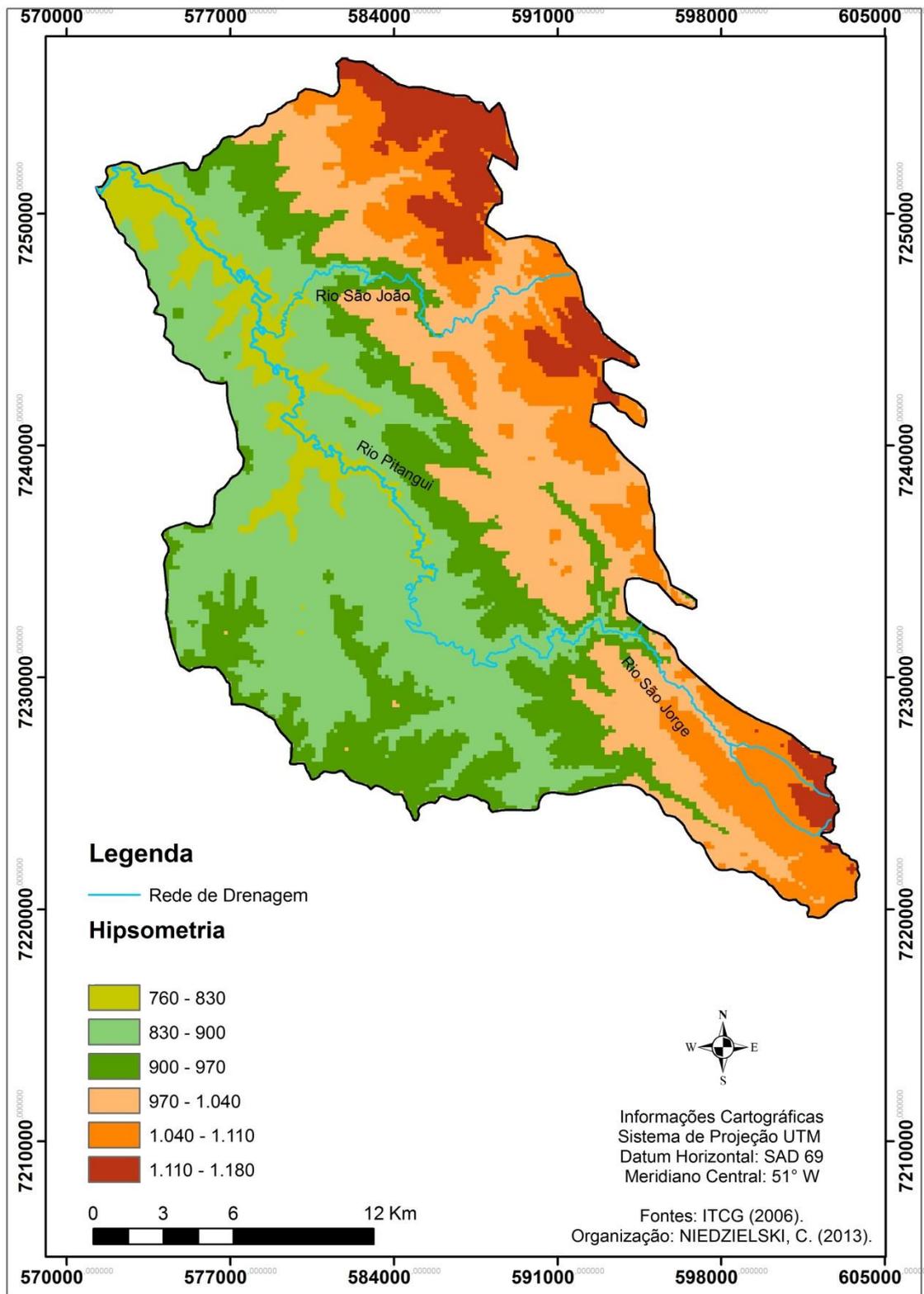
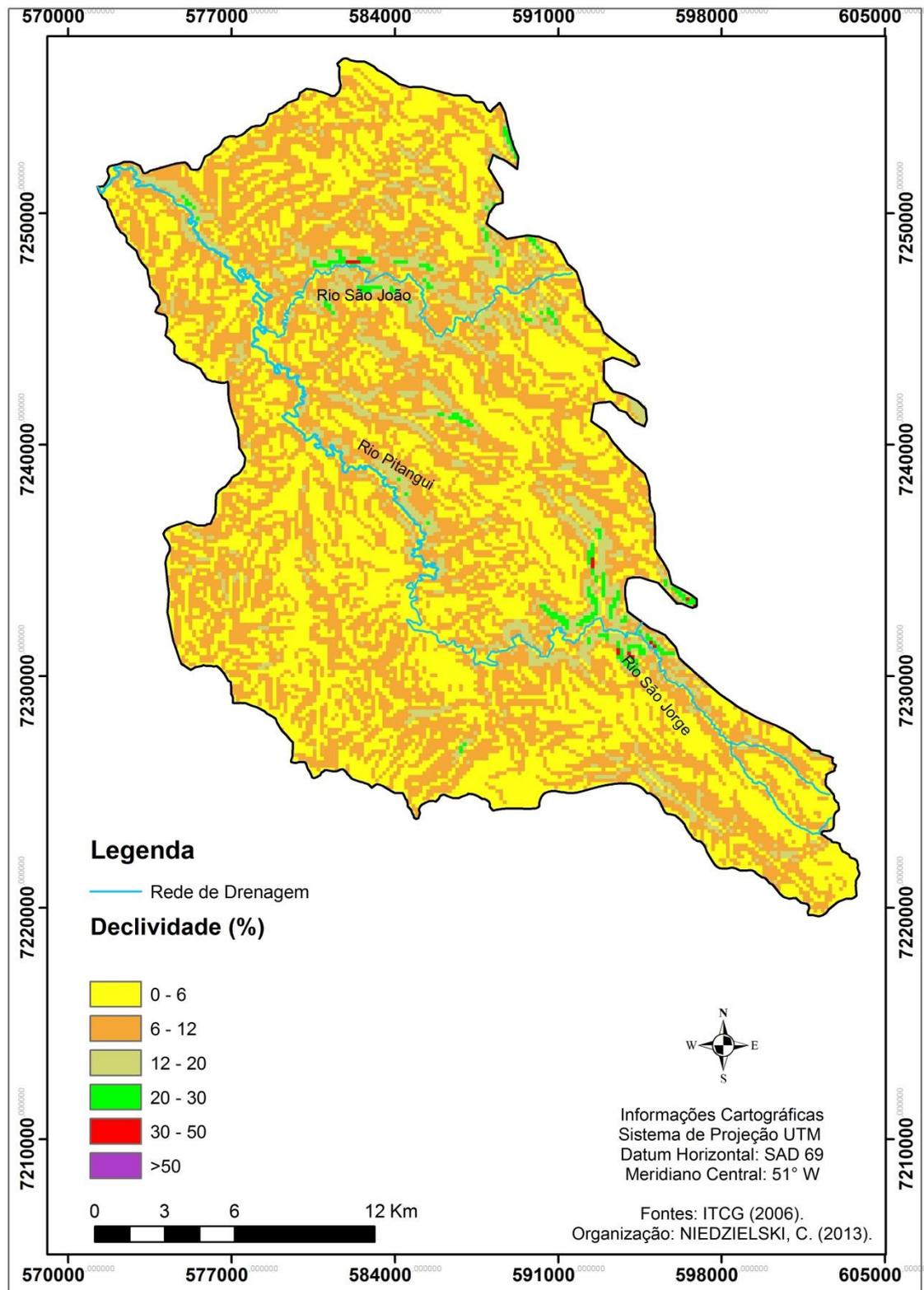


Figura 5: Declividade da bacia do rio Pitangui no SPP.

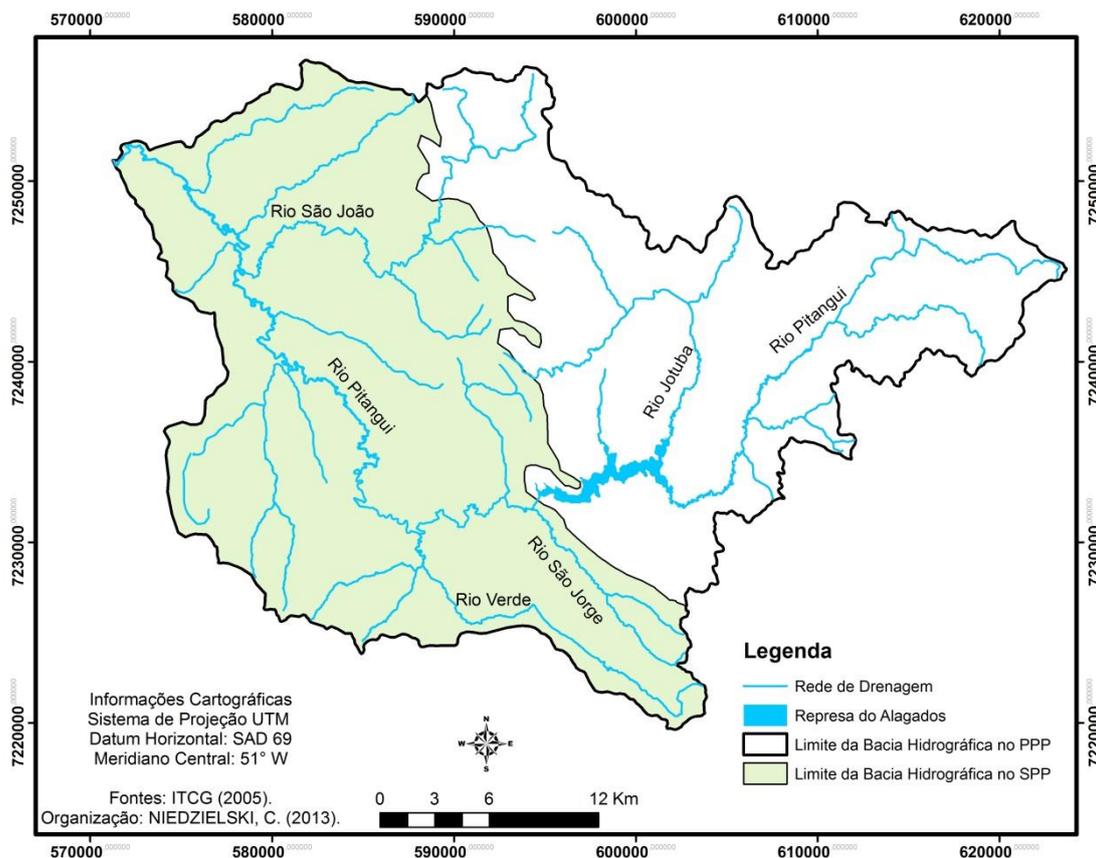


3.2.3 Hidrografia

A bacia do rio Pitanguí é bastante assimétrica, os afluentes apresentam padrão de drenagem dendrítico (forma ramificada) dominante. Esta assimetria é justificada pela complexidade morfológica da área. (MELO et al., 2010).

Ainda de acordo com Melo et al. (2010), na transição entre o Primeiro e o Segundo Planalto, os rios mostram forte controle pelas estruturas geológicas relacionadas com o Arco de Ponta Grossa, e apresentam-se alinhados na direção noroeste-sudeste. É o caso dos afluentes de montante dos rios Jotuba e São João, dos rios São Jorge e Verde e do próprio rio Pitanguí a jusante da confluência com o rio Verde (Figura 6).

Figura 6: Mapa hidrográfico da bacia do rio Pitanguí (SPP) com seus principais afluentes, rios São João e São Jorge.



3.2.4 Clima

O clima predominante na bacia do rio Pitangui é do tipo Cfb da classificação de Köppen (MAACK, 2012), isto é, zona temperada sempre úmida, cujas características principais são: temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, temperatura do mês mais quente inferior a 20°C e inexistência de estação seca definida.

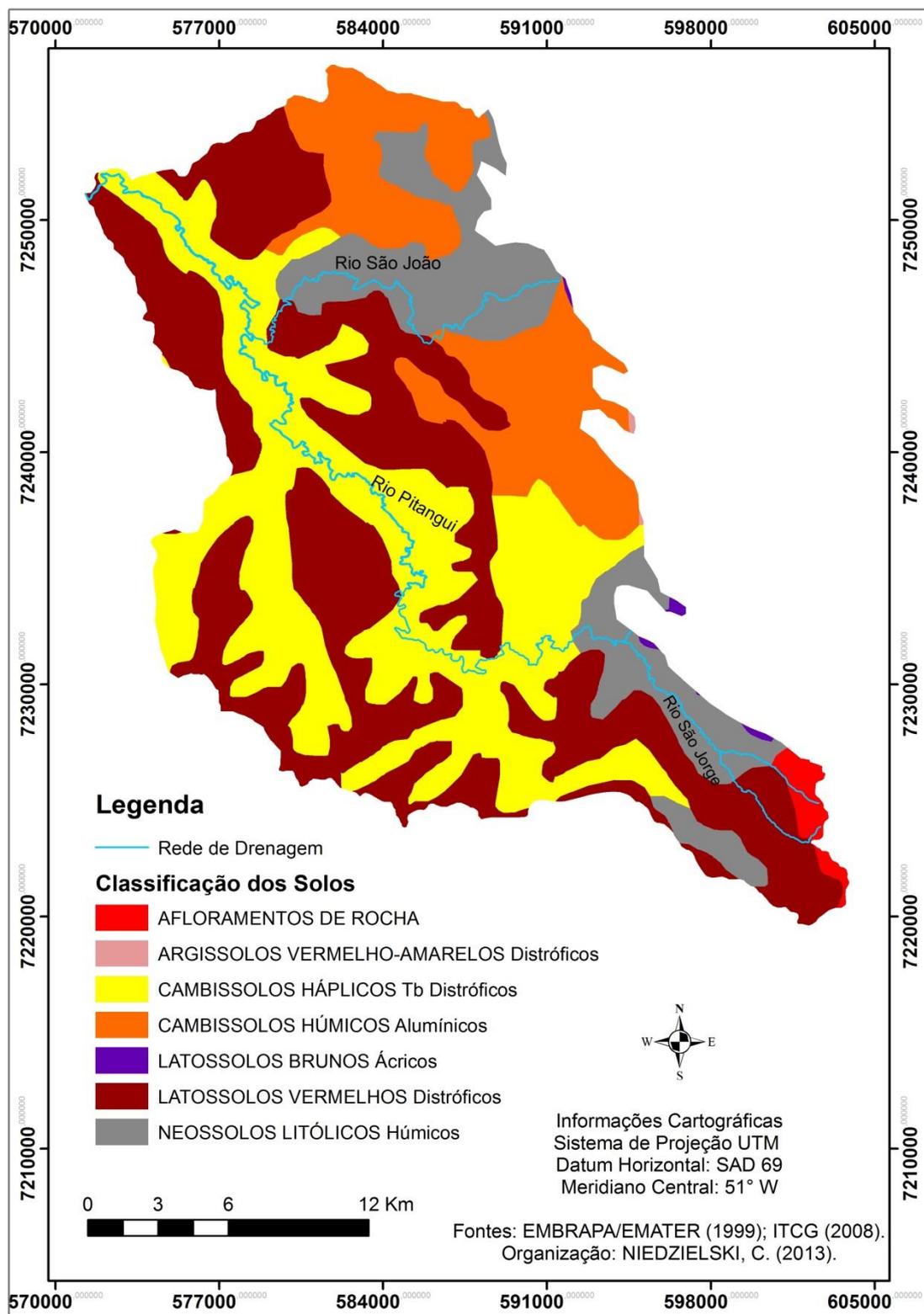
Com relação ao regime de chuvas, a precipitação média anual situa-se entre 1.400 e 1.800 mm, o período mais seco é de junho a agosto, com média de 500 a 600 mm. (CRUZ, 2007). A precipitação e outras características meteorológicas são fortemente influenciadas pela Escarpa Devoniana, que origina chuvas orográficas nessa região (MELO et al., 2010), as quais auxiliam na elevação dos níveis dos rios. Para Maack (2012), a Escarpa Devoniana recebe 100 a 300 mm mais de chuva do que o primeiro planalto.

3.2.5 Solos

A área correspondente ao relevo de transição que abrange a Escarpa Devoniana e seu reverso imediato ocorre Cambissolos háplicos e Neossolos litólicos, estes últimos controlados principalmente pelo afloramento de arenitos da Formação Furnas, que origina solos rasos, arenosos e suscetíveis aos processos erosivos. (EMBRAPA, 2002; SÁ, 2007) (Figura 7).

Na porção de relevo colinoso no Segundo Planalto predominam Latossolos vermelhos e vermelho-amarelos, distróficos a eutróficos, ou seja, solos espessos, bem desenvolvidos, com pouca diferenciação entre os horizontes, com origem vinculada ao relevo mais suavizado e aos tipos rochosos presentes na Formação Ponta Grossa e Grupo Itararé. (EMBRAPA, 2002; SÁ, 2007).

Figura 7: Classificação do Solo.



3.2.6 Vegetação

De acordo com a classificação da vegetação brasileira do IBGE (2012), a região da bacia hidrográfica do rio Pitangui, no SPP, é caracterizada por uma vegetação relacionada à zona fitoecológica Estepe Gramíneo-lenhosa (EGL), com a presença de formações campestres associadas às florestas ripárias e bosques (capões) isolados. A vegetação florestal, quando ocorre as margens dos canais fluviais, é classificada nesta zona fitoecológica como Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA). Sendo uma formação ribeirinha, ocupa os terrenos aluvionais sob influência do lençol freático ascensional, situados nos flúvios dos planaltos com predominância de espécies higrófilas (VELOSO et al., 1991). Ainda segundo Veloso et al. (1991), associada à FOMA ocorrem Formações Pioneiras com Influência Fluvial (FPIF), adaptadas aos terrenos frequentemente ou permanentemente inundados nas planícies dos rios. A vegetação aí estabelecida é composta por espécies hidrófilas, que se desenvolvem nos solos hidromórficos de terrenos rejuvenescidos pelos seguidos alagamentos e deposições pelos rios. No SPP, adicionalmente, há a ocorrência de vegetação campestre natural tanto sobre terrenos rasos higrófilos, os chamados campos úmidos ou estepe higrófila, quanto sobre escarpas mesófilas, tratando-se neste caso de campos secos ou estepe *sensu stricto* (DALAZOANA et al., 2007).

As espécies que compõem a zona ripária (Figura 8) são, portanto, aquelas características de áreas inundáveis (hidrófilas) ou que apresentam dispersão relacionada aos cursos d'água (higrófilas), e outras que não são adaptadas a períodos de inundações (mesófilas). Curcio (2006) menciona a clara distinção entre estas espécies ripárias mesófilas que ocupam ambientes de encostas, e se desenvolvem sobre solos não hidromórficos, podendo eventualmente conter a presença de fluxos hídricos subsuperficiais. Ainda segundo Curcio (2006), espécies higrófilas se desenvolvem à cobertura vegetal que apresenta desenvolvimento normal sobre solos semi-hidromórficos.

Figura 8: Padrão de distribuição dos tipos de vegetação nas zonas ripárias



Autora: R.S. Moro, 2011.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização da pesquisa foram utilizados os seguintes *softwares*: ArcGis 9.3; ENVI 4.7; ENVI EX, disponibilizados pelo Departamento de Geociências da UEPG, FRAGSTATS 3.3 (McGARIGAL et al., 2002) e GUIDOS 1.3 (VOGT, 2009), para análise de paisagem; e o pacote estatístico PAST. (HAMMER, 1999).

E os seguintes materiais:

- Base cartográfica da bacia do rio Pitangui no SPP, composta por ortoimagens do sensor SPOT 5 com resolução de 5 metros, do ano de 2005, cedidas pelo Programa Paraná Cidade, da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano (SEDU – PR) ao Laboratório de Geoprocessamento da UEPG.
- Dados disponibilizados pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná (ITCG, 2009), de arquivos vetorizados contendo os limites da área, da rede hidrográfica.

- Curvas de nível com equidistância de 20m também cedidas pelo Paraná Cidade no formato DWG.
- Todos os materiais apresentaram uma escala de 1:250.000.

3.3.1 Geoprocessamento na Ecologia de Paisagem

Segundo Vettorazzi (1996), o geoprocessamento envolve técnicas empregadas na coleta, armazenamento, análise e representação de dados com expressão espacial, possíveis de serem referenciados geograficamente.

As geotecnologias representadas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e pelo Sensoriamento Remoto (SR) são técnicas adequadas para estudos em Ecologia da Paisagem, justamente por terem a capacidade de caracterizar no espaço e no tempo, os padrões de uso e cobertura do solo, que dão a base para a quantificação dos padrões de estrutura e função da paisagem.

O objetivo principal do SIG é servir de instrumento utilizado por todas as áreas de conhecimento que utilizem imagens e mapas, por meio da integração de informações de diferentes origens referentes a uma região em uma única base de dados referenciada espacialmente, e que garante resultados eficazes ao ser aplicado em estudos relacionados à unidade paisagem.

Para Lang e Blaschke (2009), o SIG pode ser utilizado em diversos estudos ligados ao meio ambiente, por isso, podem ser consideradas algumas aplicações como na classificação dos tipos de cobertura vegetal, nos impactos antrópicos e/ou naturais, etc., pois o mesmo possibilita o armazenamento, a manipulação e a visualização de uma maior quantidade de dados especializados. Ainda segundo os mesmos autores, o uso de imagens de satélite em conjunto com o SIG, possibilita a definição de áreas ambientais homogêneas ou de unidades de paisagem com características similares, convertendo-se em uma forma adequada tanto à análise dos resultados, quanto ao planejamento das unidades de paisagem.

As etapas descritas no diagrama (Figura 9) estão comentadas de maneira sucinta.

Com base nisso, primeiramente, realizou-se a correção geométrica da ortoimagem SPOT 5 pela transformação geométrica com 20 pontos de

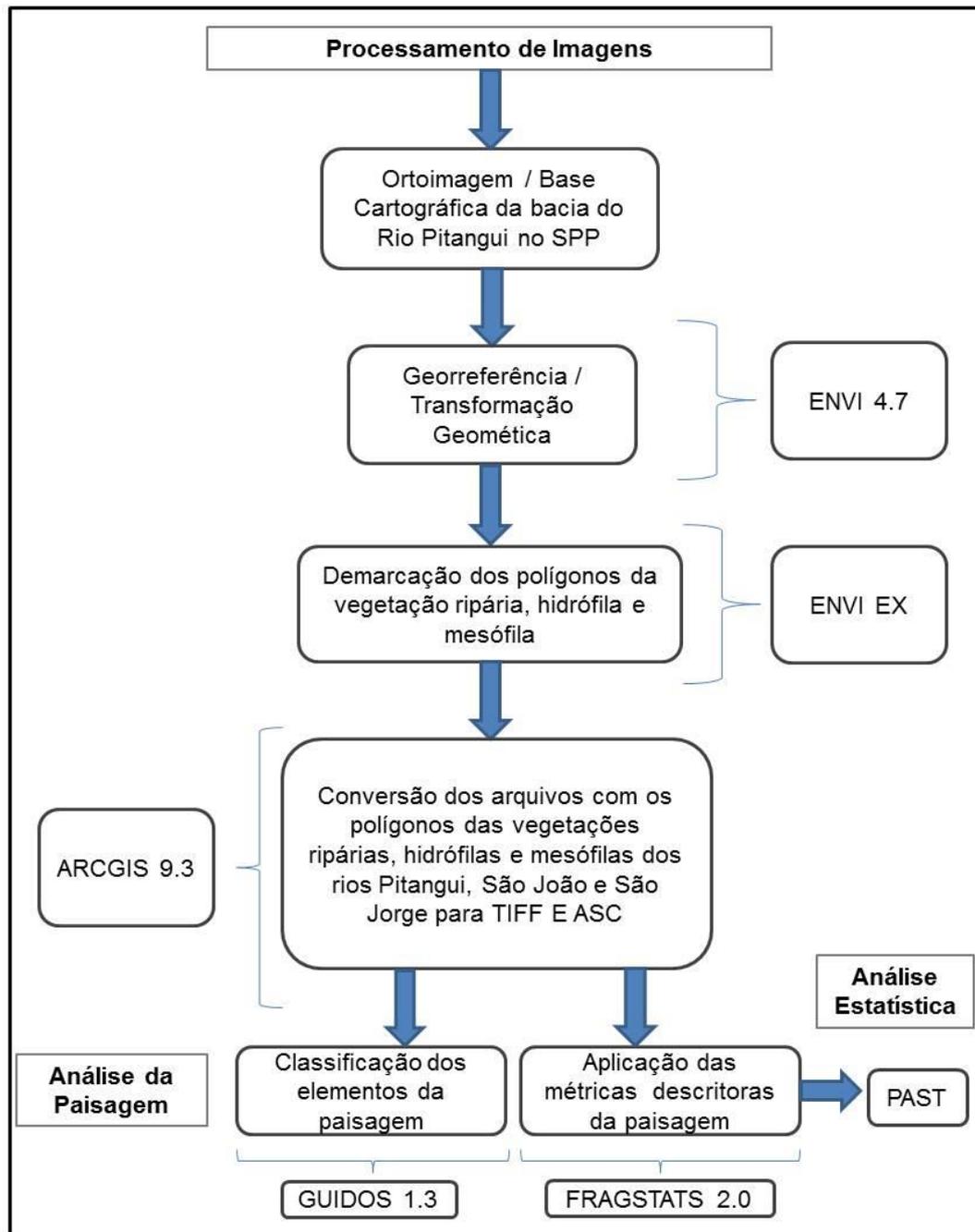
controle, com o apoio da carta topográfica, no *software* ENVI 4.7, onde foi realizado todo o processamento digital da imagem.

As curvas de nível foram utilizadas para o processamento do Modelo Digital do Terreno (MDT) usando o interpolador *Inverse Distance Weizhted* (IDW), no ArcGis 9.3. O MDT foi usado como base para a composição da declividade, também no *software* ArcGis 9.3.

Utilizando um buffer de 100 metros, a delimitação das zonas ripárias e o delineamento dos polígonos das áreas avaliadas nos rios Pitangui, São Jorge e São João foram elaborados no *software* ENVI EX, que utiliza propriedades básicas de valores de níveis digitais, bem como as propriedades espaciais como a forma, textura, compacidade e a suavidade de contorno dos grupos formados a cada iteração separando aqueles com propriedades similares e espacialmente próximas e isolando os objetos de interesse. (CENTENO, 2004).

Foram considerados apenas os leitos lóticos dos cursos do rio Pitangui no SPP e seus afluentes, São Jorge e São João, com base na faixa de 30 metros preconizada pelo Código Florestal Brasileiro. (BRASIL, 2012). Na definição da amplitude lateral das zonas ripárias, adotou-se como critério de inclusão o nível máximo das inundações periódicas em áreas ocupadas por vegetação nativa. (ARIZPE et al., 2008; ATTANASIO et al., 2006). Foram desconsideradas da análise as áreas ripárias antropizadas sem vegetação natural. De acordo com Pereira (2012), a chave de identificação das unidades de paisagem de floresta ripária (FR), da vegetação herbácea hidrófila (VH) e mesófila (VM) deve considerar o porte da vegetação (em termos de coloração e textura da imagem) e sua relação com a topografia (curvas de nível) e a geomorfologia.

Figura 9: Diagrama – etapas geoprocessamento.



Fonte: A autora.

3.3.2 Análise estrutural

Através do *software* Fragstats 3.3, obteve-se as métricas descritoras da paisagem.

Foram calculadas as seguintes métricas para os **polígonos**, conforme McGARIGAL et al. (2002):

- a) SHAPE - O índice de forma dos polígonos avalia a regularidade da distribuição espacial dos polígonos. Equivale ao valor do perímetro do polígono (m) dividido pelo perímetro mínimo para polígono de mesma área. O valor varia de 1,0, quando o polígono é altamente compactado (arredondado), até infinito, em polígonos de formato mais irregular ou alongado.
- b) FRACT - A dimensão fractal reflete a complexidade da forma dos polígonos em diferentes escalas espaciais. É igual a 2 vezes o logaritmo do perímetro do polígono (m) dividido pelo logaritmo da área deste polígono (m²). O valor varia de 1,0 para contornos muito simples, como um círculo ou quadrado, até 2,0 para polígonos de extrema complexidade, com ramificações e projeções.
- c) CORE - A área nuclear (ha) é a área central do polígono descartando a faixa de borda estipulada para cada estudo, que neste caso é de 30 metros.
- d) PROX - O índice de proximidade equivale à área do polígono dividida pela soma das distâncias borda a borda entre o polígono em questão e todos os vizinhos dentro do raio de busca, que para este estudo é de 100m. É um índice adimensional, portanto, sendo usado como comparativo. O valor é zero quando nenhum vizinho se encontra no raio de busca, e aumenta a medida que diminui o número de manchas vizinhas dentro do raio de busca, considerando a área da mancha.
- e) ENN - Este índice mede distância euclidiana do vizinho mais próximo em metros com base na distância mais curta borda a borda. O valor superior é limitado ao tamanho da paisagem estudada e se aproxima de zero à medida que a distância do vizinho diminui.

Foi estabelecido como objeto de análise as metacomunidades FOMA, representada pelas florestas ripárias (FR), EGL, através dos campos mésicos (VM), e as FPIF como campos úmidos (VH).

As métricas calculadas para as **classes** (McGARIGAL et al., 2002), de FR, VH e VM em cada zona ripária, foram:

- a) CAI – A área total da classe é igual à soma de todas as áreas dos polígonos desta classe em hectares.
- b) PLAND – Este índice revela a percentagem da paisagem ocupada pelos polígonos de uma mesma classe, ou seja, pela área total da classe.
- c) NP – O número de polígonos representa a quantidade de polígonos de uma mesma classe na paisagem.
- d) PD – A densidade de polígonos equivale ao número de polígonos de uma classe por 100 hectares da paisagem. Expressa o número de polígonos por unidade de área facilitando as comparações entre paisagens de tamanhos variados.
- e) CONNECT – O índice de conectividade é igual ao número de junções funcionais entre todos os polígonos da classe correspondente dividido pelo número total de junções possíveis entre estes polígonos, multiplicado por 100 para converter em uma percentagem. O valor se aproxima de zero quando a classe consiste em poucos polígonos contendo ligações entre si, e aumenta à medida que cada parte da classe é conectada. Pode ser definida como o número de junções entre os polígonos de uma classe. Essas junções podem ser estruturais ou funcionais, dependendo do critério definido pelo usuário da distância considerada funcional. Neste estudo foram considerados um raio de busca de 100 metros.
- f) LSI – O índice de forma da classe é igual ao comprimento total do perímetro a classe dividido pelo comprimento do perímetro mínimo possível para essa classe (agregada ao máximo). O valor varia de 1,0 para uma classe constituída por um único quadrado ou compactada ao máximo, ao infinito a medida que os polígonos desta classe se tornam mais desagregados.
- g) LPI – O índice de maior polígono é igual ao percentual da paisagem ocupada pelo maior polígono, neste caso, o quanto da zona ripária de cada rio é ocupado pelo maior fragmento de cada UP.

3.3.3 Análise funcional

Para a análise funcional, os polígonos ocupados pelas metacomunidades foram classificados em elementos da paisagem (matriz, área nuclear, borda, corredor, ilha, ramo, laço, perfuração) pelo método de análise dos padrões morfológicos espaciais (MSPA) no *software* GUIDOS 1.3 (VOGT,

2009). Este método de processamento de imagens binárias baseia-se em algoritmos matemáticos para categorizar os elementos funcionais de cada polígono da paisagem estudada, levando em conta os valores dos *pixels* da imagem.

3.3.4 Análise estatística

O *software* PAST (HAMMER, 1999) foi utilizado para os testes estatísticos nas métricas e índices de paisagens ripárias dos rios Pitangui, São João e São Jorge no SPP. Os dados biológicos respondem positiva ou negativamente a variações ambientais, em geral de forma linear, exponencial ou logarítmica, assim foi empregado dependendo da zona ripária o coeficiente de correlação linear e o coeficiente de correlação de Spearman que varia de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1 ou -1, mais forte é a correlação.

A Análise de Componentes Principais (PCA) é um procedimento multivariado utilizado na redução do conjunto de dados para apenas duas variáveis mais importantes, desde que esses componentes principais estejam correlacionados com variáveis subjacentes. (HAMMER, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos, procura avaliar a análise estrutural e funcional, baseados em métricas e tratamentos estatísticos, e a conectividade para as zonas ripárias dos rios Pitangui, São Jorge e São João no Segundo Planalto Paranaense.

4.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

Os estudos de fragmentação podem ser conduzidos sob a perspectiva de fragmentos (polígonos) e/ou de paisagens, uma vez que estas apresentam propriedades que diferem dos fragmentos individualmente. (BENNET; SAUNDERS, 2010).

Neste estudo as análises foram desenvolvidas em nível de paisagem, cujos atributos verificados foram gradientes de composição, número de fragmentos, diversidade de uso (FR, VH, VM) (Tabela 1), agregação e conectividade estrutural. Os atributos dos fragmentos - tipo de vegetação, tamanho, forma, área nuclear, disposição espacial - foram analisados em relação a sua média, mediana e desvio padrão.

Tabela 1: Distribuição da paisagem nas zonas ripárias dos rios Pitangui, São Jorge e São João.; FR = floresta ripária; VH = vegetação hidrófila; VM = vegetação mesófila; CA = área total da classe; NP = número de polígonos; PLAND = percentagem da paisagem ocupada pela classe; TM = tamanho médio dos polígonos; PD = Densidade dos Polígonos em cada 100 ha.

Classe	CA (ha)	NP	PLAND (%)	TM (ha)	PD
FR Pitangui	500,23	243	67,21	2,05	17,36
VH Pitangui	71,09	195	9,55	0,36	13,93
VM Pitangui	173,04	132	23,24	1,31	9,43
Total	744,36	570	100,0		
FR São Jorge	101,31	117	43,35	0,87	29,26
VH São Jorge	51,14	150	21,88	0,34	37,51
VM São Jorge	81,24	82	34,76	0,99	20,50
Total	233,69	349	100		
FR São João	115,60	71	64,05	1,62	15,16
VH São João	36,34	143	20,13	0,25	30,54
VM São João	28,63	30	15,86	0,95	6,40
Total	180,47	244	100		

Rio Pitangui

O curso principal do rio Pitangui, no SSP, se estende por 57,42 Km. A zona ripária do rio Pitangui, no SPP, inclui 570 fragmentos nas três classes de paisagem (FR, VH e VM), totalizando uma área com vegetação ripária (TA) de 744,36 ha (Tabela 1).

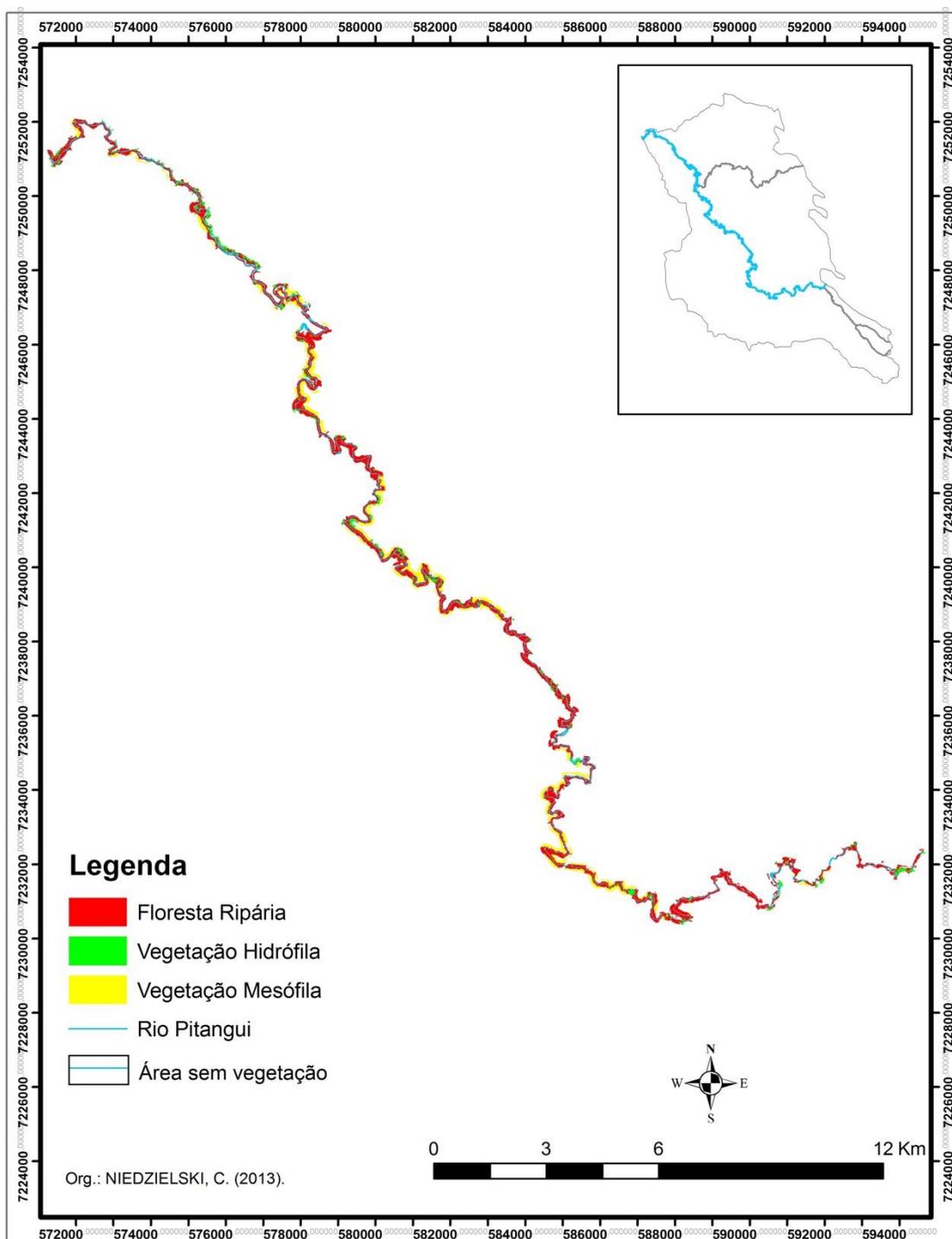
As florestas ripárias (FR) do Rio Pitangui somaram 500,23 ha distribuídos em 243 fragmentos (NP), que ocupam praticamente 67,2% da área total da zona ripária. As áreas de vegetação hidrófila (VH) somam 71,09 ha, distribuídos em 195 fragmentos (NP), ocupando 9,5% da área total da zona ripária. Para a vegetação mesófila (VM), somaram 173,04 ha, distribuídos em 132 fragmentos (NP), ocupando 23,2% da área total. Portanto, na zona ripária do rio Pitangui (Figuras 10 e 11) foram identificadas mínimas áreas hidrófilas (VH) devido ao forte controle estrutural do leito do rio, entalhado em dois sistemas de fraturas geológicas, a primeira de orientação nordeste-sudoeste, do embasamento da Bacia do Paraná, e a segunda de orientação noroeste-sudeste, controlado pelas estruturas geológicas relacionadas com o Arco de Ponta Grossa. (MELO et al., 2010). A bacia exibe um padrão de hidrografia dendrítico com controle estrutural e sub-bacias majoritariamente desordenadas, com áreas expressivas de floresta ripária (FR) e, secundariamente, campos secos (VM).

Figura 10: Terço médio do rio Pitangui, em Carambeí, PR.



Fonte: Força Verde, s.d

Figura 11: Composição da zona ripária do rio Pitangui no SPP.



Rio São Jorge

O curso principal do rio São Jorge se estende por 26,71 Km.

O rio São Jorge apresenta 349 fragmentos nas três classes de paisagem, totalizando um CA de 233,69 ha, ocupando um total da área da zona ripária de 58,43% (Tabela 1).

A FR está distribuída em 117 fragmentos, que possuem um CA de 101,31 ha, com área de 43,3%. A VH possui um CA de 51,14 ha, distribuídos em 150 fragmentos, num total de 21,9% da área. Para a VM, são 82 fragmentos que ocupam um CA de 81,24 ha, num total de 34,8% da área da zona ripária.

Na zona ripária do rio São Jorge (Figuras 12 e 13), o leito do rio está sobre lajes de arenito num relevo colinoso o que proporciona o surgimento de numerosas áreas hidromórficas (VH) e de campos secos (VM), especialmente em seu terço superior. A presença de florestas ripárias (FR) se torna mais expressiva apenas a partir dos terços médio e inferior, já encaixadas em cânions (Figura 14).

Figura 12: Terço médio do rio São Jorge – cascata Santa Bárbara, Ponta Grossa, PR.

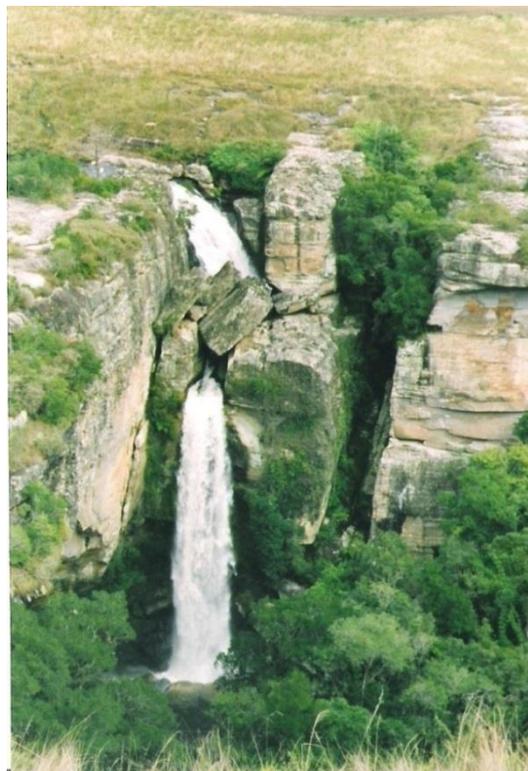


Figura 13: Composição da zona ripária do rio São Jorge no SPP.

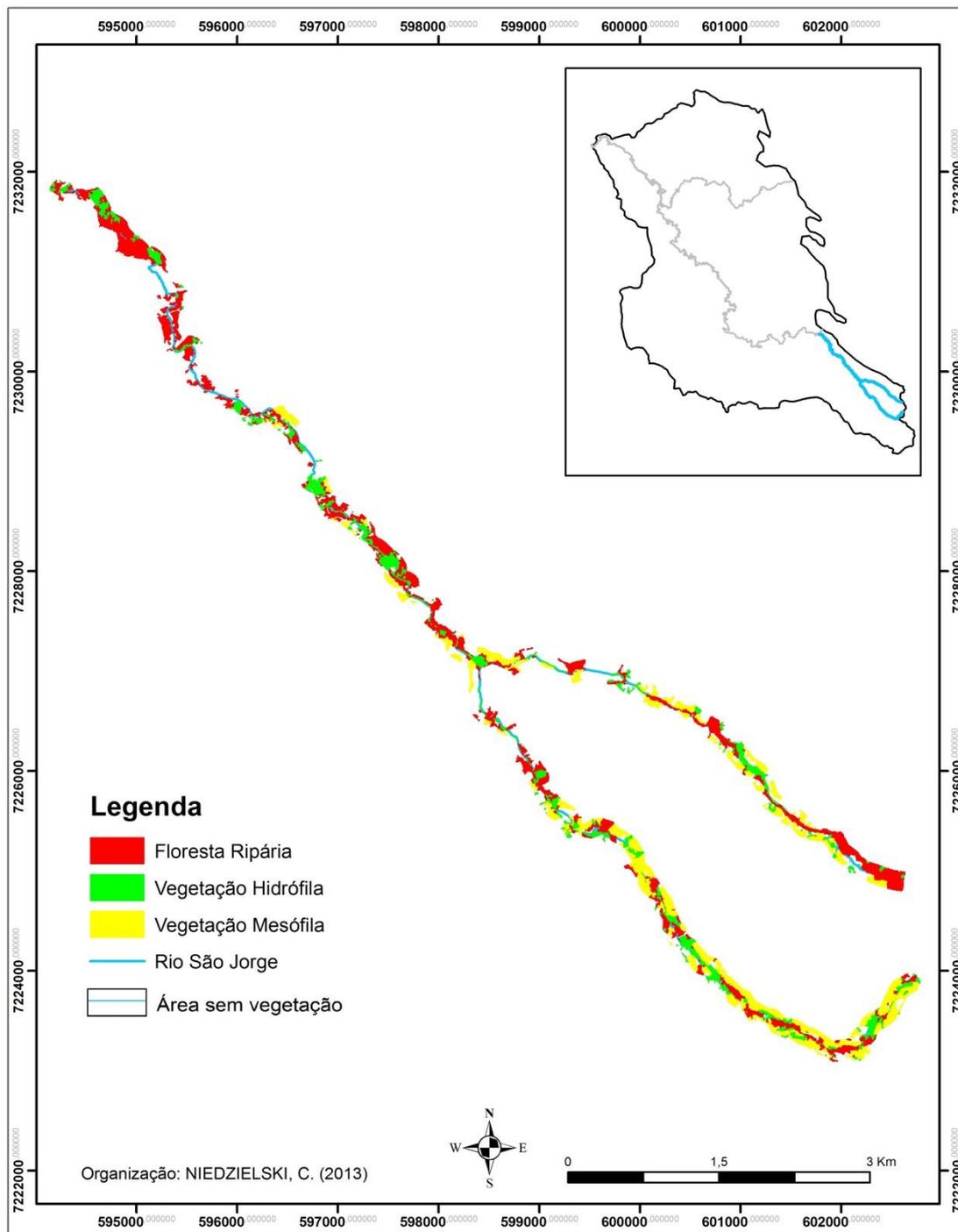


Figura 14: Terço inferior do rio São Jorge, próximo a sua foz no rio Pitangui, Ponta Grossa, PR.



Fonte: R.S. Moro, 2011.

Rio São João

O curso principal do rio São João se estende por 30 Km. Em sua zona ripária totaliza 244 fragmentos nas três classes de paisagem, somando um CA de 180,47 ha, ocupando 38,56% da TA (Tabela 1).

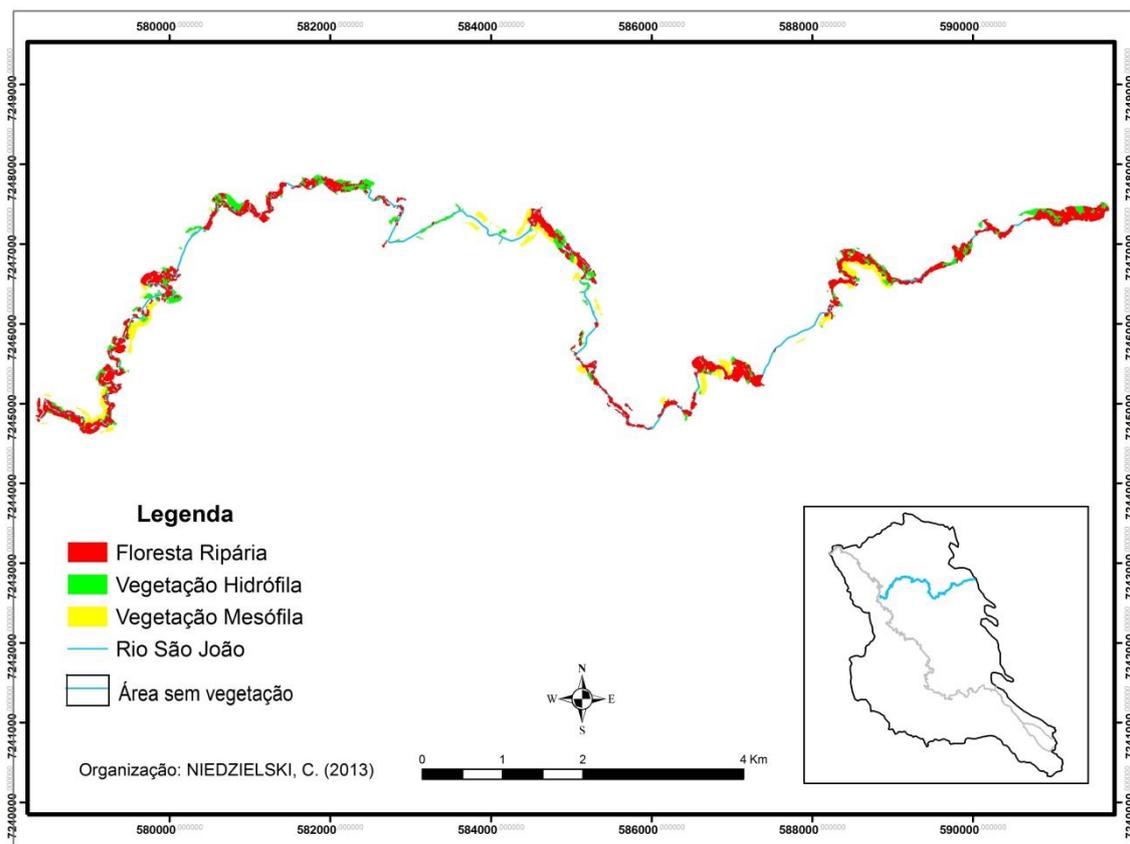
As FR somaram um CA de 115,60 ha, distribuídos em 71 fragmentos, ocupando 64,1% da área total da zona ripária. A VH possui um CA de 36,24 ha, distribuídos em 143 fragmentos, ocupando 20,1% da zona ripária. A VM tem um CA de 28,6 ha, distribuídos em 30 fragmentos, ocupando uma área da zona ripária de 15,9% (Figuras 15 e 16).

Figura 15: Terço inferior do rio São João, próximo a sua foz no rio Pitanguí, Carambeí, PR.



Autora: R.S. Moro, 2011.

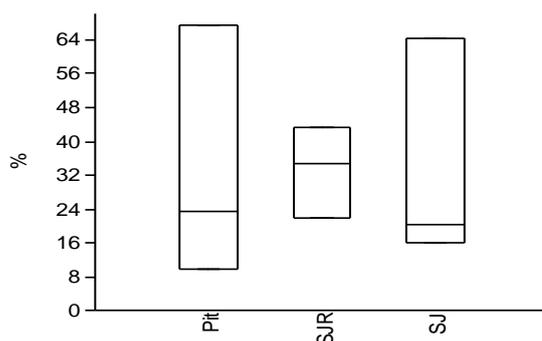
Figura 16: Composição da zona ripária do rio São João no SPP.



De acordo com as métricas de distribuição das unidades de paisagem nas zonas ripárias (Tabela 1), o rio Pitangui apresenta mais que o dobro de floresta ripária dos rios São Jorge e São João. Assim, o rio São Jorge e o São João, por possuírem menor área de zona ripária, possuem uma área mais fragmentada de VH.

Apesar da semelhança geomorfológica em seu leito e de apresentarem a mesma média (33,3) as distribuições ripárias nos três rios não apresentaram correlação significativa ($p= 0,18$) como mostra a Figura 17. No rio Pitangui a distribuição da VH é quase insignificante; no rio São Jorge, é a FR que é pouco prevalente; e no rio São João, por sua vez, a VM é pouco expressiva.

Figura 17: Variação conjunta da distribuição das classes de vegetação nos rios Pitangui (Pit), São Jorge (SJR) e São João (SJ) ao redor da mediana.



Vegetação ripária (higrófila) - FR

A densidade de polígonos (PD) de FR foi de 17,36 para o Rio Pitangui, 29,26 para o S. Jorge e 15,16 para o S. João. Portanto, a zona ripária do rio S. Jorge é a que possui as florestas higrófilas mais fragmentadas, devido ao seu relevo ser formado por fraturas.

Para as FR do Rio Pitangui (Tabela 2), 230 fragmentos (94,6%) são menores que 10,0 ha e ocupam 37,3% da UP. Onze fragmentos estão entre 10,0 a 49,9 ha e ocupam 42,5% e outros dois são maiores que 50 ha, ocupando 20,2% das florestas ripárias do Pitangui. O índice de maior

fragmento (LPI) para as FR do rio Pitangui é de 3,6% e o índice de forma da paisagem (LSI) para as florestas ripárias do rio Pitangui foi de 42,09.

Os 185 fragmentos menores que 1,0 ha apresentam SHAPE e FRACT em média de 1,63 e 1,13, respectivamente, e os índices vão aumentando conforme o incremento de área até o máximo de 11,37 ($rs = 0,9$) e 1,37 ($rs = 0,8$), nos dois fragmentos maiores que 50 ha. Pereira (2012) demonstrou que a relação AREA/SHAPE nas áreas ocupadas por FR é geométrica, isto é, cada vez que a área dobra a partir de um dado valor, o índice de forma também duplica, o que é esperado para projeções geográficas, que são quadráticas. Pereira (2012) ainda aponta uma relação logarítmica entre AREA e FRACT, pois a complexidade da distribuição dos fragmentos inicialmente aumenta muito em resposta a um pequeno acréscimo de área, mas logo atinge um patamar onde incrementos de área não se traduzem em mudanças perceptíveis na paisagem.

Tabela 2: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio Pitangui no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal; dp = desvio padrão das médias.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	Dp	FRACT	dp
< 1,0	185	76,13	42,88	8,57	1,63	0,43	1,13	0,05
1,0 – 9,9	45	18,51	143,62	28,72	3,25	1,18	1,22	0,05
10,0 – 49,9	11	4,52	212,50	42,48	7,34	1,50	1,32	0,03
> 50,0	2	0,82	101,23	20,23	11,37	1,49	1,37	0,02
Total	243	100	500,23	100				

No rio São Jorge (Tabela 3), 115 fragmentos (98,3%) de FR são menores que 10,0 ha, o que correspondem a 76,8% da área. Dois fragmentos estão entre 10,0 e 49,9 ha e ocupam 23,2% da área. Não ocorrem fragmentos maiores que 50 ha. O LPI para as FR do rio São Jorge é de 3,2% e o LSI para as florestas ripárias do rio São Jorge foi de 20,90.

Os 86 fragmentos menores que 1,0 ha possuem uma média para SHAPE de 1,57 e para o FRACT de 1,12, e ambos vão aumentando progressivamente até 3,56 ($rs = 0,9$), e 1,21 ($rs = 0,7$), respectivamente.

Tabela 3: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio São Jorge no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = porcentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = porcentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	Dp	FRACT	dp
< 1,0	86	73,51	17,72	17,50	1,57	0,48	1,12	0,05
1,0 – 9,9	29	24,78	60,11	59,34	2,88	0,78	1,21	0,04
10,0 – 49,9	2	1,71	23,47	23,16	3,56	0,64	1,21	0,02
> 50,0	0	0	0	0	0		0	
Total	117	100	101,30	100				

No rio São João (Tabela 4), as FR apresentaram 67 fragmentos (94,3%) menores que 10,0 ha, o que corresponde a 52,6% da área. Quatro fragmentos têm entre 10,0 e 49,9 ha e ocupam 47,4% da área. Não ocorrem fragmentos maiores que 50 ha. O LPI para as FR do rio São João é de 3,4%, e o LSI para as FR do rio São João foi de 20,68.

Os 52 fragmentos menores que 1,0 ha obtiveram a média para SHAPE de 1,65 e para FRACT de 1,13. Os 15 fragmentos com área entre 1,0 e 9,9 ha obtiveram médias para SHAPE de 3,53 e FRACT de 1,24 e ambos vão aumentando progressivamente até 5,49 ($r_s = 0,9$), e 1,28 ($r_s = 0,8$), respectivamente.

Tabela 4: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de floresta ripária (FR) do Rio São João no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = porcentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = porcentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	52	73,23	12,59	10,90	1,65	0,41	1,13	0,05
1,0 – 9,9	15	21,12	48,25	41,73	3,53	1,02	1,24	0,03
10,0 – 49,9	4	5,63	54,76	47,37	5,49	1,54	1,28	0,04
> 50,0	0	0	0	0	0		0	
Total	71	100	115,60	100				

Nos três rios, o LPI foi semelhante ($\mu = 3,6$), mas o índice de forma de classe LSI foi quase o dobro no rio Pitangui, apontando para os fragmentos extremamente alongados de FR.

Os fragmentos maiores geram benefícios ecológicos como a diversidade de habitats para espécies com uma amplitude de condições e recursos ambientais (FORMAN, 1995).

Para Pereira (2012), o tamanho médio das manchas na área estudada no PPP não foi um bom parâmetro devido ao grande desvio padrão. Assim, os fragmentos foram agrupados por classe de tamanho.

Ainda segundo Pereira (2012), o índice de forma para as FR do rio Pitangui no PPP foi de 16,2%, demonstrando que os fragmentos ocupam uma parte considerável da zona ripária.

Vegetação aberta hidrófila – VH

A densidade de polígonos (PD) de VH foi de 13,9 para o Rio Pitangui, 37,5 para o S. Jorge e 30,5 para o S. João.

Para a VH do rio Pitangui (Tabela 5), 181 fragmentos (92,8%) são menores que 1,0 ha e ocupam 63,4% da área. Apresentam uma média de SHAPE igual a 1,65 e FRACT de 1,13. O restante dos fragmentos tem áreas entre 1,0 e 9,9 ha, ocupam 36,6% da área e possuem média de SHAPE de 2,56 e FRACT de 1,18. Não foram identificados fragmentos maiores que 10,0 ha. O maior fragmento (LPI) de VH ocupa 0,29% da zona ripária do rio Pitangui e o índice de forma da paisagem (LSI) para as florestas hidrófilas foi de 23,73.

Tabela 5: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio Pitangui no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	181	92,82	45,08	63,42	1,65	0,40	1,13	0,04
1,0 – 9,9	14	7,18	26,00	36,58	2,56	0,77	1,18	0,06
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	195	100	71,08	100				

A correlação entre AREA/SHAPE e AREA/FRACT é considerada fraca ($r_s = 0,7$ e $0,5$). Pereira (2012) não encontrou relação entre AREA e SHAPE para VH, mas encontrou um modelo de distribuição logarítmica entre SHAPE e FRACT.

A vegetação hidrófila do rio São Jorge (Tabela 6) possui 140 fragmentos (93,3%) menores que 1,0 ha, ocupando 50% da área, com média de SHAPE e FRACT de 1,55 e 1,11, respectivamente. Os fragmentos restantes, entre 1,0 e 9,9 ha, ocupam os outros 50% de área, e a média de SHAPE é de 2,99, e 1,20 para FRACT. O LPI para a VH do rio São Jorge é de 1,19% e o LSI foi de 20,09.

A correlação entre AREA/SHAPE é moderada para a VH do Rio São Jorge ($r_s = 0,8$) e fraca entre AREA/FRACT ($r_s = 0,7$).

Tabela 6: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio São Jorge no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	140	93,33	25,56	50,00	1,55	0,51	1,11	0,06
1,0 – 9,9	10	6,67	25,57	50,00	2,99	0,96	1,20	0,05
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	150	100	51,13	100				

Para o rio São João, a VH (Tabela 7) se distribui entre 137 fragmentos (95,8%) menores que 1,0 ha, ocupando 74,2% da área de várzeas, e apresentam média para SHAPE e FRACT de 1,57 e 1,12, respectivamente. Apenas seis fragmentos têm áreas entre 1,0 e 9,9 e ocupam a área restante de 25,8%, com valores médios para SHAPE de 2,84 e FRACT de 1,21. Não ocorrem fragmentos maiores que 10 ha. O LPI do rio São João é de 0,52% e o LSI para a VH do rio foi de 19,44.

Tabela 7: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação hidrófila (VH) do Rio São João no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da UP; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da UP; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	137	95,81	26,88	74,18	1,57	0,42	1,12	0,05
1,0 – 9,9	6	4,19	9,36	25,82	2,84	0,57	1,21	0,04
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	143	100	36,24	100				

A correlação entre AREA/SHAPE é moderada para a VH do Rio São João ($r_s = 0,8$ e fraca para AREA/FRACT ($r_s = 0,6$).

Os valores de LPI para o rio Pitangui e São João foram semelhantes, mas para o São Jorge apontam para fragmentos hidrófilos maiores. Já os valores de LSI foram semelhantes entre os três rios ($\mu = 21,08$), apontando para os fragmentos também alongados de VH.

Vegetação campestre mesófila - VM

A densidade de polígonos (PD) de VM foi de 9,4 para o Rio Pitangui, 20,5 para o S. Jorge e 6,4 para o S. João.

Para a VM do rio Pitangui (Tabela 8), 75 fragmentos (56,8%) são menores que 1,0 ha e ocupam uma área de 14,7%, com valores médios de SHAPE e FRACT, de 1,61 e 1,12. Os 57 fragmentos restantes (43,2%) têm áreas entre 1,0 e 9,9 ha e ocupam uma área de 84,3%; a média para SHAPE é de 2,30 e FRACT é de 1,16.

O LPI da vegetação mesófila para o rio Pitangui é de 0,63% e o índice de forma da paisagem (LSI) foi de 21,50.

A correlação entre AREA/SHAPE é moderada para a VM do Rio Pitangui ($r_s = 0,8$) e fraca entre AREA/FRACT ($r_s = 0,7$).

Tabela 8: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio Pitangui no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	75	56,81	25,50	14,74	1,61	0,38	1,12	0,04
1,0 – 9,9	57	43,19	147,54	84,26	2,30	0,47	1,16	0,03
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	132	100	36,24	100				

Todos os 82 fragmentos da VM no rio São Jorge (Tabela 9) são menores que 10 ha; 58 fragmentos (70,7%) são menores que 1,0 ha e ocupam uma área de 27,2%, com valores médios de SHAPE de 1,64 e de FRACT de 1,12; 24 fragmentos têm áreas entre 1,0 e 9,9 ha e ocupam o restante 72,8%

da área, com SHAPE médio de 2,39 e FRACT médio de 1,16. O LPI para a VM é de 1,87%. O LSI para a VM do rio São Jorge foi de 16,69.

Tabela 9: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio São Jorge no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	dp
< 1,0	58	70,73	22,12	27,23	1,64	0,29	1,12	0,03
1,0 – 9,9	24	29,27	59,11	72,77	2,39	0,71	1,16	0,04
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	82	100	81,23	100				

A correlação entre AREA/SHAPE e AREA/FRACT é fraca para a VM do Rio São Jorge ($r_s = 0,7$ e $0,5$).

A VM para o Rio São João (Tabela 10) apresenta 22 fragmentos (73,3%) menores que 1,0 ha, ocupando uma área de 27,8%, com médias para SHAPE de 1,58 e FRACT de 1,12. Os demais oito fragmentos têm áreas entre 1,0 e 9,9 ha e ocupam 72,2% da área restante, com médias para SHAPE de 2,66 e FRACT de 1,18. O LPI para a VM do rio São João é de 0,99% e o LSI para a VM do rio São João foi de 10,29.

Tabela 10: Distribuição dos tamanhos dos fragmentos de vegetação mesófila (VM) do Rio São João no SPP. CLASSE = classes de tamanho; NP = número de fragmentos da classe de tamanho; PP = percentagem dos polígonos da classe; SA = soma das áreas dos polígonos das classes de tamanho; PA = percentagem da área total da classe; SHAPE = média do índice de forma; FRACT = média da dimensão fractal.

CLASSE	NP	PP (%)	SA (ha)	PA (%)	SHAPE	dp	FRACT	Dp
< 1,0	22	73,33	7,95	27,77	1,58	0,21	1,12	0,03
1,0 – 9,9	8	26,67	20,68	72,23	2,66	0,71	1,18	0,04
≥ 10,0	0	0	0	0	0		0	
Total	30	100	28,63	100				

O LPI de VM foi semelhante para os rios Pitangui e São João ($\mu = 0,81$), mas o rio São Jorge apresenta fragmentos maiores de campo mesófilos. O índice de forma da classe LSI foi quase o dobro para a o rio Pitangui, apontando para os fragmentos mais alongados nesta zona ripária.

Almeida (2008) analisou 11.940 ha distribuídos em 302 fragmentos de vegetação mesófila ao longo de 20.400 ha do Parque Nacional dos Campos Gerais, constatando uma paisagem contendo um grande número de fragmentos pequenos e poucas áreas mais extensas. Os fragmentos mostraram áreas relativamente circulares, semelhantes às encontradas nos rios São João e São Jorge com valor de SHAPE entre 1,0 e 2,0. No entanto, Almeida (2008) encontrou fragmentos entre 10 e 50 ha com média do índice de SHAPE de 2,9 e para fragmentos com área entre 50 e 100 ha de 2,7.

4.2 ANÁLISE FUNCIONAL

O processo de fragmentação florestal geralmente age reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações. (METZER, 1999). Essas mudanças afetam, de forma diferenciada, os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies, portanto, a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas. (VIANA; PINHEIRO, 1999). A fragmentação florestal ocasiona a perda de espécies, além disso, um influxo de espécies para os fragmentos, que podem funcionar como refúgios.

O efeito de borda tem grande influência na avaliação dos padrões da paisagem, isso porque a largura considerada influencia na funcionalidade da paisagem, uma vez que a intensidade dos fluxos e movimentos entre classes de paisagem se modifica abruptamente. (METZGER, 1999). Ainda segundo Metzger (1999), o efeito da borda pode ser avaliado através do aumento da variedade e densidade das populações de algumas espécies na zona do ecótono, em comparação com o que ocorre na zona central do ecossistema ou comunidade a que elas pertencem originalmente.

A zona de ecótono segundo Neiff (2003) apresenta a transição entre dois ecossistemas o que implica a existência de uma área com valores intermediários para os parâmetros que caracterizam a estrutura desse conjunto de organismos (densidade, cobertura, volume). Esse estado intermediário pode surgir como resposta dos organismos às mudanças espaciais e/ou temporais de cada local ou habitat, ou ser simplesmente consequência de um fator de dispersão tal como o fluxo de água, o vento ou outro agente que modifique o padrão espacial do conjunto. (NEIFF, 2003).

Os ecótonos são muito pouco previsíveis e os fluxos internos de informação entre seus elementos são menores que as taxas de mudança que a interação entre os ecossistemas adjacentes impõe. (FREITAS, 2003; NEIFF, 2003).

Coulson e Tchakerian (2011) exemplificam que um campo e uma floresta estão separados por uma linha (borda) e a área sob efeito de borda, para dentro do campo e para dentro da floresta, constitui o ecótono.

Para este trabalho, foi considerado como borda a interface água - floresta/campo no *buffer* de 30 metros, coincidente com a faixa de preservação permanente preconizada pela legislação florestal.

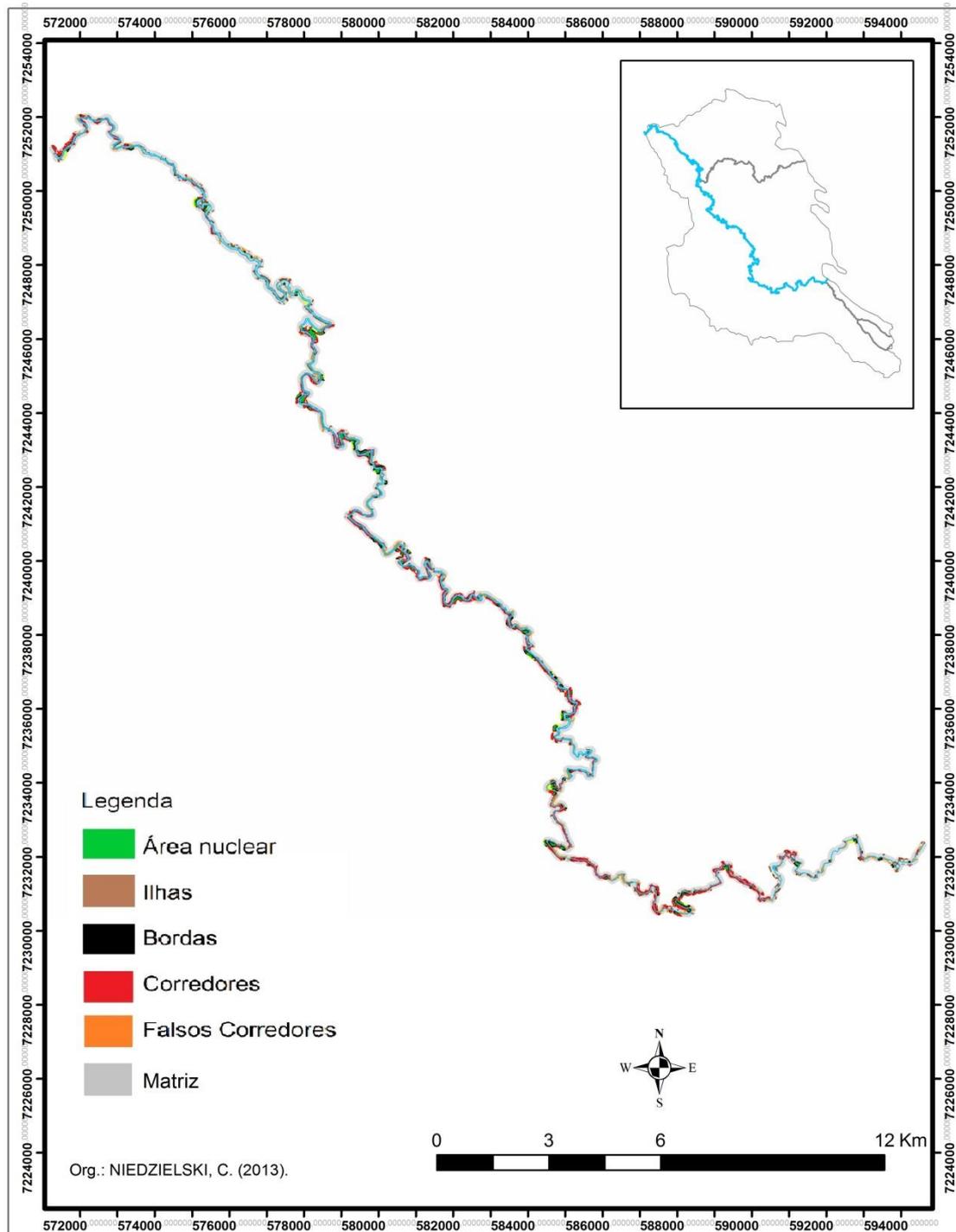
Como evidenciado na tabela 11, as áreas FR do rio Pitangui apresentam-se bastante fragmentadas, com cerca de 35% de sua área não conectada a nenhum fragmento vizinho (ilhas e falsos-corredores). No entanto, há a presença de 43,4% de corredores, bem distribuídos ao longo de toda a zona ripária (Figuras 18). As áreas nucleares são pouco expressivas, devido à disposição linear dos fragmentos ripários.

Para Pereira (2012), as FR do rio Pitangui no PPP foram contabilizados 69% de corredores, o que relacionado com o número de áreas nucleares evidenciou pontos de ligação entre áreas consideradas funcionais.

Tabela 11: Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio Pitangui no SPP.

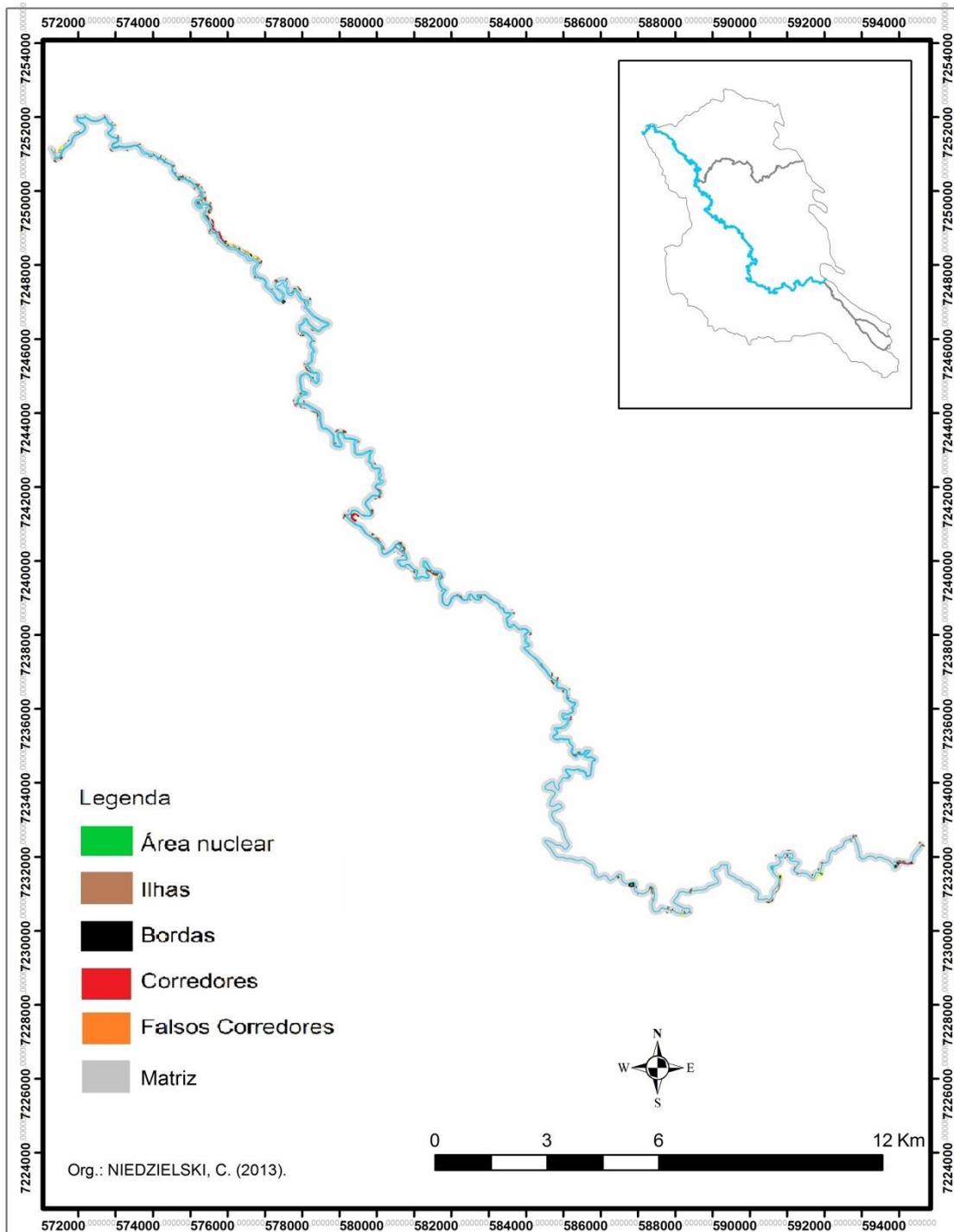
Elementos	FR	FR (%)	VH	VH (%)	VM	VM (%)
Área Nuclear	165	6,4	16	1,7	123	9,7
Ilhas	194	14,4	180	69,8	54	11,1
Bordas	288	12,6	19	5,6	146	17,3
Corredores	63	43,4	3	10,0	61	37,1
Falsos-Corredores	1184	20,5	82	7,6	440	9,1

Figura 18: Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio Pitangui.



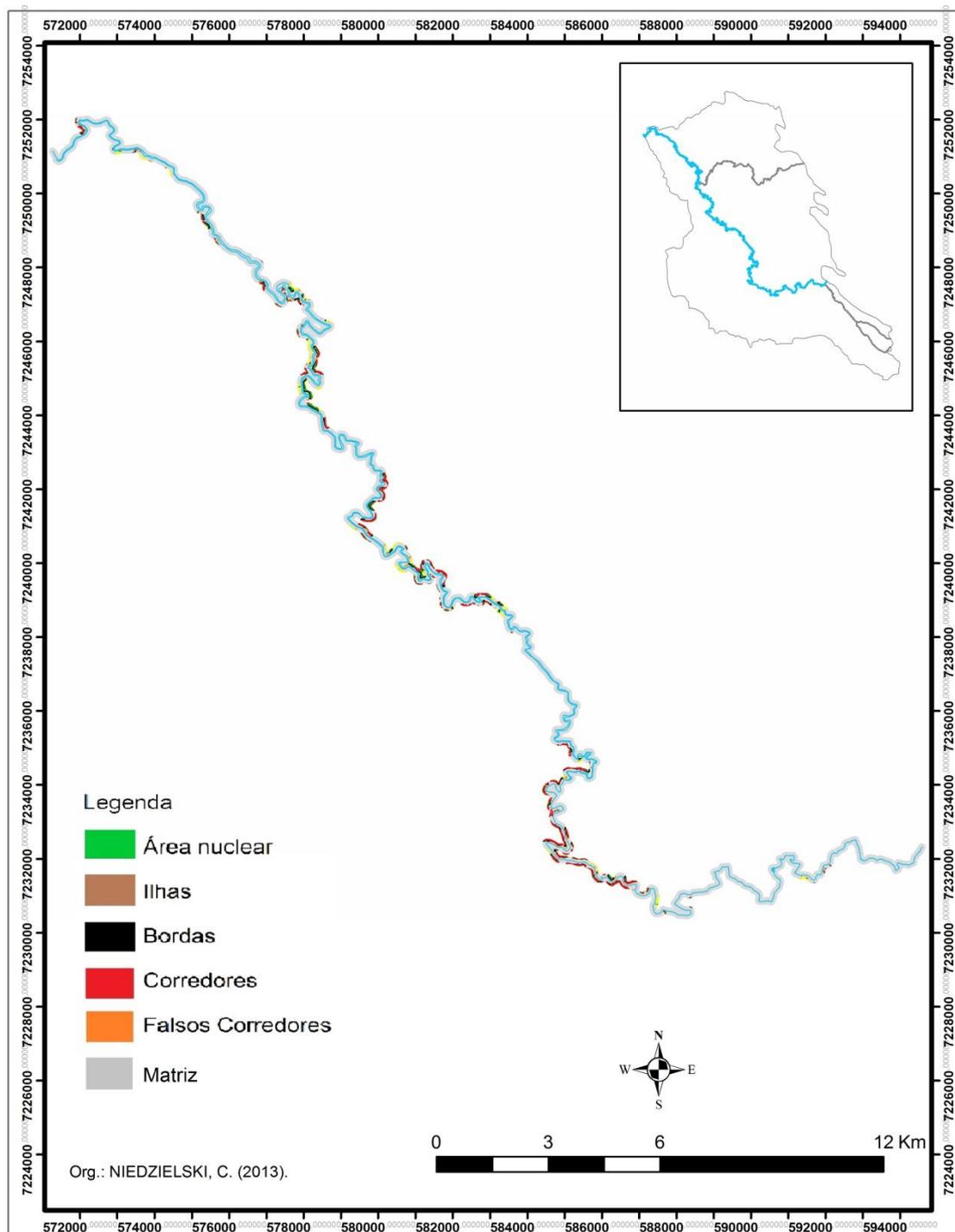
As áreas de VH do Rio Pitangui são constituídas majoritariamente por ilhas (Tabela 11), com 70% da área (Figuras 19). Por seu isolamento Dalazoana (2010) considera os campos úmidos como centros de endemismo nos Campos Gerais e deveriam ser objeto de cuidadoso programa de conservação (ANDRADE et al., 2011). As áreas nucleares foram quantificadas mas Pereira (2012) apresenta vários argumentos sobre a inexistência de bordas em áreas de vegetação aberta. Ocorrem poucos corredores na vegetação hidrófila.

Figura 19: Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio Pitangui.



As áreas de VM do rio Pitangui apresentam-se também fragmentadas (Tabela 11), com cerca de 11% composta por ilhas, não conectada a nenhum fragmento vizinho. No entanto, possuem cerca de 37% de corredores, bem distribuídos ao longo de toda a zona ripária (Figuras 20). As áreas nucleares foram quantificadas, no entanto Dalazoana (2010) argumenta sobre a inexistência de bordas em áreas de vegetação aberta.

Figura 20: Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VM) do Rio Pitangui.

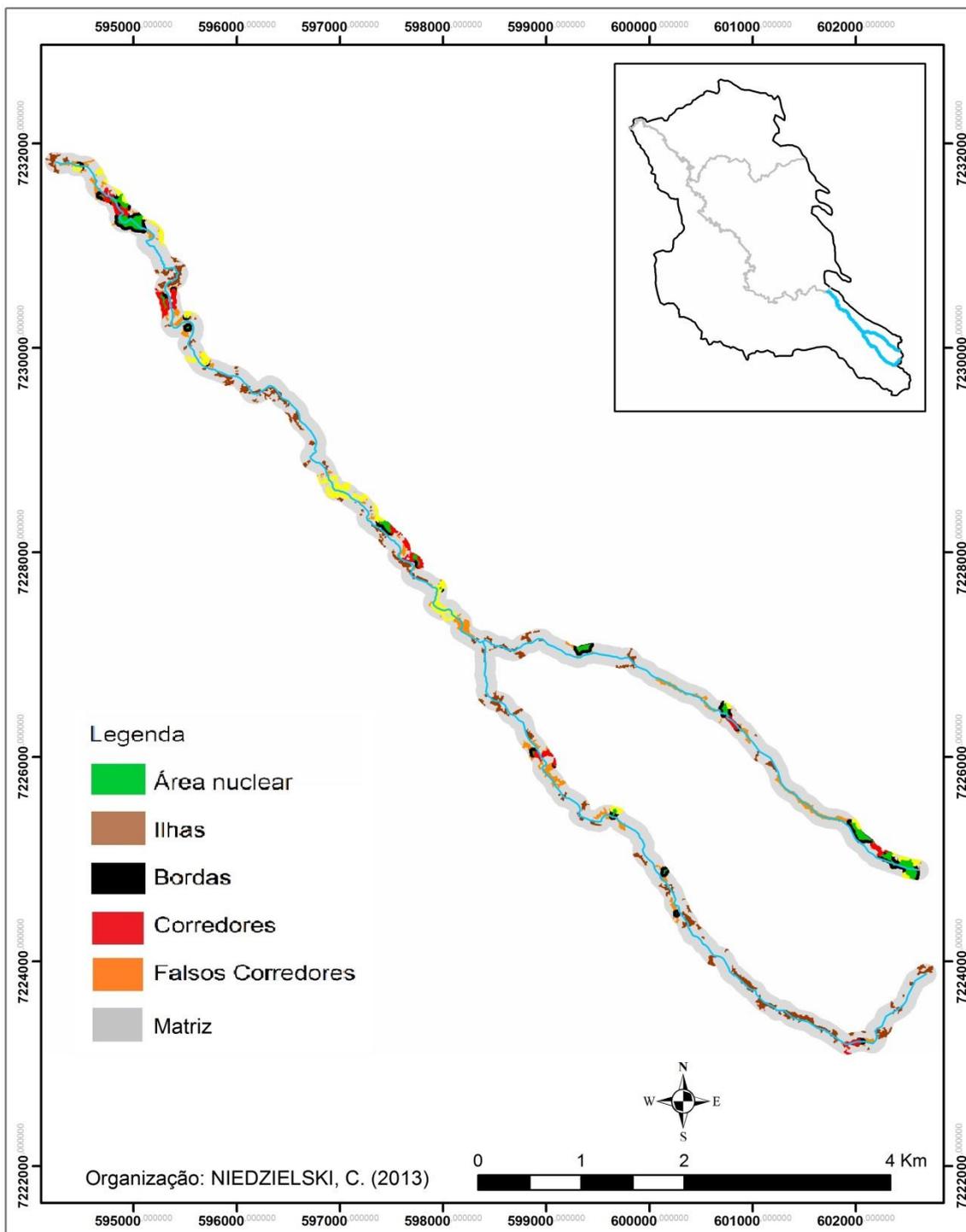


As áreas de FR do rio São Jorge (Tabela 12) também se apresentam fragmentadas, com 52% de sua área não conectada a nenhum fragmento vizinho (ilhas e falsos-corredores). Não ocorrem muitos corredores nas FR e as áreas nucleares são inexpressivas (Figura 21).

Tabela 12: Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio São Jorge no SPP.

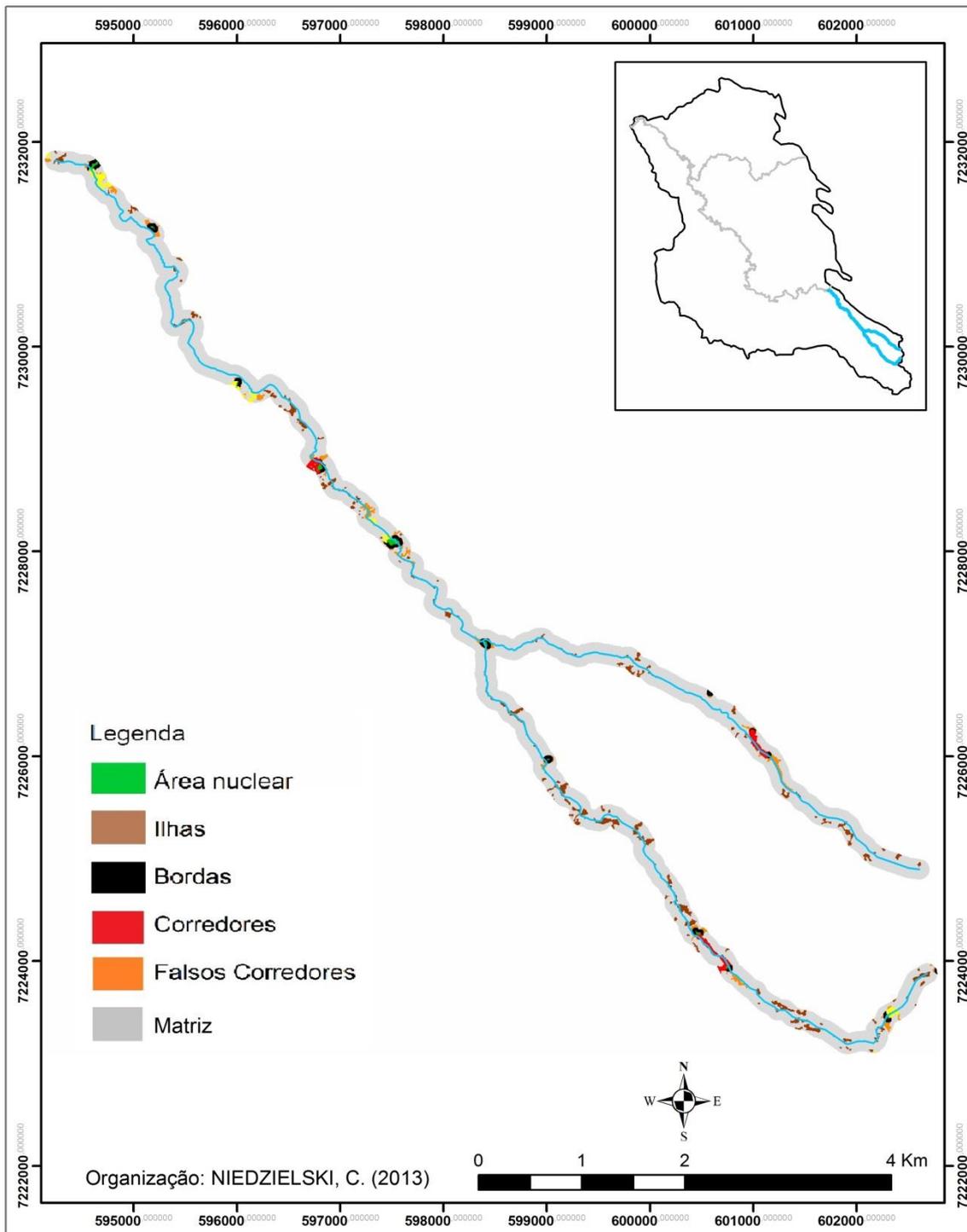
Elementos	FR	FR (%)	VH	VH (%)	VM	VM (%)
Área Nuclear	26	9,6	14	2,8	50	7,5
Ilhas	92	31,4	132	47,2	49	21,0
Bordas	39	12,8	16	12,6	66	14,1
Corredores	11	10,8	3	10,1	27	36,0
Falsos-Corredores	174	20,1	99	18,3	195	15,4

Figura 21: Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio São Jorge.



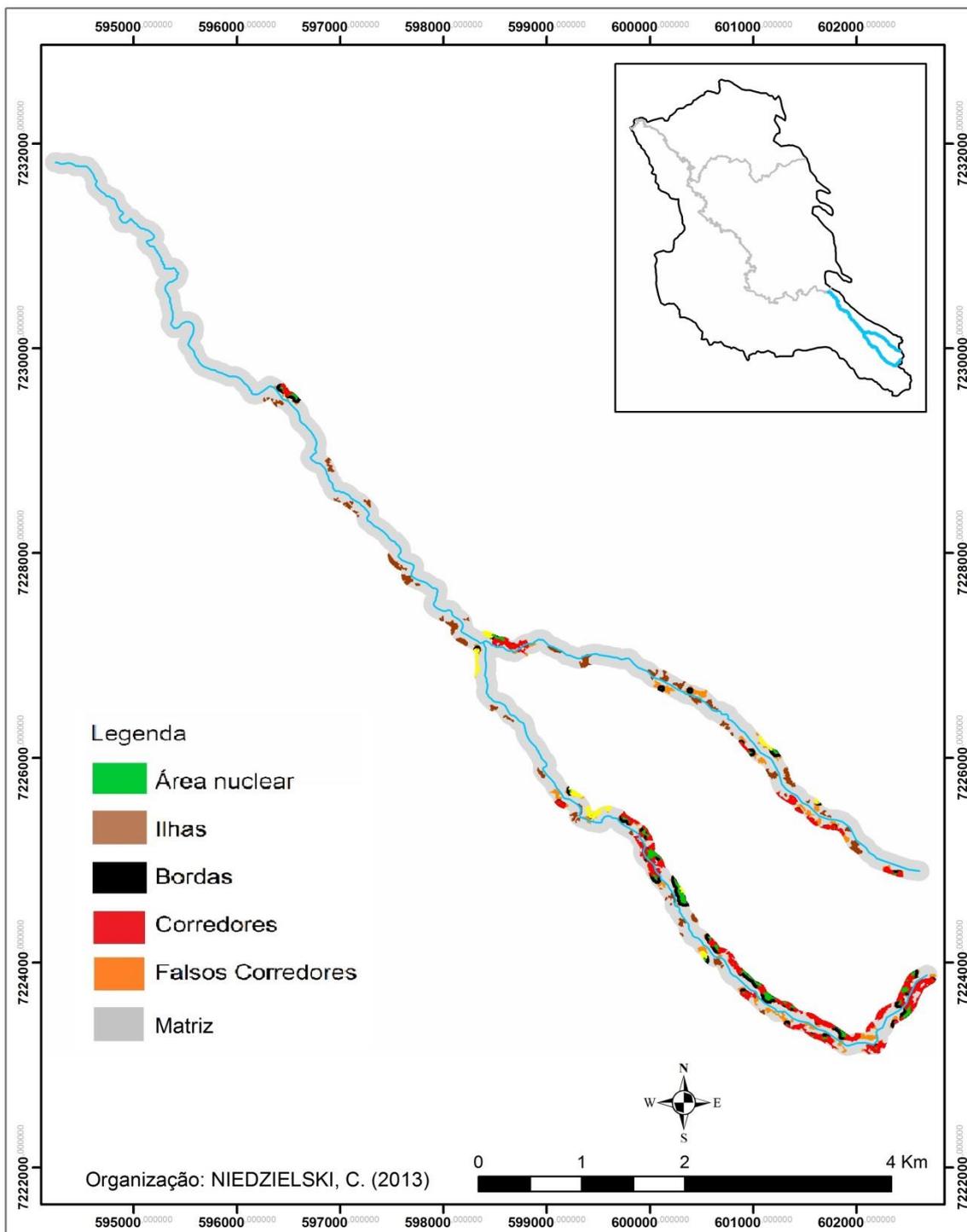
Como nos demais rios em estudo, as áreas de VH do rio São Jorge apresentam-se bastante isoladas, com cerca de 65% de sua área na forma de ilhas e falsos corredores. Há a presença de 10% de corredores, distribuídos ao longo de toda a zona ripária (Figura 22).

Figura 22: Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio São Jorge.



As áreas de VM do rio São Jorge também são bastante fragmentadas, tendo 36% da sua área na forma de ilhas e falso corredores. Porém, ocorrem 36% de corredores e sua área nuclear é pouco expressiva na zona ripária (Figura 23).

Figura 23: Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VM) do Rio São Jorge.



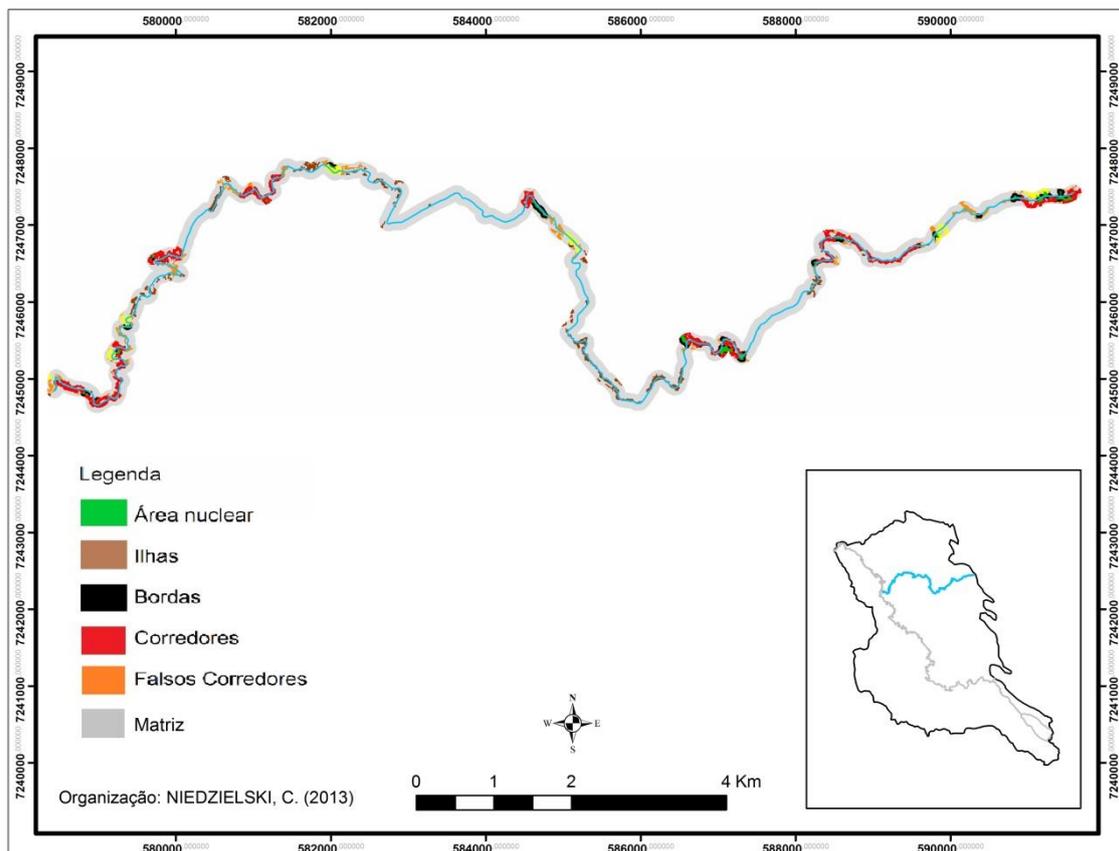
A tabela 13 demonstra como as áreas de FR no rio São João apresentam-se bastante fragmentadas, com cerca de 37% de sua área não conectada a nenhum fragmento vizinho (ilhas e falsos-corredores). No entanto, há a presença de 39% de corredores, bem distribuídos ao longo de toda a zona

riparia (Figura 24). As áreas nucleares são pouco expressivas, devido à disposição linear dos fragmentos ripários.

Tabela 13: Frequência absoluta e relativa dos Elementos de Paisagem FR, VH e VM nas zonas ripárias do Rio São João no SPP.

Elementos	FR	FR (%)	VH	VH (%)	VM	VM (%)
Área Nuclear	31	5,2	6	1,8	23	4,7
Ilhas	58	19,2	135	69,6	12	12,6
Bordas	53	9,9	7	4,1	23	13,6
Corredores	10	39,2	0	0	7	49,0
Falsos-Corredores	236	18,2	33	13,3	106	13,2

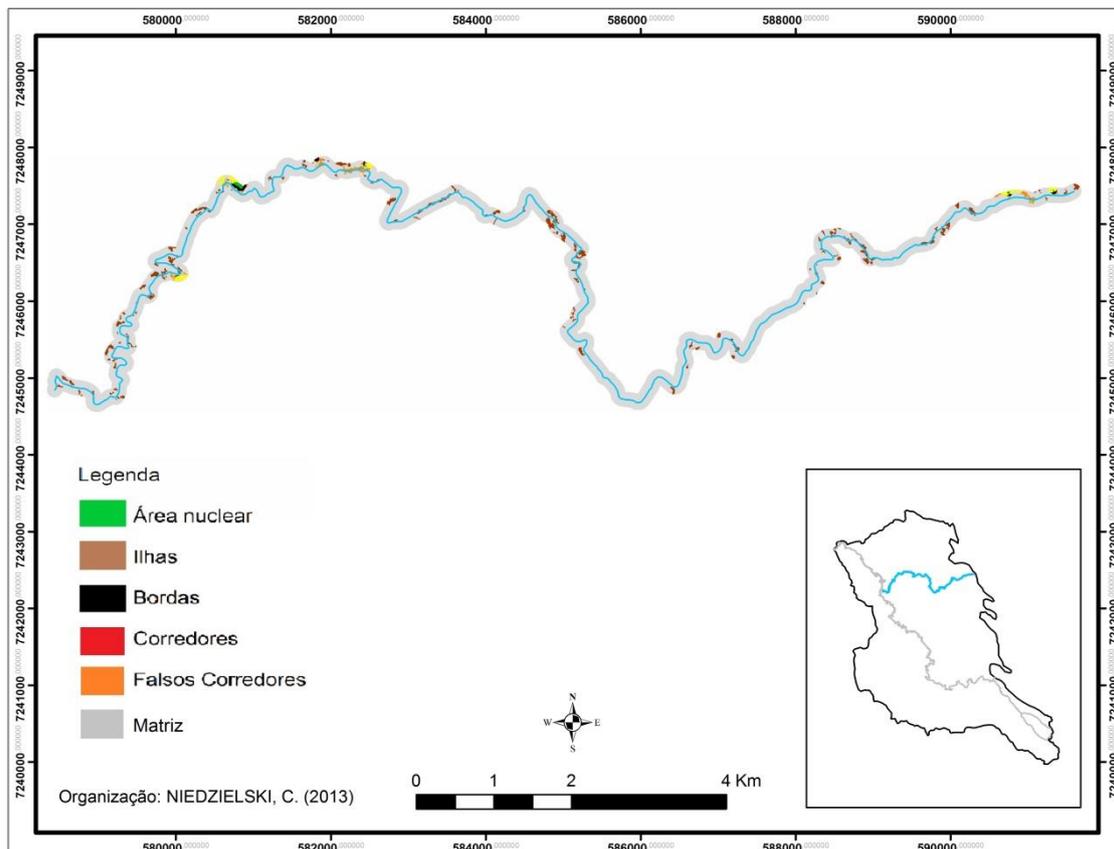
Figura 24: Classificação dos elementos da Floresta Ripária (FR) do Rio São João.



Similarmente ao rio Pitangui, as áreas de VH do Rio São João são constituídas praticamente por ilhas, com 70% da área (Figura 25), corroborando os achados de Pereira (2012) para o curso do Pitangui no PPP.

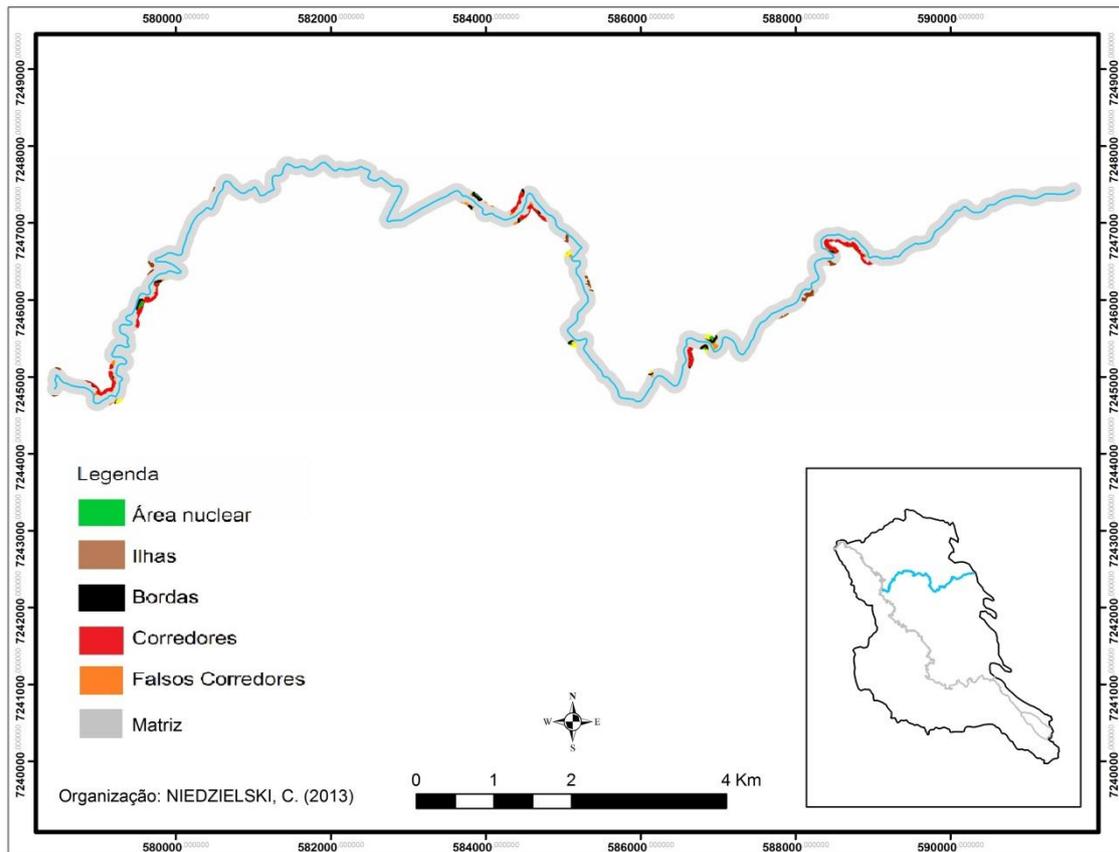
As áreas nucleares são inexpressivas e não ocorrem corredores nos campos úmidos do curso deste rio.

Figura 25: Classificação dos elementos da Vegetação Hidrófila (VH) do Rio São João.



As áreas de VM do rio São João apresentam-se também fragmentadas, com cerca de 26% de sua área na forma de ilhas e falsos corredores. No entanto, há a presença de 49% de corredores, bem distribuídos ao longo de toda a zona ripária (Figura 26). As áreas nucleares continuam sendo pouco expressivas, devido a disposição linear dos fragmentos ripários.

Figura 26: Classificação dos elementos da Vegetação Mesófila (VM) do Rio São João.



O número de ilhas é alto nos rios se levar em conta o número total de fragmentos. As ilhas de habitat favorecem os organismos que conseguem se dispersar facilmente por diferentes áreas, assim como espécies que, com um pequeno número de indivíduos podem iniciar uma nova comunidade (HILTY et al., 2006). Essas porções de habitat podem desempenhar funções imprescindíveis para a conservação, como habitat de comunidades menos exigentes, e como trampolins, facilitando os movimentos entre as áreas maiores, para as mais vageis. (FORMAN; GODRON, 1986).

A vegetação hidrófila e mesófila é importante para a diversidade local, pois a ocupação estocástica em diferentes áreas é relevante em termos de conservação. (METZGER, 2010).

4.3 CONECTIVIDADE

Para Forman (1995), as prioridades de conservação devem recair sobre grandes manchas de vegetação natural e os corredores de proteção dos cursos d'água, para a movimentação de espécies entre manchas grandes e pequenas.

Os corredores das zonas ripárias agregam atributos em virtude da presença de um corpo d'água, propiciando a proteção em torno do leito fluvial. Essas faixas de vegetação natural podem facilitar os movimentos e fluxos biológicos entre fragmentos tornando-se essenciais para a preservação dos recursos hídricos e manutenção da diversidade biológica. (AYRES et al., 2005; ARIZPE et al., 2008; METZGER, 2010).

Para analisar o quanto as metapopulações podem se comunicar, deve-se considerar o tamanho, a forma, a densidade de fragmentos, a disposição espacial e a avaliação da funcionalidade dos fragmentos. Portanto, para Crooks e Sanjavan (2006), o conceito de conectividade remete-se ao grau de movimentação de organismos pela paisagem. A conectividade resulta da interação entre processos comportamentais e a estrutura física da paisagem.

A avaliação da integridade funcional se deu em função da relação entre a distância do vizinho mais próximo (ENN) e o índice de proximidade (PROX) que demonstra a relação entre a área do fragmento e as distâncias para os vizinhos dentro do raio de busca selecionado, de 100 metros. Ainda foi avaliado o índice de área nuclear (CAI), para demonstrar o tamanho de áreas funcionais dos fragmentos.

Vegetação ripária higrófila - FR

As FR do rio Pitangui (Tabela 14) se distribui em 185 fragmentos menores que 1,0 ha, não apresentando áreas nucleares, com médias para PROX de 846,5 e ENN 16,6 m. Dos fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha, já são possíveis áreas nucleares com CORE médio de 0,23 ha, PROX DE 909 e ENN de 12,23 m. Para os fragmentos maiores a área nuclear média aumenta exponencialmente (CORE de 2,2 ha), com PROX de 1966 e ENN de 10,27m. O CAI para a FR do rio Pitangui é de 1,5.

De acordo com a mediana dos fragmentos, 75% não possuem área nuclear e a distância média do vizinho mais próximo (ENN) é de apenas 18 m.

Tabela 14: Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos de floresta ripária (FR) dos rios Pitangui, São Jorge e São João. CLASSE= classes de tamanho dos fragmentos em hectares; NP= número de fragmentos; dp= desvio padrão das médias das métricas; CORE= média da área nuclear; PROX= média do índice de proximidade; ENN= média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE PIT	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	185	0	0	846,58	1250	16,68	9,38
1,0 – 9,9	45	0,23	0,36	909,61	1222	12,23	6,19
≥ 10,0	13	2,28	1,69	1966	2183	10,27	0,51
CLASSE SJR	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	86	0	0	64,61	108	31,22	31,67
1,0 – 9,9	29	0,10	0,16	81,73	99,23	26,17	39,08
≥ 10,0	2	3,50	0,14	22,75	26,21	23,84	13,71
CLASSE SJ	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	52	0	0	188	354	39	73,40
1,0 – 9,9	15	0,14	0,22	348	933	22	18,70
≥ 10,0	4	1,50	1,07	46	89,26	56	89,26

As FR do rio São Jorge (Tabela 14) apresenta 86 fragmentos com tamanhos inferiores a 1,0 ha, também sem áreas nucleares, e médias de PROX e ENN de 64,6 e 31,2m, respectivamente. Os fragmentos entre 1,0 e 9,9 ha possuem pequeníssimas áreas nucleares (CORE de 0,1 ha), PROX DE 81,7 e ENN de 26,17m. Para os fragmentos maiores que 10 ha, o CORE aumenta muito expressivamente para 3,5 ha, com PROX de 22,7 e ENN de 23,8m. O CAI para a FR do rio São Jorge é de 0.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75% não possuem área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 31 m.

As FR do rio São João (Tabela 14) possui 52 fragmentos menores que 1,0 ha sem áreas nucleares, com médias para PROX de 188 e ENN de 39 m. Dos fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha, os valores médios para CORE são de 0,14 ha, PROX de 348 e ENN de 6,19m. Para os fragmentos

maiores que 10 ha, o CORE aumenta para 2,2 ha, com PROX de 1966 e ENN de 56m. O CAI para a FR do rio São João é de 1,3.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75% não possuem área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 26 m.

Na análise de funcionalidade da FR dos três rios, percebe-se que o rio S. Jorge é o mais desprovido de áreas nucleares, mas as distâncias médias do vizinho mais próximo, em todos os rios, não são grandes (18-31m), portanto com maiores chances de conectividade. O índice de conectividade (CONNECT) da FR dos rios Pitangui, São Jorge e São João foi igual a 1,5%, 25% e 33%, respectivamente.

Para Pereira (2012), o índice de conectividade da FR do rio Pitangui no PPP foi igual a 3,56%.

Para Bennet e Saunders (2010), as áreas naturais na paisagem se mantêm em equilíbrio dinâmico, onde as grandes áreas, com maiores comunidades, podem atuar como fonte de emigração para áreas menores, que suportam menor número de indivíduos e espécies, introduzindo material genético e recolonizando as pequenas manchas.

Vegetação hidrófila de banhados - VH

A VH do rio Pitangui (Tabela 15) possui 181 fragmentos menores que 1,0 ha apresentando praticamente nenhuma área nuclear (0,00038), com médias para PROX de 10,03 e ENN 67,45 m. Dos fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha, as médias para CORE são de 0,0,084 ha, PROX de 13,7 e ENN de 47,89m. O CAI para a VH do rio Pitangui de 0,4.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75% não possuem área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 81 m.

Tabela 15: Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos vegetação hidrófila (VH) dos rios Pitangui, São Jorge e São João. CLASSE= classes de tamanho dos fragmentos em hectares; NP= número de fragmentos; dp= desvio padrão das médias das métricas; CORE= média da área nuclear; PROX= média do índice de proximidade; ENN= média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE PIT	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	Dp
< 1,0	181	0,00038	0,0036	10,03	31,17	67,45	77,75
1,0 – 9,9	14	0,084	0,13	13,79	53,24	47,89	53,24
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-
CLASSE SJR	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	Dp
< 1,0	140	0,00094	0,0077	25,07	57,21	34,07	31,24
1,0 – 9,9	10	0,19	0,19	9,13	11,71	32,66	30,56
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-
CLASSE SJ	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	Dp
< 1,0	137	0,00047	0,0055	11,21	22,76	44,24	54,47
1,0 – 9,9	6	0,067	0,12	15,38	6,16	17,68	5,87
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-

A VH do rio São Jorge (Tabela 15) apresenta 140 fragmentos menores que 1,0 ha, também praticamente sem áreas nucleares (0,00038), com médias para PROX de 10,03 e ENN de 67,4 m. Os fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha possuem médias para CORE de 0,0084 ha, PROX DE 13,7 e ENN de 47,9 . O CAI para a VH do rio São Jorge de 0,5.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75% não possuem área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 40 m.

A VH do rio São João (Tabela 15) apresenta 137 fragmentos menores que 1,0 ha, sem áreas nucleares (0,00047), com médias para PROX de 11,21 e ENN de 44,2m. Dos fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha possuem médias para CORE de 0,067 ha, PROX DE 15,38 e ENN de 17,7m. O CAI para a VH do rio São João é de 0,2.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75% não possuem área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 49 m.

Na análise de funcionalidade de VH dos três rios, percebe-se que todos possuem pouquíssima área nuclear cartográfica, o que tem pouco significado biológico se assumirmos a premissa de outros autores de que não há áreas nucleares em VH (DALAZOANA, 2010; PEREIRA, 2012). Nos rios Pitangui e S. João, o vizinho mais próximo dista em média 44,5m, mas no S. Jorge a distância a percorrer é maior, de 81m em média. Infelizmente não se dispõe de dados populacionais suficientes para avaliar o deslocamento da maioria das espécies por este ecossistema na região, exceto para aquelas espécies generalistas, como por exemplo o lobo-guará, cuja capacidade de deslocamento é muito maior, chegando à casa dos quilômetros/dia (PONTES FILHO et al., 1995). O índice de conectividade (CONNECT) da VH dos rios Pitangui, São Jorge e São João foi igual a 0,79%, 19% e 16%, respectivamente.

O baixo índice de CONNECT para a VH do rio Pitangui é uma condição natural nas zonas ripárias, onde as áreas de VH se estabelecem nas superfícies e bacias de inundação, formando um mosaico de manchas distanciadas por porções de FR e VM.

Vegetação mesófila campestre - VM

A VM do rio Pitangui (Tabela 16) possui 75 fragmentos menores que 1,0 ha praticamente sem áreas nucleares (0,001), com médias para PROX de 31,1 e ENN de 49,9 m. Os fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha possuem médias para CORE de 0,21 ha, PROX de 3190 e ENN de 46,2m. O CAI para a VM do rio Pitangui é de 3,1. De acordo com a mediana dos fragmentos, 75% possuem 0,11 ha de área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 53 m.

A VM do rio São Jorge (Tabela 16) é composta por 58 fragmentos menores que 1,0 ha apresentando praticamente nada de áreas nucleares (0,0008), com médias para PROX de 57,4 e ENN de 38,9m. Os fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha possuem médias para CORE de 0,17 ha, PROX de 74,3 e ENN de 35,5m. O CAI para as VH do rio São Jorge é de 1,6.

De acordo com a mediana dos fragmentos 75%, possuem 0,016 de área nuclear e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 39 m.

A VM do rio São João (Tabela 16) apresenta 22 fragmentos menores que 1,0 ha, também quase nada de áreas nucleares (0,003), com médias para PROX de 6,2 e de ENN 130,9m. Os fragmentos com tamanho entre 1,0 e 9,9 ha possuem médias para CORE de 0,09 ha, PROX de 2,6 e ENN de 93,6m. O CAI para a VH do rio São Jorge é de 1,06.

Tabela 16: Métricas de área nuclear e conectividade dos fragmentos vegetação mesófila (VM) dos rios Pitangui, São Jorge e São João. CLASSE= classes de tamanho dos fragmentos em hectares; NP= número de fragmentos; dp= desvio padrão das médias das métricas; CORE= média da área nuclear; PROX= média do índice de proximidade; ENN= média da distância euclidiana do vizinho mais próximo.

CLASSE PIT	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	75	0,001	0,005	31,9	65,28	49,86	66,51
1,0 – 9,9	57	0,21	0,28	3190	23695	46,13	57,50
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-
CLASSE SJR	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	58	0,0008	0,002	57,41	110,97	38,89	110,97
1,0 – 9,9	24	0,17	0,26	74,26	114,17	35,45	114,17
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-
CLASSE SJ	NP	CORE (ha)	dp	PROX	dp	ENN (m)	dp
< 1,0	22	0,003	0,01	6,17	10,59	130,99	171,21
1,0 – 9,9	8	0,09	0,14	2,63	2,97	93,65	64,73
≥ 10,0	0	-	-	-	-	-	-

De acordo com a mediana, dos fragmentos, 75%, possuem 0,003 de área nuclear, e a distância do vizinho mais próximo (ENN) é de 109 m.

Na análise de funcionalidade da VM dos três rios, percebe-se que o rio Pitangui apresenta maior, ainda que pequena, área nuclear cartográfica, o que também tem pouco significado biológico se assumirmos a premissa de Dalazoana (2010) de que não há áreas nucleares em VM. Nos rios Pitangui e S. Jorge o vizinho mais próximo dista em média 46m, mas no S. João a distância a percorrer é bem maior, de 109m em média. Há poucos dados

populacionais para avaliar a capacidade de deslocamento da maioria das espécies por este ecossistema na região, com exceção do veado-campeiro, também uma espécie generalista. (BRAGA et al., 2000; BRAGA, 2004).

O índice de conectividade (CONNECT) da VM dos rios Pitangui, São Jorge e São João foi igual a 14%, 32% e 32%, respectivamente.

5. CONCLUSÃO

Os três rios analisados possuem grandes semelhanças geomorfológicas em seus leitos e a mesma média de distribuição de classes de vegetação, mas as distribuições ripárias diferem significativamente entre eles. No rio Pitangui a distribuição de vegetação hidrófila é quase insignificante; no rio São Jorge, é a floresta ripária que é pouco prevalente; e no rio São João, por sua vez, a vegetação mesófila é pouco expressiva.

Os rios Pitangui e São João apresentaram a maior proporção de fragmentos de floresta ripária, quase 70%, seguidos do rio São Jorge, com cerca de 40%. Já a vegetação aberta hidrófila é pouco expressiva na zona ripária do Rio Pitangui, devido ao forte controle estrutural do leito do rio, entalhado em dois sistemas de fraturas geológicas. Nos rios São João e São esta classe de vegetação ocorre em aproximadamente 20%.

A vegetação mesófila é bem distribuída no rio São Jorge, cerca de 35%, principalmente em seu curso superior, mas nos rios São João e Pitangui é pouco expressiva, menos de 25% da área.

Os fragmentos são alongados e, em geral, próximos entre si. Na análise de funcionalidade de floresta ripária dos três rios, percebe-se que o rio São Jorge é o mais desprovido de áreas nucleares, mas as distâncias médias do vizinho mais próximo, em todos os rios, não superam os 30 metros.

Na análise de funcionalidade de vegetação hidrófila e mesófila dos três rios, todos possuem pouquíssima área nuclear cartográfica.

As áreas de floresta ripária do rio Pitangui, rio São João e São Jorge apresentaram poucos pontos de ligação em relação a vegetação hidrófila e mesófila, isso evidenciado pelos baixos índices de conectividade.

Ocorrem poucas áreas de vegetação hidrófila nos três rios, sendo mais predominante as florestas ripárias e a vegetação mesófila.

O rio Pitangui possui um padrão de estrutura florestal com predominância de fragmentos de floresta ripária apta à conservação, justamente por possuírem uma área nuclear que consegue manter a estrutura interna e a estabilidade florestal onde a paisagem está inserida.

As metacomunidades nas zonas ripárias nos três rios se desenvolvem em áreas fragmentadas naturalmente. Assim, as faixas de vegetação

remanescente às margens dos rios compõem corredores biológicos para as metacomunidades ripárias.

As zonas ripárias nos três rios são consideradas conservadas, a fragmentação que ocorre está ligada aos fatores naturais, mas é necessário que se tomem medidas de manejo a fim de conservar a biodiversidade.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia**: questões de escala e método. Seminar on Technology for Human Settlements in the Humid Tropics, CEPAL/IPEA. 25p. 1987.

ALMEIDA, C.G. de. **Análise especial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Ponta Grossa, 2008. 72 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

AMARASEKARE, P. Spatial dynamics of foodwebs. **Rev.Ecol.Evol.Syst.**, n. 39, p.479–500, 2008.

ANDRADE, B.O.; KOZERA, C.; CURCIO, G.R.; GALVÃO, F. Vascular grassland plants of Tibagi River Spring, Ponta Grossa, Brazil. **Check List Journal**, v. 7, n. 3, p. 257-262, 2011.

ARIZPE, D.; MENDES, A.; RABAÇA, J.E. (Eds.). **Sustainable Riparian Zones: a Management Guide**. Generalitat Valenciana, 2008. 287 p.

ATTANASIO, C.M. et al. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Florestalis**, n. 71, p. 131-140, 2006.

AYRES, J. M. et al. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 256p.

BÉLISLE, M. Measuring landscape connectivity: the challenge of behavioral landscape ecology. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 1988–1995, 2005.

BENNETT, A.F.; SAUNDERS D.A. Habitat Fragmentation and Landscape Change. In: SODHI, N.S.; EHRLICH, P.R. **Conservation Biology for All**. Oxford, 2010. 360 p.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Global**. Esboço Metodológico São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971. (Cadernos de Ciências da Terra).

BEIER, P.; NOSS R.F. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? **Conservation Biology**, v. 12, n. 6, p. 1241-1252, 1998.

BRAGA, F.G.; BRITTO, M.M.; MARGARIDO, T.C.C. Estudo de uma população relictual de veado campeiro *Ozotoceros bezoarticus* (Linnaeus) (Artiodactyla, Cervidae) no município da Lapa, Paraná, Brasil. **Rev.Bras. Zool.**, v.17, n.1, p.175-181, 2000.

BRAGA, F.G. **Influência da agricultura na distribuição espacial do *Ozotoceros bezoarticus* Linnaeus, 1758 (veado-campeiro) em Pirai do Sul, Paraná - parâmetros populacionais e uso do ambiente**. Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.

BRASIL. Decreto n. 5.092/2004. Dispõe sobre as regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio

Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm>. Acesso em: 21 jul. 2013.

BRASIL. MMA. Portaria n. 09/2007. Dispõe sobre o reconhecimento das áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/geral/portaria_mma_09-2007.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2013.

BRUNET, R. La composition des modèles dans l'analyse spatiale. **L'Espace géographique**, Paris, n.4, p. 253-265, 1980.

CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Ed UFPR, 2004. 219p.

COULSON, R.N.; TCHAKERIAN, M.D. **Basic Landscape Ecology**. Kel Partners, 2011, 300p.

CROOKS, K.R.; SANJAVAN, M. Connectivity conservation: maintaining connections for nature. In: CROOKS, K.R.; SANJAVAN, M. **Connectivity conservation**. New York: Cambridge University Press, 2006.

CRUZ, G.C.F. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: Melo, M.S. et al. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007. p. 59-72.

CURCIO, G.R. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. Curitiba, 2006, 510p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná.

DALAZOANA, K. **Espacialização dos campos nativos na Escarpa Devoniana do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Ponta Grossa, 2010. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Disponível em <http://www.uepg.br/mestrados/mestrageo>

DALAZOANA, K.; SILVA, M.A.; MORO, R.S. Comparação de três fisionomias de campo natural do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.1, p.675-577, jul. 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa Pedológico do Estado do Paraná**: arquivo digital. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002.

EMÍDIO, T. **Meio ambiente & paisagem**. Editora Senac: São Paulo, 2006.

FERNANDES, F., FERRONATO, M.Z., MORO, R. S. Rio Pitanguí, composição e configuração espacial das unidades de paisagem. **Revista da ANPEGE**, v.7, p.119 - 127, 2011.

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

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

FREITAS, C.E.C. Ecótonos e heterogeneidade espacial: o uso de artefatos e sua importância para a comunidade de peixes. In: HENRY, R. (Org.). **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 279-291.

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

GREGORY, S.V. et al. An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, p. 540-551, 1991.

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

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2 ed.(rev. e ampl.) Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012. 275 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

INNIS, A.; NAIMAN, R.J.; ELLIOTT, S.R. Indicators and assessment methods for measuring the ecological integrity of semi-aquatic terrestrial environment. **Hydrobiologia**, v. 422, n. 23, p. 111-131, 2000.

ITCG-PR – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Estado do Paraná. **Levantamento aerofotogramétrico do Estado do Paraná em escala 1: 25.000**. Curitiba: AeroSul, 2009.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. In: I SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS. Alfredo Wagner – SC, 2003. **Anais...** p. 43.

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

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4.ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

McGARIGAL, K. et al. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2002. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> Acesso em: 10 ago. 13.

MELO, M.S.; GIANNINI, P.C.F. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.32,p. 2149-2164, 2007.

MELO, M.S.; GUIMARAES, G.B.; SANTANA, A.C. Fisiografia da bacia do rio Pitangui. In: GEALH, A.M.; MELO, M.S.; MORO, R.S. (Orgs.). **Pitangui, rio de**

contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 1, p. 11-21.

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

METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 71, n. 3-1, p. 445-462, 1999.

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

METZGER, J.P. O que é Ecologia da Paisagem? **Biota Neotropica**, v.1, n.1, p. 1-9, 2001. Disponível em: <www.biotaneotropica.org.br> Acesso em: 5 out. 2012.

METZGER, J.P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2010.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v. 10, p.58-62, 1986.

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

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

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1992.

PAULA, J. A. de, et al. **Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar; ECMXC;PADCT/CIAMB, 1997.

PEREIRA, T.K. **Padrões estruturais e funcionais das paisagens ripárias dos rios Pitangui e Jotuba no Primeiro Planalto paranaense**. Ponta Grossa, 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão de Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

PEREIRA, T.K.; MORO, R.S. Paisagem ripária fluvial dos rios Pitangui e Jotuba no Primeiro Planalto Paranaense, Ponta Grossa, PR. **GeoUsp: espaço e tempo**, v.31, p.79 - 93, 2012.

PEREIRA, T.K. et al. A Paisagem da Bacia do Rio Pitangui Sobre a Escarpa Devoniana, Ponta Grossa, Paraná – Brasil. **Sociedade e Desenvolvimento**, 2013 (no prelo).

PONTES FILHO, A.; SILVA, C.B.X. da; LANGE, R.R.; CAVALCANTI, R.K. **Projeto Lobo Guará, bacia hidrográfica do Rio Tibagi, Ponta Grossa, Palmeira, Paraná**. Curitiba: Fundação O Boticário, 1995. 51p.

PRIETO, C.C.; MAZUR, E.T.; NASCIMENTO, S.A.; PITT, E.; MORO, R.S. Dinâmica das Unidades de Paisagem do curso inferior da bacia hidrográfica do Rio São Jorge, Ponta Grossa/ Paraná In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13: 2009: Viçosa-MG. **Anais ...** p. 1-13.

ROCHA, C.H.; WEIRICH NETO, P.H. Padrões de uso das terras e implicações ambientais. In: GEALH, A.M.; MELO, M.S.; MORO, R.S. (Orgs.). **Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2010. Cap. 2, p. 23-41.

RODRIGUES, E. Efeito de borda em fragmentos de floresta. **Cadernos da Biodiversidade**. v. 1, n. 2, p. 1-6, dez. 1998.

SÁ, M.F.M. Os solos dos Campos Gerais. In: Melo, M.S. et al. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007. p. 73-83.

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

SCHAEFER, J. M.; BROWN, M. T. **Designing and protecting riparian wildlife corridors**. Rivers, 1992

SHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista Ra'e Ga (Espaço Geográfico em Análise)**, n.7, Curitiba, UFPR, 2003.

SOARES, F.M. **Unidades de relevo como proposta de classificação das paisagens da bacia do rio Curu, Estado do Ceará**. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado em Geografia), USP/FFLCH

TROLL, C. **A paisagem geográfica e sua investigação**. Espaço e Cultura. Rio de Janeiro, 1997.

TURNER, M.G. **Landscape ecology: the effect of pattern on process**. In Annual Review of Ecology and Systematics, 1989.

TURNER, M.G. Landscape Ecology: What Is the State of the Science? **Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 36, p. 319-44. 2005.

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

UEPG / NUCLEAM. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa, 2002. Relatório técnico (CD-ROM).

VELOSO, H.P. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2013.

VETTORAZZI, C.A. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba: IPEF. v.10, n.29, p.45-51. 1996.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF – ESALQ/USP**, v.12, n.32, p. 25-42. 1999.

VOGT, Peter et al. Mapping Functional Connectivity. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 64-71, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.011>. Acesso em: 10 ago. 2013.

WIENS, J.A. Towards an unified Landscape Ecology. In: WIENS, J.; MOSS, M. (Eds) **Studies in Landscape Ecology: issues and perspectives in Landscape Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. p. 365-373.

WU, J.; QI, Y. Dealing with scale in landscape analysis: An overview. **Geographic Information Sciences**, v.6, n. 1, p.1-5, 2000.

ZILLER S.R.; GALVÃO, F. A degradação da Estepe Gramíneo-Lenhosa no Paraná por Contaminação Biológica de *Pinus elliotti* e *P. taeda*. Curitiba, PR. **Revista Floresta**, v. 32, n. 1, p.41-47, 2002.