



SILVIA O. SOARES AURÉLIO

**ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA ÁREA DE
INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO DE IMPLANTAÇÃO DA
BR-392/RS**

CANOAS, 2016

SILVIA O. SOARES AURÉLIO

**ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA ÁREA DE
INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO DE IMPLANTAÇÃO DA
BR-392/RS**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle, como requisito para obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Orientação: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Loreto Bordignon

CANOAS, 2016

ficha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A927a Aurélio, Silvia Olinda Soares.

Análise da fragmentação florestal na área de influência do empreendimento de implantação da BR-392/RS [manuscrito] / Silvia Olinda Soares Aurélio. – 2016.

69 f.; 30 cm.

Dissertação (mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) – Centro Universitário La Salle, Canoas, 2016.

“Orientação: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Loreto Bordignon”.

1. Impactos ambientais. 2. Rodovias. 3. Meio ambiente. I. Bordignon, Sérgio Augusto de Loreto. II. Título.

CDU:62:504



UNILASALLE

CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



Credenciamento: Decreto de 29/12/98 - D.O.U. de 30/12/98
Recredenciamento: Portaria 626 de 17/05/12 - D.O.U. de 18/05/12

Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Augusto de Loreto Bordignon
UNILASALLE, Orientador e Presidente da
Banca

Prof.^a Dr.^a Anelise Beneduzi da Silveira
UNILASALLE

Prof. Dr. Gabriel Selbach Hofmann
UNILASALLE

Prof. Dr. Eduardo Dias Forneck
FURG

Área de Concentração: Avaliação de Impactos Ambientais

Curso: Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais

Canoas, 28 de março de 2016.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor, por acreditarem em mim e pelo apoio em todas as fases da minha vida.

Às minhas irmãs e sobrinha pela cumplicidade, incentivo e carinho.

Aos colegas do mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais, em especial Daniela Viegas e Camila Zanetti, pela ajuda ao longo do curso.

A STE - Serviços Técnicos de Engenharia e ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) pela disponibilização dos dados para a pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, participaram desta conquista!

RESUMO

Empreendimentos rodoviários estão entre os maiores responsáveis pelo incremento da fragmentação florestal, resultando em barreiras à mobilidade de indivíduos de espécies selvagens. Conhecer a realidade dos locais de implantação destes empreendimentos para traçar estratégias de minimização de impactos e recuperação ambiental torna-se fundamental. Neste sentido o objetivo deste estudo foi analisar a fragmentação florestal na área de entorno do empreendimento de implantação da BR-392 com 245 km de extensão, entre os municípios de Santa Maria e Santo Ângelo no Rio Grande do Sul. O mapeamento foi realizado sobre imagens de satélite *Landsat-8*, por meio de digitalização dos remanescentes florestais utilizando o software *ArcGis 9.3*. Para as análises de métricas da paisagem foi utilizada a extensão *V-Late* e para análise da conectividade funcional da paisagem foi utilizado o software *Conefor Sensinode*. Quantificou-se 2.176 fragmentos florestais, correspondendo a 15,87% da área de estudo de 240.324 ha. Destes, 124 são diretamente impactados pelo traçado do empreendimento. A Classe de tamanho F1 (< 5,0 ha) apresentou maior quantidade de fragmentos. A Classe F3 (> 50,0 ha) apresentou maior área de cobertura florestal. De acordo com os resultados obtidos através das métricas, observou-se que a área encontra-se bastante fragmentada e os fragmentos pequenos foram considerados de extrema importância por representarem pontos de ligação entre a paisagem, intermediando as interações entre fragmentos de áreas maiores. Os valores do Índice Integral de Conectividade (IIC) variaram de 0 a 24, sendo obtida média de 0,098 para a área de estudo, mostrando o predomínio de baixa conectividade entre as manchas de vegetação. O IIC evidenciou a importância da realização de trabalhos de restauração de áreas degradadas como tentativa de melhoria na rede de conectividade na região estudada.

Palavras chave: Empreendimentos rodoviários, Fragmentação florestal, Ecologia de Paisagem.

ABSTRACT

Road projects are among the most responsible for increasing forest fragmentation, resulting in mobility of wildlife individuals barriers. To know the reality of the locations of these projects and map strategies to minimize environmental impacts becomes critical. The objective of this study is to analyze the forest fragmentation in the implementation area of the BR-392 with 245 km extension, between the cities of Santa Maria and Santo Ângelo, in Rio Grande do Sul. The mapping was performed on images satellite Landsat-8, by vectorization process of the forest remaining using ArcGIS 9.3 software. For landscape metrics analysis was used the V-Late extension. For analysis of functional connectivity of the landscape was used Conefor Sensinode software. It was quantified 2.176 forest fragments, corresponding to 15.87% of the 240,324 hectares study area. Of these fragments, 124 are directly impacted by the design of the road project. The F1 size class (<5.0 ha) showed more fragments. Class F3 (> 50.0 ha) showed the highest forest coverage area. According to the results obtained from the metrics, it was observed that the area is very fragmented and small fragments were considered extremely importante, because they represent points of connection between the landscape, intermediating interactions between larger areas of fragments. Values of Landscape Connectivity Index (IIC) ranged from 0 to 24, being obtained average of 0.098 for the study area, showing the predominance of low connectivity between patches of vegetation. The IIC has highlighted the need to increase the work of restoration of degraded areas as an attempt to improve the network connectivity in the region studied.

Keywords: Road projects, Forest fragmentation, Landscape Ecology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	27
Figura 2. Imagem mostrando uma área de formações estépicas convertida em pastagens no município de Santa Maria. Fonte: STE, 2012	29
Figura 3. Imagem mostrando área de remanescentes de Floresta Estacional Decidual em São Pedro do Sul. Fonte: STE, 2012	30
Figura 4. Imagem do avanço de pastagens sobre área de Floresta Estacional Decidual no município de Toropi. Fonte: STE, 2012.....	30
Figura 5. Campo com <i>Vachellia caven</i> (espinilho) em área de Contato Savana-Estepe. Fonte: STE, 2012	31
Figura 6. Paisagem da formação Contato Savana-Estepe no município de São Miguel das Missões. Fonte: STE, 2012.....	31
Figura 7. Localização das cenas do satélite <i>Landsat-8/OLI</i> utilizadas para o mapeamento dos fragmentos florestais na área de estudo. Fonte: <i>United States Geological Survey</i> (USGS) - earthexplorer.usgs.gov	32
Figura 8. Fragmento de vegetação nativa em São Pedro do Sul contornado por área convertida em pastagem. Fonte: STE, 2012.....	38
Figura 9. Expansão das áreas de cultivo sobre a floresta nativa e Áreas de Preservação Permanente (APP). Toropi/RS Fonte: STE, 2012.....	38
Figura 10. Vista característica do traçado do empreendimento no município de Toropi, mostrando remanescentes florestais bem preservados próximos a área de implantação da nova rodovia. Fonte: STE, 2012.....	39
Figura 11. Fragmento florestal remanescente de Floresta Estacional Decidual em meio a pastagens no município de Jari, visto do eixo do traçado proposto para a implantação da BR-392. Fonte: STE, 2012.....	39
Figura 12: Mapa dos fragmentos florestais nativos identificados na área de estudo.	40
Figura 13: Mapa dos fragmentos florestais diretamente impactados pela faixa de domínio do empreendimento.....	42

Figura 14. Mapa da classificação dos fragmentos florestais de acordo com as classes de tamanho. Em vermelho são mostrados os pequenos fragmentos, em amarelo de tamanho médio e em verde os fragmentos classificados como de tamanho grande.	44
Figura 15: Gráfico da contribuição dos fragmentos florestais na área total da paisagem, em função das classes de tamanho.....	45
Figura 16. Mapa da classificação dos fragmentos florestais de acordo com o grau de proximidade entre eles.	53
Figura 17: Mapa do grau de conectividade entre os fragmentos florestais gerado de acordo com o Índice Integral de conectividade - IIC.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índices de Ecologia de Paisagem gerados no nível de classe por meio do <i>V-Late</i> para os fragmentos florestais.....	35
Tabela 2. Índices de Ecologia de Paisagem dos Fragmentos Florestais identificados na área de estudo gerados com a extensão <i>V-Late</i>	46

LISTA DE ABREVIATURAS

- AIA** – Avaliação de Impacto Ambiental
- APP** – Área de Preservação Permanente
- CA** – Área da Classe
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- EIA** – Estudo de Impacto Ambiental
- EVTEA** – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IIC** – Índice Integral de Conectividade
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente
- MNN** – Distância média do vizinho mais próximo
- MPE** – Comprimento Médio de Bordas
- MPFD** – Dimensão fractal da mancha média
- MPS** – Tamanho Médio da Mancha
- MSI** – Índice de Forma
- NCA** – Número de Áreas Centrais
- NUMP** – Número de Manchas
- OLI** – Operacional Land Imager
- PSSD** – Desvio Padrão do Tamanho da Mancha
- RS** – Rio Grande do Sul
- RMPA** – Região Metropolitana de Porto Alegre
- RIMA** – Relatório de Impacto Ambiental
- SC** – Santa Catarina
- SIG** – Sistema de Informações Geográficas
- STE** – Serviços Técnicos de Engenharia
- TCA** – Área central total
- TCAI** – Índice de área central total
- TE** – Total de Bordas
- TR** – Termo de Referência
- USGS** – States Geological Survey
- UTM** – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Objetivos	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Impactos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários	18
2.2. Áreas de Preservação Permanente (APP) e Corredores Ecológicos.....	20
2.3. Fragmentação Florestal	21
2.4. Ecologia de Paisagem.....	23
2.5. Geoprocessamento e Análise Ambiental	25
3. METODOLOGIA.....	27
3.1. Localização e Caracterização da Área de estudo	27
3.2. Mapeamento da Cobertura Florestal.....	32
3.3. Métricas de Ecologia de Paisagem	34
3.4. Conectividade entre os Fragmentos Florestais	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Mapeamento dos Fragmentos Florestais	37
4.2. Análise dos Fragmentos Florestais por meio de métricas da paisagem	41
4.3. Índice Integral de Conectividade	54
5. CONCLUSÕES.....	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

As transformações causadas pelo homem na paisagem são expressivas e devem ser criteriosamente avaliadas, para que seja possível compatibilizar suas atividades. O conhecimento científico deve ser o principal norteador das atividades humanas, subsidiando ações práticas de conservação e manejo da biodiversidade a fim de evitar-se novas perdas do nosso patrimônio natural ou de evitar-se aquelas que estão a caminho, bem como assegurar-se da conservação de serviços dos ecossistemas naturais (METZGER, 2009).

Todo e qualquer empreendimento causa alterações ao meio ambiente, podendo estas ser permanentes ou temporárias. As interferências nas relações biológicas, físicas, químicas e sociais constituem os impactos ambientais (FOGLIATTI et al., 2004). Para Sánchez (2008), Impacto Ambiental pode ser definido como a *“alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana”*.

A abertura de rodovias ou a sua duplicação são empreendimentos impactantes sobre os ecossistemas, pois utilizam muitos recursos naturais e envolvem uma área consideravelmente extensa, causando danos, muitas vezes irreversíveis à fauna, flora, recursos hídricos e solos de uma região. Desta forma o processo de construção rodoviária, desde a fase de estudo, deve adotar técnicas ou métodos que minimizem esses impactos.

Entre as interferências relacionadas à flora e fauna em empreendimentos rodoviários estão a perda de biodiversidade e a fragmentação de habitat. Estas vêm sendo tratadas como as mais importantes e difundidas consequências da atual dinâmica de uso da terra e podem acarretar no isolamento das formações e populações remanescentes, nas alterações nos fluxos gênicos, na intensificação das competições, nas alterações da estrutura e qualidade de habitat, nas extinções de espécies e na perda de biodiversidade. Neste sentido, conhecer a realidade dos locais de implantação destes empreendimentos e traçar estratégias de minimização de impactos e recuperação ambiental torna-se fundamental.

As infraestruturas terrestres de comunicação e transporte estão entre as maiores responsáveis pelo incremento da fragmentação territorial, resultando em barreiras à mobilidade de indivíduos de espécies selvagens, conduzindo os indivíduos e as espécies a processos estocásticos (GENELETTI, 2004).

De acordo com Viana (1990) apud Pirovani (2010), um fragmento florestal é qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas ou naturais capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. É, portanto, produto de uma ação natural ou antrópica. Mas, atualmente, tem sido um produto intimamente relacionado à expansão das atividades humanas. Este processo tem consequências na conectividade e nos mecanismos responsáveis pelas alterações negativas dos processos ecológicos sobre espécies.

O processo de fragmentação florestal é um fenômeno grave, impulsionado pela atividade desordenada de uso e ocupação da terra, pelo modelo econômico vigente e pelo crescimento populacional. Atualmente é mais estudado pela comunidade científica, representando preocupação para a população em geral, pois os fragmentos florestais sofrem pressões diversas que resultam diretamente em perda da biodiversidade (PIROVANI, 2010).

A Ecologia de Paisagem tem um papel importante na tomada de decisões sobre as áreas a serem priorizadas para a conservação e restauração. Essa ciência busca entender como processos ecológicos são influenciados pelos padrões da paisagem, composta por mosaicos heterogêneos, estudando as maneiras como as espécies se concentram, dispersam e interagem nessa escala (TURNER, 1989).

Para que seja possível aplicar estratégias que reduzam os efeitos prejudiciais da fragmentação, deve-se realizar a análise dos fragmentos numa escala de paisagem, identificando a dinâmica das várias interações presentes nas áreas fragmentadas (COSTA e SCARIOT, 2003). Para estudar os padrões de estrutura espacial dos fragmentos florestais foram desenvolvidas métricas ou índices de ecologia. Várias dessas métricas têm sido usadas para descrever padrões espaciais, a partir de produtos temáticos obtidos através do uso integrado das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são as principais ferramentas da Ecologia de Paisagem para avaliação dos recursos naturais, bem como para o monitoramento das alterações do meio. Nesses estudos, a cobertura florestal atua como um dos indicadores do estado ambiental, podendo nortear o planejamento da restauração dos fragmentos degradados (PIVELLO e METZGER, 2007).

Este estudo propõe-se a analisar a fragmentação florestal na área de entorno do empreendimento de implantação da BR-392, entre os municípios de Santa Maria

e Santo Ângelo no Rio Grande do Sul, buscando através do uso de métricas de Ecologia de Paisagem, classificar os remanescentes florestais e conhecer os locais prioritários para o desenvolvimento de ações visando à redução de impactos ambientais e a conservação da biodiversidade local.

A área de estudo deste trabalho contemplou um espaço de 5,0 (cinco) quilômetros (km) para cada lado do eixo do traçado proposto para a implantação da BR-392 (trecho entre os municípios de Santa Maria e Santo Ângelo/RS com 235 km de extensão), empreendimento que se encontra na fase de Estudo de Impacto Ambiental (EIA). O entorno deste trecho da BR-392 apresenta-se na forma de um mosaico campo-floresta, criando uma paisagem fragmentada e heterogênea devido as diferentes formações florestais que engloba. Também apresenta morros com vegetação preservada e importantes corredores ecológicos para a flora e fauna da região.

1.1. Justificativa

O sistema rodoviário no Brasil está intimamente ligado ao surgimento das cidades e pólos industriais, sendo o modal de transportes mais utilizado no país. No RS, essa realidade não é diferente; o modal rodoviário é o mais utilizado, interferindo, significativamente, na configuração espacial das cidades, bem como, na economia. Dessa forma há demanda por alternativas uniformemente distribuídas, a fim de não segregar espaços, bem como a manutenção de vias existentes e duplicações. Atualmente, o RS possui 12,4 mil km de rodovias estaduais e 5,4 mil km de rodovias federais, sendo que as federais encontram-se em melhores condições, as quais enfrentam sérios problemas de segurança (BRASIL, 2014).

Porém, a manutenção de rodovias, sob qualquer jurisdição, consome recursos significativos do poder público, seja para implantação, duplicação ou manutenção. No RS, a melhor distribuição da malha rodoviária encontra-se na metade norte, que possui um sistema viário entre os melhores do Brasil (COLLAZIOL, 2003), região onde encontram-se os melhores índices econômicos do estado, associados essencialmente à produção agrícola.

Recentemente o estado tem recebido por parte do governo federal significativos investimentos para implantação, duplicação e manutenção de rodovias federais, em todo território, inclusive no sul do estado, onde localiza-se o Porto de Rio Grande, importante via de escoamento da produção de todo o território gaúcho. Muitas das obras necessárias à melhoria do sistema viário, em meados do ano 2000, eram vistos como desafio haja vista a duplicação da BR-101 (Osório – Torres/RS e Palhoça/SC), alternativa para a BR-116/RS (Porto Alegre - Novo Hamburgo), duplicação da ponte sobre o Lago Guaíba, importante ligação entre o norte e sul do estado, duplicação da RS-118 (Gravataí - Sapucaia do Sul), conclusão da BR-101 (Tavares – São José do Norte), ligação entre São José do Norte e Rio Grande, ligação da BR-392/471 (Pelotas - Rio Grande), conclusão da Rota do Sol, construção de anéis rodoviários em torno da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), além da conservação e manutenção da malha viária então existente (COLLAZIOL, 2003). Entre as necessidades mencionadas na época, várias foram ou estão sendo atendidas, configurando uma nova era na implantação, duplicação e manutenção de rodovias no estado, principalmente no que se refere ao licenciamento ambiental.

O empreendimento de implantação da rodovia BR-392, a qual ligará a região noroeste do estado ao Porto de Rio Grande, objetiva atender a melhoria de acesso aos pólos regionais, auxiliando no escoamento da produção, densificando a malha viária estadual e preenchendo as discontinuidades da BR-392. A região, conhecida e caracterizada essencialmente pelo cultivo de soja, carece de uma via adequada para o escoamento da produção, o que deve trazer maior desenvolvimento, bem como beneficiar as comunidades diretamente interceptadas, além de potencializar o comércio, turismo e a integração regional.

Em fevereiro de 2010, O DNIT, através do Edital de nº 051/2010-00 (regido pela Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993 e suas alterações) iniciou a licitação de concorrência pública para a seleção de empresas especializadas para execução de Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), Estudos Ambientais e Projetos Básico e Executivo de Engenharia para a implantação do trecho rodoviário entre as cidades de Santa Maria a Santo Ângelo na rodovia BR-392 no estado do Rio Grande do Sul.

Em agosto de 2013 o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, após análise e aprovação do EVTEA, emitiu o Termo de Referência (TR) para a elaboração do EIA do empreendimento. Entre as determinações do TR está a caracterização dos corredores ecológicos e remanescentes de vegetação nativa, consistindo na identificação e caracterização de fragmentos florestais a serem impactados. Quanto aos corredores ecológicos, solicita a descrição do seu estado de conservação e/ou regeneração e sua importância para o ecossistema local. O EIA do empreendimento está em fase de elaboração e não possui dados publicados.

Para fins de manutenção da biodiversidade, a realização de estudos utilizando métricas ou índices de ecologia da paisagem é muito importante, pois a análise dos valores das métricas permite identificar áreas aptas à conservação por meio da interpretação dos resultados de área, forma, borda, proximidade e área central dos fragmentos (PIROVANI, 2010).

A pesquisa em pauta justifica-se, pois a partir do conhecimento das condições da cobertura florestal na área de implantação do empreendimento será possível direcionar esforços para a preservação ou redução de impactos nas áreas identificadas como de relevância para a conservação. Estas informações podem auxiliar na elaboração de programas voltados para a mitigação dos impactos ambientais na fase de licenciamento do empreendimento, assim como irá permitir comparar as mudanças da cobertura florestal após a implantação do empreendimento.

Embora a área de estudo apresente-se em forma de um mosaico campo-floresta, apresentando áreas de campo igualmente importantes para a biodiversidade local, o objetivo do presente trabalho é analisar a fragmentação florestal da área que será objeto de implantação do empreendimento rodoviário.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a fragmentação florestal na área de entorno do empreendimento de implantação da BR-392, entre os municípios de

Santa Maria e Santo Ângelo no Rio Grande do Sul, buscando através do uso de métricas de Ecologia de Paisagem, classificar os remanescentes florestais e conhecer os locais prioritários para o desenvolvimento de ações visando à redução de impactos ambientais e a conservação da biodiversidade local.

Os objetivos específicos foram:

- Mapear os remanescentes florestais na área de estudo que trata-se da área de implantação da BR-392;
- Classificar os fragmentos florestais através de métricas da paisagem, procurando identificar o estado de conservação e conectividade entre os mesmos;
- Conhecer a localização dos fragmentos florestais mais impactos pela implantação da rodovia;
- Propor alternativas para a redução dos impactos relacionados a supressão de vegetação para a implantação da rodovia sobre a conectividade da paisagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Impactos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários

A construção de obras de infraestrutura viária foi decisiva para o crescimento econômico das cidades, pois depois de concluídas essas rodovias realizam o transporte de produtos, mercadorias, pessoas e animais. Os sistemas de transporte são essenciais à sociedade moderna para realização das diversas atividades que movimentam a economia e satisfazem as necessidades das pessoas. Por outro lado, o sistema de transporte rodoviário envolve impactos sobre o meio ambiente, tanto na fase de construção quanto a de operação. Atualmente, tanto empreendedores quanto cidadãos comuns reconhecem a necessidade de ocorrer uma harmonia entre os sistemas de transporte e o meio ambiente, visando à minimização de impactos negativos e a consequente preservação ambiental (FOGLIATTI et al., 2004).

No Brasil, a definição legal para o termo impacto ambiental redigida segundo a Resolução CONAMA nº 1/86 é a seguinte: “ Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

Outra definição de impacto ambiental é dada pela norma NBR ISO 14.001 de 2004: “Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (item 3.4 da norma).

Para Fogliatti et al. (2004), um impacto ambiental pode ser qualificado quanto ao valor, ao espaço de ocorrência, à reversibilidade, à chance de ocorrência e à incidência. Para este autor, o valor do impacto o caracteriza como positivo ou negativo.

Embora a implantação de rodovias seja uma atividade que gere impactos ambientais significativos, há exemplos, no Brasil, de rodovias construídas com

grande grau de observância da legislação e das condicionantes das licenças ambientais (GALLARDO e SÁNCHEZ, 2004).

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um procedimento que tem por objetivo examinar as repercussões de determinados empreendimentos e atividades sobre o meio ambiente (ANTUNES, 2011), antes de tomar-se qualquer decisão que possa acarretar significativa degradação da qualidade do meio ambiente. Para cumprir esse papel, a AIA é organizada de forma a que seja realizada uma série de atividades sequenciais e procedimentos, concatenadas de maneira lógica (SÁNCHEZ, 2008).

Dentro do Processo de AIA, um dos itens mais importantes é o desenvolvimento e a apresentação do EIA do empreendimento (STAMM, 2003). Os resultados deste estudo, em geral extensos e complexos, constituem a principal base para a análise da viabilidade ambiental da ação proposta e tomada de decisão (DIAS, 2001).

O estudo dos impactos ambientais de projetos rodoviários pode estar associado a três fases distintas do empreendimento: projeto, construção e operação. A gestão ambiental em obras de rodovias começa, portanto, na fase de projeto, ao definir-se sua localização. Moreno (2000) destaca que “nos projetos rodoviários a localização das estradas constitui a decisão mais crítica, enquanto a sua construção determinará, principalmente, o tipo e magnitude dos impactos ambientais e sociais que a mesma causará”. Algumas das questões-chave como interferência em áreas de vegetação, cursos d’água e riscos de erosão estão essencialmente associadas a definição de localização e traçado.

A legislação brasileira exige que os empreendedores efetuem estudos de impacto ambiental e relatórios de impacto sobre o meio ambiente (RIMA), antes da implantação do projeto, a fim de obter as licenças necessárias (CONAMA, 1997). O processo de licenciamento ocorre em três etapas, a saber: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação. A construção da rodovia ocorre a partir da emissão da Licença de Instalação, que contém exigências técnicas provenientes das conclusões do EIA.

Muitas ou todas essas características são percebidas em impactos ambientais causados pela implantação de obras rodoviárias. Fogliatti et al. (2004) colocam ainda que as principais atividades causadoras de impactos em implantação de obras rodoviárias são aquelas relacionadas às instalações do empreendimento e suas áreas de apoio, além da mobilização de recursos humanos e maquinários.

Sánchez (2008) destaca que os principais impactos ambientais de obras rodoviárias são provenientes das atividades de instalação de canteiro de obras, abertura de caminhos e serviços, supressão de vegetação, utilização de caixas de empréstimo e bota fora, serviços de terraplenagem, implantação de obras de arte corrente e especial, pavimentação e tráfego de máquinas e caminhões.

2.2. Áreas de Preservação Permanente (APP) e Corredores Ecológicos

De acordo com a Lei nº 12.651/2012, que institui o Novo Código Florestal brasileiro, as APP são áreas especialmente protegidas, cobertas ou não com vegetação nativa cuja função é preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (artigo 3º). São consideradas APP as áreas situadas: ao longo dos rios e dos demais corpos d'água (naturais ou artificiais), no entorno de nascentes, em restingas, em manguezais, em locais com declividade superior a 45º, em bordas de tabuleiro ou chapadas, nos topos de morro, montes, montanhas e serras e em áreas com altitude superior a 1.800 m.

As APP, especialmente as matas ciliares, são fundamentais para garantir a conectividade entre as reservas legais e demais fragmentos florestais, atuando como corredores ecológicos na paisagem. Corredores ecológicos, conforme definido pelo artigo 2º da Lei nº 9.985/2000, são entendidos por porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.

Entretanto, o termo corredor ecológico vem sendo utilizado com distintas definições e em diferentes contextos. Alguns pesquisadores utilizam o termo para designar trechos de vegetação nativa que conectam fragmentos. MMA aplica o termo “Corredor Ecológico” a um mosaico de terras composto por unidades de conservação, terras indígenas e áreas de interstícios, como propriedades de fazendeiros e empresas, além dos corredores de vegetação nativa (MMA, 2007).

Os corredores permitem a dispersão de animais e plantas entre as áreas protegidas, promovendo o fluxo gênico entre as populações e a colonização de outras regiões (LACRUZ, 2006). Segundo a mesma autora, os corredores podem desempenhar funções diferentes de acordo com a ocasião: de habitat para algumas espécies; canal ou conduto para o transporte de energia, água, nutrientes, genes, sementes, organismos ou outros elementos; filtro ou barreira que interceptam o vento, água, nutrientes, genes ou animais; fonte, quando liberam objetos e substâncias na matriz adjacente; e sumidouro quando recebe e retém, mesmo que temporariamente, objetos e substâncias que se originam na matriz adjacente. Estas funções podem variar com o tempo, através de mudanças climáticas sazonais.

2.3. Fragmentação Florestal

A fragmentação florestal constitui-se em uma das ameaças atuais à conservação da biodiversidade em todo planeta. Seus efeitos são em larga escala, tais como alterações no habitat de inúmeras espécies da fauna e flora. Além disso, as comunidades humanas do entorno dos fragmentos florestais também são afetadas, principalmente em relação às modificações nas condições de solo e água, essenciais à sobrevivência destas (JESUS, 2013).

A formação de áreas fragmentadas é um evento natural, que ocorre pelas próprias características do meio durante a dinâmica sucessional. No entanto, este processo vem sendo intensificado pela ação antrópica trazendo vários prejuízos ambientais. Um ambiente torna-se fragmentado quando tem suas condições ambientais alteradas em relação a seu entorno, ao ser dividido em manchas ou fragmentos menores (BRASIL, 2003).

A fragmentação florestal traz inúmeros prejuízos aos sistemas naturais, sendo o de maior importância a perda de biodiversidade. As consequências imediatas da fragmentação são a redução e subdivisão de área de habitat disponível, um maior efeito de borda e uma maior influência da matriz circundante (OLIVEIRA, 2003).

As rodovias contribuem para a fragmentação de áreas naturais e esse é um dos principais impactos decorrentes de obras rodoviárias. Os remanescentes de vegetação conhecidos como fragmentos florestais, advindos de vários anos de desmatamento progressivo, constituem hoje um dos maiores desafios para a conservação. Esses novos ambientes criados pelo homem abrigam uma diversidade biológica não calculada e altamente ameaçada (TERBORGH e WINTER, 1980).

O ambiente fragmentado distingue-se do original por apresentar uma maior área de borda e por ter a parte central mais próxima dessa área, tornando-se mais vulnerável às alterações externas. Embora as áreas fragmentadas tenham extensões reduzidas, continuam sendo alteradas principalmente por situarem-se geralmente em uma matriz antropizada, o que pode trazer um quadro mais prejudicial do que a própria fragmentação (COSTA e SCARIOT, 2003).

Dentre as principais consequências da fragmentação tem-se o chamado “efeito de borda”, que seria o surgimento de ecótonos internos, ou seja, diversas áreas de transição entre as faixas, tornando o fragmento mais exposto às condições de luminosidade, temperatura, ou outras modificações microclimáticas. Não existe um valor padrão de efeito de borda, geralmente esse processo atinge em média os primeiros 35 m do fragmento chegando a 500 m de largura da faixa no entorno. Entretanto, não é apenas a largura que determina o efeito de borda numa área, sendo necessário considerar também outros fatores como condições locais de microclima, composição de espécies arbóreas, densidade das espécies, etc. (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Os fragmentos são afetados por problemas direta e indiretamente relacionados à fragmentação, tal como o efeito da distância entre eles, ou o grau de isolamento; o tamanho e a forma do fragmento; o tipo de matriz circundante e o efeito de borda (CERQUEIRA et al. 2003). Os efeitos de borda e de área são os que mais afetam mudanças nas comunidades florestais. Os efeitos de área se dão em função do isolamento do fragmento. Dependendo do grau de isolamento do

fragmento e das características da matriz (tipo de vegetação), esta pode exercer grande influência no fragmento levando a degradação do remanescente florestal (LAURENCE et al., 2000).

Para que seja possível aplicar estratégias que possam reduzir os efeitos prejudiciais da fragmentação, é preciso o manejo dessas áreas avaliando-se a finalidade produtiva juntamente com a de conservação, por meio do planejamento da restauração dos fragmentos degradados. Dessa forma, deve-se realizar a análise dos fragmentos numa escala de paisagem identificando a dinâmica das várias interações presentes nas áreas fragmentadas (COSTA e SCARIOT, 2003).

Os estudos da estrutura da paisagem possibilitam conhecer o padrão espacial dos fragmentos e as principais alterações que ocorrem no meio, auxiliando na avaliação quantitativa e qualitativa das áreas (LANG, 2009).

2.4. Ecologia de Paisagem

A Ecologia de Paisagem é uma ciência que trabalha com três características da paisagem: estrutura, que são as relações entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração; funcionamento, que se traduz nos fluxos de energia, matéria e espécies dentro da paisagem; e alterações que são as modificações observadas na estrutura e fluxos do mosaico ecológico (FORMAN e GODRON, 1986).

A Ecologia de Paisagem pode ser definida como a área da ciência que congrega os conceitos geográficos de paisagem e interferência humana aos processos ecológicos e os relaciona com a conservação da biodiversidade. A principal contribuição desse ramo da ciência está em realizar uma análise da complexidade das inter-relações entre os aspectos naturais e as modificações provocadas pelas ações humanas (METZGER, 2001; PIVELLO e METZGER, 2007).

Atualmente, a Ecologia de Paisagem tem configurado-se como base científica diante de questões relacionadas à fragmentação de áreas para a conservação, manejo de recursos naturais, manutenção da diversidade biológica, licenciamento ambiental e restauração de áreas degradadas (PAESE e SANTOS, 2004). Na

abordagem geográfica, possibilita o estudo dos impactos estruturais e funcionais gerados pelo homem no espaço heterogêneo e as inter-relações presentes entre os componentes que o compõem, tanto naturais como culturais. Na abordagem ecológica, permite o enfrentamento dos problemas ambientais. A compatibilização entre o uso das terras e a sustentabilidade econômica, social e ambiental requer o planejamento da ocupação e conservação da paisagem como um todo (METZGER, 2001).

Segundo Lucas (2011), o conceito de estrutura da paisagem é relativamente jovem dentro da ecologia de paisagens. Trata-se do estudo do mosaico da paisagem que aparece como padrão e o ordenamento espacial específico das unidades de paisagem numa determinada seção de pesquisa. Trabalha com as feições espaciais/estruturais observáveis e mensuráveis na paisagem e caracteriza as suas condições, seu desenvolvimento e sua mudança temporal. Seu desenvolvimento foi fortemente determinado por ferramentas computacionais e por métodos de processamento de informações geográficas, bem como de processamento digital de imagens.

A estrutura da paisagem é composta pelos elementos: fragmento, corredor e matriz. O fragmento, também designado mancha (*patch*), refere-se ao elemento básico que forma a paisagem (URBAN et al., 1987 apud VALENTE, 2001). Os corredores, por sua vez, são estreitas faixas, naturais ou antrópicas, que diferem da matriz em ambos os lados. A grande maioria das paisagens são, ao mesmo tempo, divididas e unidas por corredores (FARINA, 1998 apud VALENTE, 2001). Já a matriz da paisagem corresponde ao tipo de superfície dominante, com maior conectividade e que ocupa a maior extensão, e por esse motivo, exerce maior influência nos processos ecológicos da paisagem. As matrizes que permitem a maior conectividade entre os fragmentos florestais são consideradas as de maior porosidade, fator que terá influência direta na conservação e preservação dos remanescentes florestais (VALENTE, 2001).

Para realizar a análise quantitativa da paisagem, a Ecologia de Paisagem faz uso de parâmetros específicos, que são denominados índices ou métricas de paisagem. Esses parâmetros podem ser divididos em duas classes: os índices de composição e de disposição (METZGER, 2006).

Conforme Pirovani (2010), a grande variedade de índices existentes na Ecologia de Paisagem levou autores como McGarigal e Marks (1995) a agruparem esses índices nas seguintes categorias: índices de área; índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; índices de forma; índices de borda; índices de área central ou nuclear; índices de proximidade; entre outros.

2.5. Geotecnologias e Análise Ambiental

Segundo Gustafson (1998) a análise de mapas temáticos é uma das formas para estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em determinado período de tempo. Os mapas podem ser úteis para ordenar, planejar e inferir, e por sua vez, constituem um suporte indispensável para o planejamento, ordenamento e do uso eficaz dos recursos naturais.

O geoprocessamento constitui hoje uma ferramenta primordial para as etapas de levantamento e processamento de informações relacionadas a questões ambientais. Utilizando programas específicos é possível efetuar interpolações ou sobreposições de dados levantados ou já existentes, gerando de forma rápida e eficiente uma série de novas informações relevantes (CALDAS, 2006).

Para Silva et al. (2007) o geoprocessamento é caracterizado como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). De maneira sucinta, pode-se dizer que SIGs são ferramentas que manipulam objetos (ou feições geográficas) e seus atributos (ou registros que compõem um banco de dados) por meio de seu relacionamento espacial (topologia) (VEIGA e SILVA, 2004). O uso do SIG permite ganhar conhecimento sobre as relações entre fenômenos ambientais, estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos (SILVA, 1992).

A utilização do SIG e do Sensoriamento Remoto no planejamento ambiental é uma metodologia eficaz, e por isso tem sido utilizada não apenas na área ambiental, mas em diversas atividades distribuídas em várias partes do mundo. É dessa forma

uma tecnologia em expansão que possibilita capturar, armazenar, visualizar e processar uma gama de informações de dados espaciais (GONÇALVES et al., 2011).

O SIG como ferramenta da Ecologia de Paisagem, fornece informações com subsídio para o mapeamento das condições atuais da paisagem, representação de cenários futuros e para decisões de planejamento do uso do espaço. Especificamente para a restauração de áreas degradadas, o SIG contribui para definir critérios de seleção de áreas para a restauração, através da análise do uso e ocupação do solo atual, histórico de degradação, por meio de imagens para o mapeamento e programas específicos de métricas de paisagens (LANG, 2009; RIBEIRO et al., 2012).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização e Caracterização da Área de estudo

A área de estudo deste trabalho contemplou um espaço de 05 (cinco) quilômetros para cada lado do eixo do traçado proposto para a implantação da BR-392, totalizando 240.324 ha. A Figura 1 a seguir mostra a localização da área de estudo.

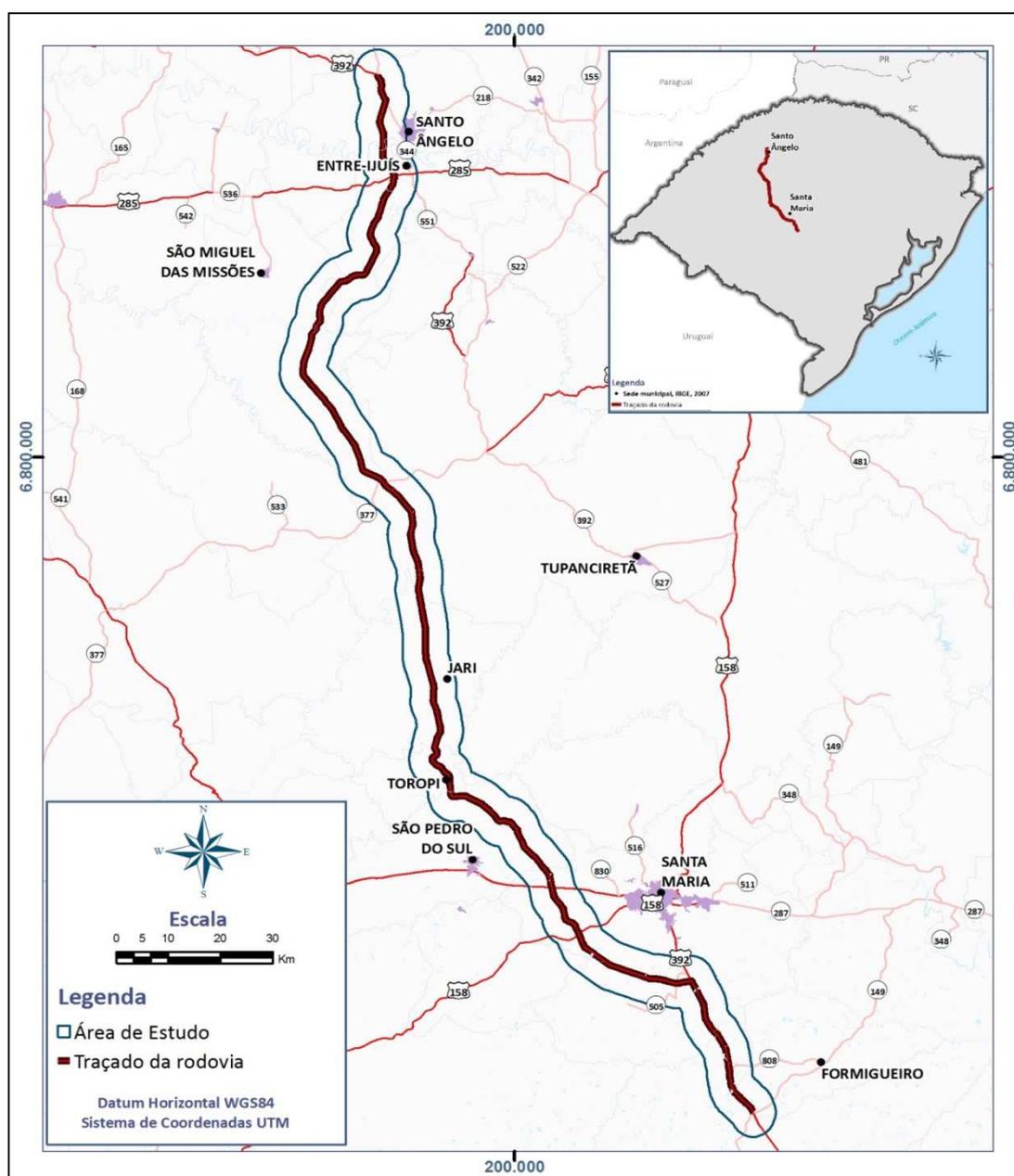


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

O empreendimento, objeto desse estudo, refere-se às obras de implantação da rodovia BR-392, a qual deverá ligar a região noroeste do estado do Rio Grande

do Sul, no município de Porto Xavier até o Porto de Rio Grande. Para tanto, serão contemplados 235 quilômetros, abrangidos pelo subtrecho que vai desde o entroncamento com a RS-149 (para o município de Formigueiro), até o entroncamento com a RS-344 (para o município de Santa Rosa), no município de Santo Ângelo.

O trecho da BR-392 intercepta os municípios de Entre-Ijuís, Formigueiro, Jari, Santa Maria, Santo Ângelo, São Miguel das Missões, São Pedro do Sul, São Sepé, Jóia, Toropi e Tupanciretã, e contemplam, em sua maioria, a economia com base na atividade agropecuária. A região destinada a receber o empreendimento destaca-se perante o cenário estadual no que se refere ao cultivo de soja, que atualmente é escoada para o sul do estado, onde se situa o Porto de Rio Grande. O segmento a ser implantado deverá constituir-se em uma importante, ligação entre o noroeste do estado com o Porto de Rio Grande. A implantação da rodovia também visa facilitar o escoamento produção, aumentando a segurança e a agilidade do transporte, principalmente de cargas produtivas, podendo contribuir no crescimento da população urbana, incremento da indústria e comércio, conseqüentemente, gerando mais emprego e renda.

A Lei nº 10350/94 estabelece para fins de gestão dos recursos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, que o mesmo possui três regiões hidrográficas: Região Hidrográfica do Uruguai, Região Hidrográfica do Guaíba e Região Hidrográfica das bacias Litorâneas. A área de estudo do presente trabalho está localizada em duas regiões hidrográficas: Região Hidrográfica do Lago Guaíba e Região Hidrográfica do Rio Uruguai.

Com relação à geomorfologia da região, de acordo com os dados do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), na área de estudo estão presentes oito (8) unidades geomorfológicas. Observa-se que as unidades predominantes são: Planalto de Santo Ângelo, Planalto dos Campos Gerais e Depressão do Rio Jacuí que juntas ocupam aproximadamente 75% da área.

Na área de estudo são destacadas três regiões fisiográficas distintas nas quais são encontrados diferentes tipos de solo: Depressão Central onde ocorrem os argilitos, siltitos e arenitos da Formação Santa Maria, nos municípios de Santa Maria e São Pedro do Sul; Região das Missões onde predomina o basalto e Unidade

Modelados de Rebordo do Planalto que compreende o curso médio dos afluentes do rio Ibicuí, várzea do rio Ibicuzinho até o rio Toropi, onde predominam os Neossolos e Cambissolos.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), no entorno da área de estudo existem duas Unidades de Conservação mais próximas, sendo elas: Reserva Biológica do Ibicuí-mirim e Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Espora de Ouro.

Com relação às fitofisionomias florestais, de acordo com o Mapa de Vegetação Brasileira (IBGE, 2004) três formações florestais representam 99% da área de estudo sendo estas:

Estepe

Na área de estudo encontra-se a subformação Estepe Gramíneo Lenhosa com Floresta de Galeria apresenta, além do tapete gramíneo-lenhoso, a rede de drenagem circundada por galerias arbóreas. A Figura 2 a seguir mostra a característica geral das áreas estépicas presentes na região estudada.



Figura 2. Imagem mostrando uma área de formações estépicas convertida em pastagens no município de Santa Maria. Fonte: STE, 2012

Floresta Estacional Decidual

A Floresta Estacional Decidual está localizada em uma faixa que se estende principalmente pelos municípios de Formigueiro, Santa Maria, São Pedro do Sul,

Toropi e Jari na porção sul da área de interesse. Na faixa mais ao norte, esta fitofisionomia abrange com maior expressão os municípios de Santo Ângelo e Entre-Ijuís (IBGE, 1986). As figuras a seguir mostram as características da paisagem nesta fitofisionomia florestal.



Figura 3. Imagem mostrando área de remanescentes de Floresta Estacional Decidual em São Pedro do Sul. Fonte: STE, 2012



Figura 4. Imagem do avanço de pastagens sobre área de Floresta Estacional Decidual no município de Toropi. Fonte: STE, 2012

Contato Savana-Estepe

As áreas de tensão ecológica são constituídas pela interpenetração de floras entre duas ou mais regiões fitoecológicas. O contato entre estepe gramíneo lenhosa com a floresta estacional situa-se nas bacias dos rios Vacacaí, Butuí e Ibicuí, em relevo suavemente ondulado a ondulado. As figuras a seguir mostram locais com a fitofisionomia de Contato Savana-Estepe na área de estudo.



Figura 5. Campo com *Vachellia caven* (espinilho) em área de Contato Savana-Estepe. Fonte: STE, 2012



Figura 6. Paisagem da formação Contato Savana-Estepe no município de São Miguel das Missões. Fonte: STE, 2012

3.2. Mapeamento da Cobertura Florestal

A fim de elaborar os mapeamentos necessários e adquirir as bases cartográficas pertinentes para alcançar os objetivos almejados foram utilizados softwares específicos de geoprocessamento, bases cartográficas e imagens de satélite gratuitas. Além disso, foram utilizados dados disponibilizados pela empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A. e pelo DNIT.

O mapeamento dos fragmentos florestais presentes na área de estudo foi realizado sobre um mosaico de imagens orbitais captadas pelo sensor *Operacional Land Imager* (OLI), instalado a bordo do satélite *Landsat-8* e disponibilizadas pela *United States Geological Survey* (USGS) através do site: earthexplorer.usgs.gov. Para a cobertura completa da área de estudo foram necessárias quatro cenas do *Landsat-8*, como pode ser observado na Figura 7.

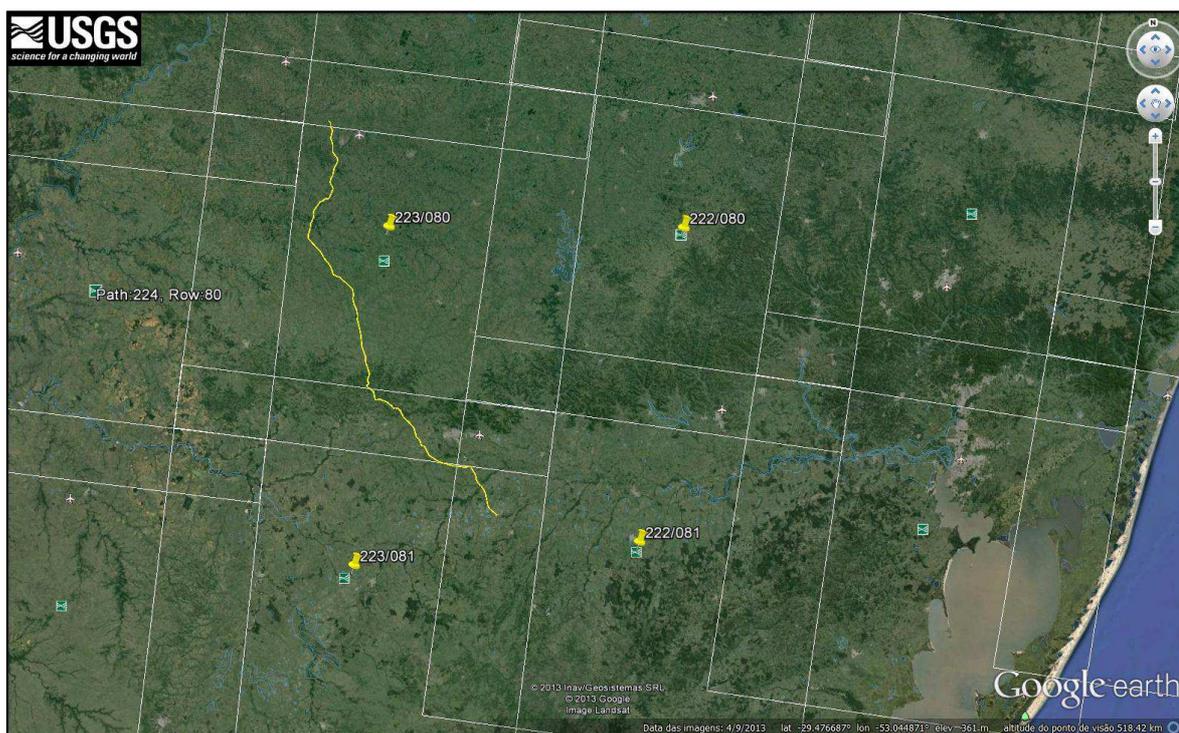


Figura 7. Localização das cenas do satélite *Landsat-8/OLI* utilizadas para o mapeamento dos fragmentos florestais na área de estudo. Fonte: *United States Geological Survey* (USGS) - earthexplorer.usgs.gov.

A combinação das bandas espectrais do satélite *Landsat-8* podem atender diferentes objetivos, de acordo com o interesse do usuário, a partir da combinação das bandas são produzidas as composições de imagens coloridas de acordo com a necessidade. Para os mapeamentos necessários neste trabalho foi utilizada a

combinação R4G3B2, que origina uma composição que apresenta uma imagem de cor natural ou cor verdadeira, permitindo visualizar os fragmentos de vegetação em tons de verde (<http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>).

O sistema de coordenadas escolhido para elaboração deste trabalho foi o *Universal Transversa de Mercator* (UTM), fuso 22S, que possibilita visualizar as coordenadas em metros, o que facilita o cálculo de áreas no programa utilizado. O sistema de referência foi o WGS-84 escolhido por ser o sistema utilizado universalmente e compatível com a maioria das bases georreferenciadas disponíveis, inclusive com o sistema SIRGAS 2000 que passou a ser oficial no Brasil, segundo o IBGE (2011).

A partir disso foi realizada a digitalização dos remanescentes florestais sobre a imagem de satélite, em formato *shapefile* (.shp), formato este compatível com o aplicativo de SIG utilizado para a elaboração do banco de dados geográficos, o *ArcGIS 9.3* da empresa americana *ESRI*. Para a elaboração do arquivo de fragmentos florestais na área de estudo em formato vetorial foi utilizada a ferramenta *Sketch Tool*, utilizando-se a escala de mapeamento de 1:20.000. A área de cada fragmento foi calculada utilizando a ferramenta *Calculate Geometry*, na tabela de atributos do próprio arquivo. O cálculo da área dos fragmentos permite realizar a comparação dos diversos tamanhos de fragmentos encontrados.

O número de fragmentos existentes na área foi relacionado à classe de tamanho. Como não existe um padrão estabelecido para classe de tamanho (BOLFE et al., 2004; CEMIN et al., 2009; MARTINS, 2012; MARTINS et al., 2014), foi adotado o critério utilizado por Pimentel (2011), caracterizando como pequenos os fragmentos com área menor que 5 ha considerados neste trabalho como a classe F1, médios aqueles com área entre 5 e 50 ha pertencendo à classe F2 e grandes aqueles com área maior que 50 ha sendo incluídos na classe F3.

3.3. Métricas de Ecologia de Paisagem

Para análise por meio das métricas de Ecologia de Paisagem foi delimitado um tamanho mínimo de área de cobertura florestal de 1,0 ha, visto que outros estudos definem que áreas inferiores possuem pouca importância ecológica na paisagem, devido à área central, efeito de borda, entre outros índices utilizados (VIANA e PINHEIRO, 1998; PIMENTEL, 2011; MARTINS et al., 2014).

Para o cálculo das métricas dos fragmentos florestais, empregou-se a extensão gratuita *V-Late* para o *software ArcGIS 9.3*. O *V-Late* disponibiliza um conjunto de métricas voltadas para investigações ecológicas baseadas nos principais aspectos do padrão estrutural da paisagem: a configuração e a composição (ESRI, 2015). A composição considera a integração de todos os tipos de fragmentos sem considerar sua localização espacial – por isso é aplicada apenas em nível de paisagem. Já a configuração considera o caráter espacial e sua relação conforme a disposição, posição ou orientação em nível de fragmento, de classe e de paisagem (LEITÃO e AHERN, 2002; McGARIAL, 2012; REZENDE, 2011; TURNER, 2005). Esta extensão utiliza dados em formato vetorial, sendo assim, para as análises foi utilizado o *shapefile* de remanescentes florestais elaborado previamente sobre imagem de satélite.

Para analisar os principais aspectos da configuração da paisagem foram utilizados os grupos de métricas de área, tamanho, forma, borda, área central (também denominada área de núcleo) e proximidade.

De todas as métricas existentes, as de área, tamanho e de borda são as medidas de configuração mais básicas utilizadas para incorporar as informações dos fragmentos em uma paisagem, pois calculam a área total sem considerar sua geometria. A métrica de forma atribui à geometria das manchas conforme sua complexidade; a métrica de área núcleo refere-se à área do interior de um fragmento depois de estipulado um buffer de borda¹⁰; e o índice de proximidade apresenta a distância média do fragmento vizinho mais próximo (McGARIAL, 2012).

Para o cálculo de área central foram utilizados os valores de 35 e 100 metros como distância predefinida. O detalhamento das métricas utilizadas neste estudo, juntamente com seus significados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Índices de Ecologia de Paisagem gerados no nível de classe por meio do *V-Late* para os fragmentos florestais.

Grupo	Sigla	Métrica	Unid.	Observação
Área	CA	Área da classe	ha	Somatório das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais
Densidade e Tamanho	MPS	Tamanho Médio da Mancha	ha	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas
	NUMP	Número de Manchas	Adimensional	Número total de manchas na paisagem ou na classe
	PSSD	Desvio Padrão do tamanho da mancha	ha	Razão da variância do tamanho das manchas
Borda	TE	Total de Bordas	m	Soma do perímetro de todas as manchas
	MPE	Comprimento médio de bordas	m	Quantidade de Extremidades relativa à área da paisagem
Forma	MSI	Índice de Forma	Adimensional	É igual a um quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha
	MPDF	Dimensão fractal da mancha média	Adimensional	Os valores se aproximam de um para formas com perímetro simples e chega a dois quando as formas forem complexas
Área Central	TCA	Área central total	ha	O tamanho total das manchas centrais
	NCA	Número das áreas centrais	Adimensional	Número total de áreas centrais dentro da paisagem ou dentro de cada mancha ao nível de classe
	TCAI	Índice de área central total	(%)	Medida relativa de área central da paisagem
Proximidade	MNN	Distância média do vizinho mais próximo	m	Média das distâncias para classes individuais ao nível de classe e a distância mais próxima ao nível de paisagem.

Fonte: Mc Garigal e Marks 1995

3.4. Conectividade entre os Fragmentos Florestais

Para avaliar a conectividade funcional dos fragmentos florestais da área de estudo, a fim de complementar a caracterização dos remanescentes obtida com as métricas da extensão *V-Late*, foi utilizado o programa *Conefor Sensinode* para o

software *ArcGIS 9.3* (SAURA e HORTAL, 2007). O *Conefor Sensinode* é baseado na teoria dos grafos que avalia a paisagem como um conjunto, onde seus elementos "nós" podem estar ou não conectados funcionalmente, de acordo com um limiar (distância) pré estabelecido. Com a aplicação deste programa é possível quantificar a importância da conectividade em cada fragmento da paisagem, sendo comumente utilizada em áreas de grandes extensões, justamente por abranger um grande número de nós na paisagem.

No programa *Conefor Sensinode* podem ser encontrados vários índices e para este estudo foi selecionado o índice IIC (Índice Integral de Conectividade) que é um índice binário que descreve o grau de conectividade da paisagem e também de cada fragmento. O índice IIC avalia a conectividade funcional para fluxos biológicos selecionados com base em um raio de dispersão pré-estabelecido. O índice varia de 0 a 1, aumentando a partir das melhores condições de conectividade. A seguir é apresentada a equação do índice empregado para o presente estudo proposta por Saura e Hortal (2007):

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i * a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2}$$

Onde:

n: número total de nós na paisagem;

ai: atributo do nó i;

aj: atributo do nó j.

Para este trabalho não foi determinada uma espécie focal e seu deslocamento. Para os cálculos do IIC estabeleceu-se um raio de 500 m na avaliação da dispersão e conectividade funcional, com base nos valores que são estabelecidos para o fluxo gênico de espécies arbóreas das florestas tropicais, que segundo Levi e Kerster (1974) apud Arruda (2003), esse processo é mais frequente em distâncias moderadas em média de 0,5 a 1 km, podendo chegar até 2 a 3 km. Dessa forma o limiar de 500 metros está dentro dos parâmetros apontados pelos estudos de florestas tropicais.

Com base nas informações geradas a partir dos índices descritores da paisagem foram elaborados mapas temáticos para auxiliar na visualização das características da cobertura florestal na área de estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapeamento dos Fragmentos Florestais

O mapeamento das áreas de fragmentos florestais possibilitou contabilizar 2.176 fragmentos na área de estudo. Esse valor corresponde a uma área de 38.136 hectares de remanescentes florestais. Isso significa que do total da área de estudo de 240.324 hectares, 15,87% são de fragmentos florestais. Cabe ressaltar que de acordo com os dados do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) a área originalmente ocupada apenas por Floresta Estacional Decidual correspondia a 29,38% da área de estudo. A quantidade de área de fragmentação florestal presente na área de estudo retrata o estado de conservação em que a região se encontra, destacando-se a importância da realização de pesquisas e ações que propiciem a conservação da biodiversidade do local.

Neste contexto de pouca quantidade de habitat florestais, a configuração da paisagem se torna um fator importante para a manutenção da biodiversidade, ou seja, paisagens com fragmentos mais próximos e conectados tem um potencial de abrigar maior diversidade do que paisagens com remanescentes mais isolados. Segundo Forman (2003), a fragmentação pode ter uma origem natural ou antrópica, sendo esta mais impactante e com um maior efeito negativo na paisagem. O homem intensifica esse processo com uma maior rapidez no isolamento e de modo mais agressivo (por exemplo, através do desmatamento), o que tem aumentado o número de espécies ameaçadas (PRIMACK, 2006). Os remanescentes florestais existentes na região sofrem grande pressão pelas áreas de cultivo e pastagem do entorno que estão em expansão. As áreas florestais mais bem conservadas na área de estudo, localizam-se nos municípios de Jari, Toropi e São Pedro do Sul e estão normalmente associadas a regiões declivosas ou a cursos d'água (matas ciliares), como pode ser verificado no registro fotográfico apresentado na sequência (Figura 8 a Figura 11).



Figura 8. Fragmento de vegetação nativa em São Pedro do Sul contornado por área convertida em pastagem. Fonte: STE, 2012.



Figura 9. Expansão das áreas de cultivo sobre a floresta nativa e Áreas de Preservação Permanente (APP). Toropi/RS Fonte: STE, 2012.



Figura 10. Vista característica do traçado do empreendimento no município de Toropi, mostrando remanescentes florestais bem preservados próximos a área de implantação da nova rodovia. Fonte: STE, 2012.



Figura 11. Fragmento florestal remanescente de Floresta Estacional Decidua em meio a pastagens no município de Jari, visto do eixo do traçado proposto para a implantação da BR-392. Fonte: STE, 2012.

A Figura 12 a seguir mostra os fragmentos florestais mapeados na área de estudo, obtidos através de digitalização sobre imagem de satélite.

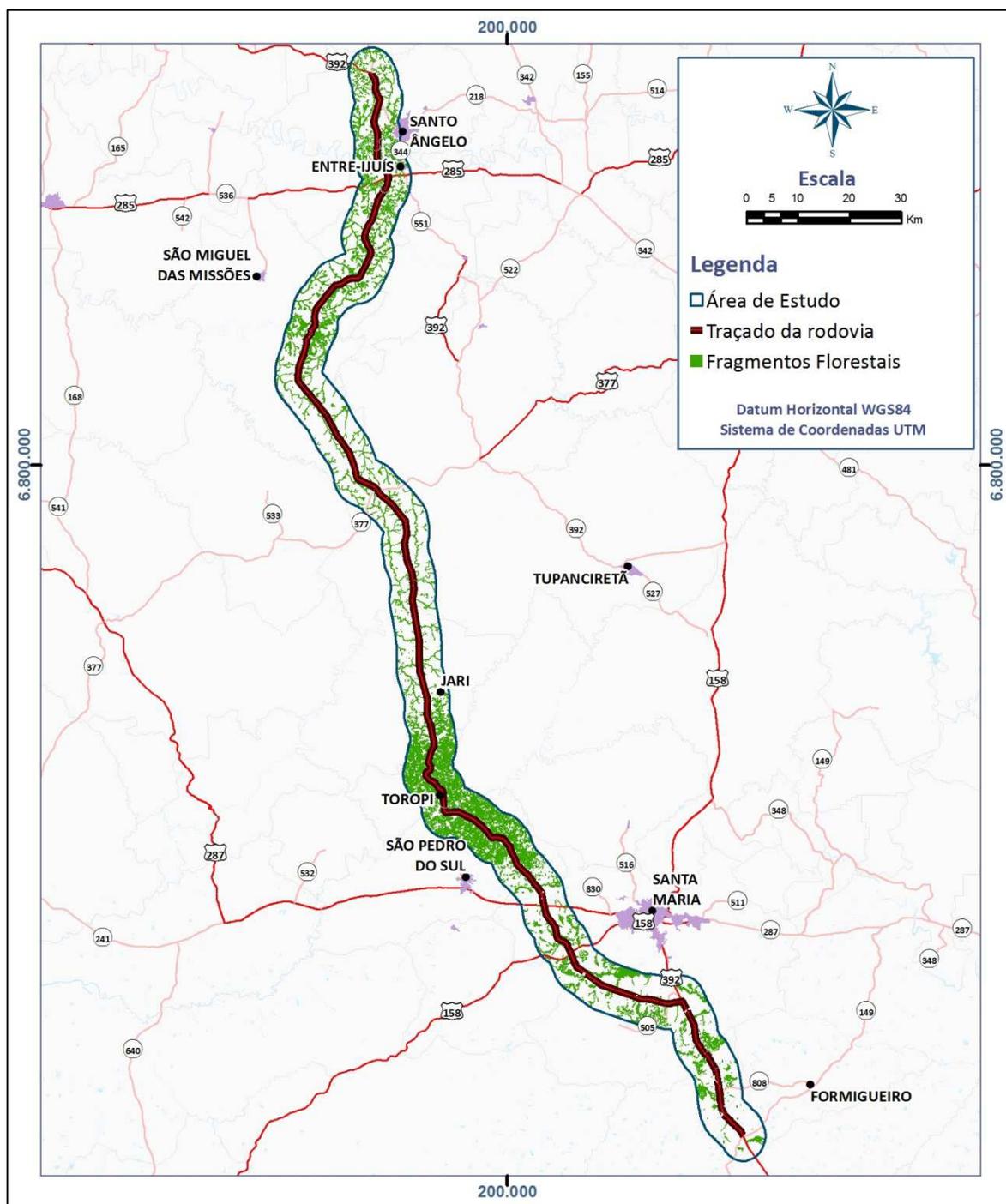


Figura 12: Mapa dos fragmentos florestais nativos identificados na área de estudo.

4.2. Análise dos Fragmentos Florestais por meio de métricas da paisagem

De acordo com as Normas para o Projeto de Estradas de Rodagem (BRASIL, 1973) do DNIT, os projetos das estradas federais do Plano Rodoviário Nacional obedecerão, normalmente, às características da Classe I de rodovias, sendo que para esta classe em regiões de relevo plano a faixa de domínio será de 60 metros, em relevo ondulado a faixa de domínio correspondente será de 70 metros e em relevo montanhoso a faixa de domínio necessária será de 80 metros.

A supressão de vegetação para a implantação de empreendimentos rodoviários é um impacto negativo de ocorrência inevitável. As atividades de remoção de vegetação ocorrem na faixa de domínio do empreendimento, portanto a vegetação presente nessa área é diretamente impactada.

Utilizando a ferramenta *buffer analysis* do *ArcGisS9.3* e estimando-se uma faixa de domínio de 70 metros em torno do traçado proposto para o empreendimento de implantação da BR-392, obteve-se a área diretamente impactada pelo projeto. Realizando-se o cruzamento dos dados dos fragmentos florestais mapeados e da faixa de domínio do projeto, tem-se que 124 dos 2.176 fragmentos mapeados são diretamente impactados pelo projeto de implantação da rodovia. Entre os fragmentos diretamente impactados estão os dois maiores mapeados, com respectivamente 2.047,44 ha de mata ciliar do Rio Piratini em São Miguel das Missões e 1.500,88 ha em São Pedro do Sul margeando os afluentes do Rio Toropi. Para fins de análises deste estudo, conforme descrito na metodologia, os maiores fragmentos integram a classe de tamanho F3.

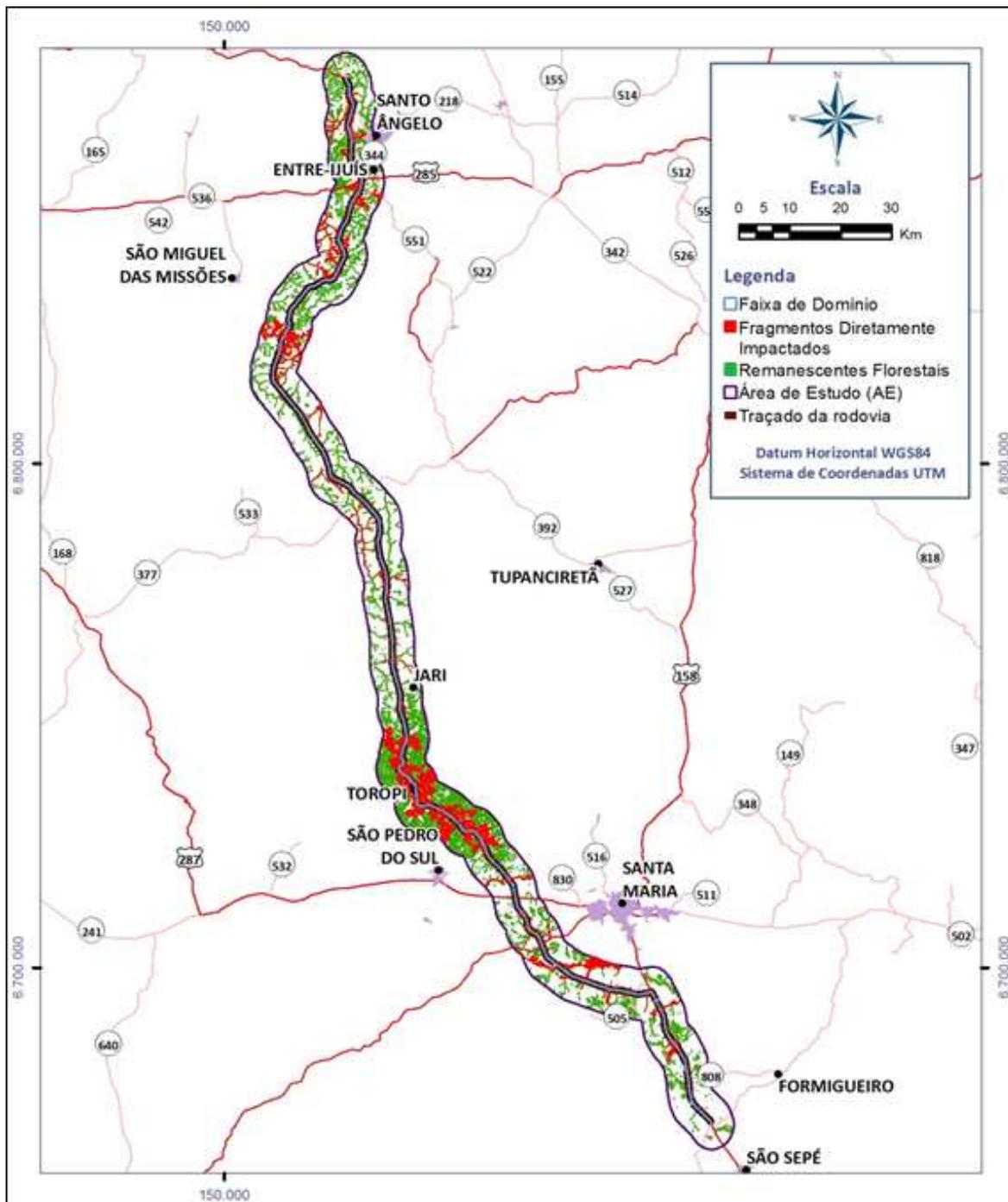


Figura 13: Mapa dos fragmentos florestais diretamente impactados pela faixa de domínio do empreendimento.

A classe F3 é composta por fragmentos com área superior a 50 ha. Esta classe representa o menor percentual de fragmentos florestais mapeados, 6,71%, correspondendo a 146 fragmentos na área de estudo. Na Classe F2, composta por fragmentos florestais com 5 a 50 ha foram encontrados 399 fragmentos, representando 18,34 % da área total de remanescentes florestais. A grande maioria dos fragmentos florestais presentes na área de estudo pertence à classe F1, na qual

foram registrados 1.631 fragmentos florestais, correspondendo a 74,95 % da área total de remanescentes.

A ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais é comum em paisagens de Floresta Atlântica (Rodrigues, 1993; Lima, 1997). Ranta et al. (1998), em seu estudo sobre o tamanho, a forma e a distribuição dos fragmentos numa área de 1.500 ha de Floresta Atlântica brasileira, observaram que 48% dos fragmentos têm área menor que 10 ha e que somente 7% dos fragmentos dessa formação têm área maior que 100 ha. Pires et al. (1998) citam que, aproximadamente 50% de 118 fragmentos de Floresta Atlântica avaliados, apresentaram área inferior a 10 ha. O principal problema deste padrão é que, quanto mais área florestada estiver contida em pequenos fragmentos, mais intensamente estariam sujeitas ao efeito de borda (Rodrigues, 1993). Deve-se ressaltar que muitos fragmentos são na realidade, núcleos de colonização de florestas pioneiras.

A alta presença de fragmentos pequenos é preocupante, pois representa uma ameaça para a conservação da biodiversidade na área de estudo, pois um dos principais efeitos da fragmentação é o efeito de borda. Nos pequenos fragmentos florestais, as populações de plantas, principalmente árvores, são constituídas por poucos indivíduos da mesma espécie, gerando percentual considerável de endogamia (cruzamento entre parentes) e alta probabilidade de extinção das espécies no local (COSTA e SCARIOT, 2003).

Entretanto, esses pequenos remanescentes podem funcionar como *stepping stones* (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), que são pequenas áreas de habitat dispersas pela matriz que podem, para algumas espécies, facilitar os fluxos entre fragmentos. Promovem aumento no nível de heterogeneidade da matriz e atuam como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares que só ocorrem nessas áreas (ALMEIDA, 2008). Portanto, fragmentos pequenos, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, cumprem funções relevantes ao longo da paisagem. Em longo prazo, podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes e também devem ser priorizados em planejamentos para a conservação.

A Figura 14 a seguir apresenta as classes de tamanho de fragmentos florestais identificadas na área de estudo.

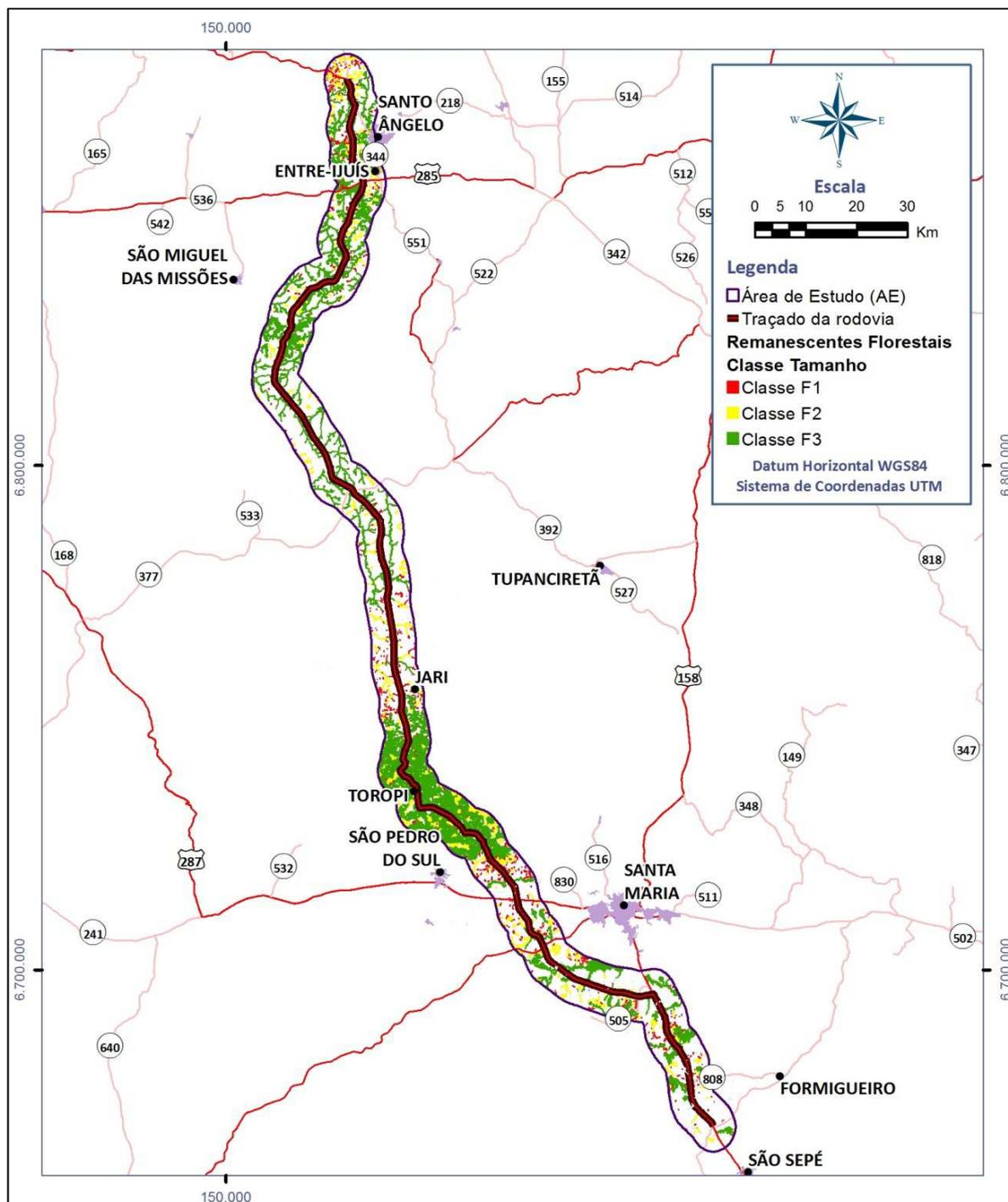


Figura 14. Mapa da classificação dos fragmentos florestais de acordo com as classes de tamanho. Em vermelho são mostrados os pequenos fragmentos, em amarelo de tamanho médio e em verde os fragmentos classificados como de tamanho grande.

Observou-se que a relação existente entre as classes de tamanho e áreas totais tende a ser inversamente proporcional, uma vez que a classe que apresentou maior número de fragmentos foi a mesma que apresentou a menor área de

cobertura florestal, assim como a área que apresentou menor número de fragmentos foi a que apresentou maior área de cobertura florestal, conforme pode ser visualizado na Figura 15 a seguir.

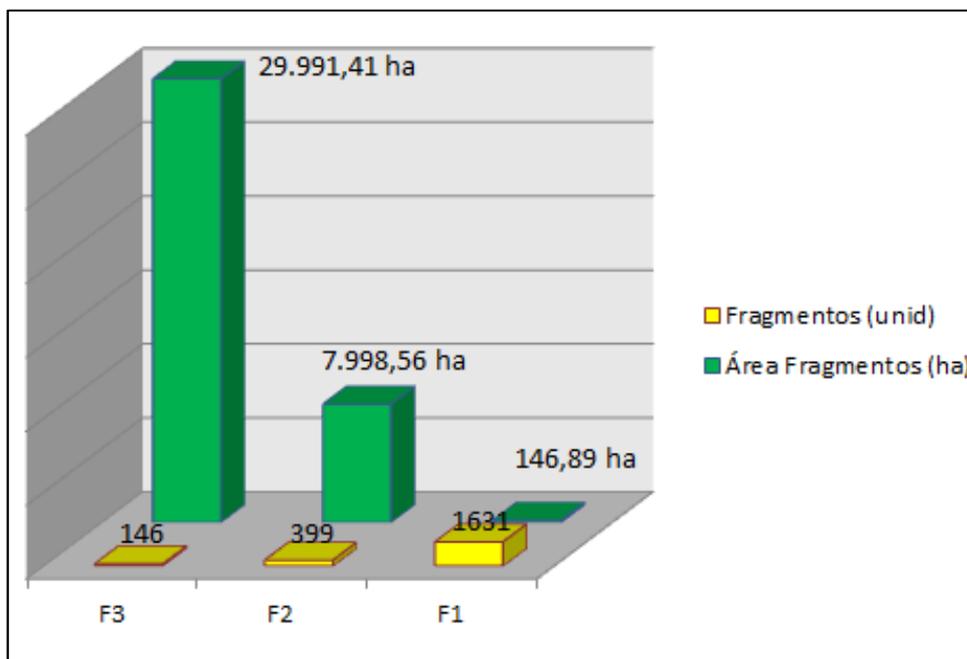


Figura 15: Gráfico da contribuição dos fragmentos florestais na área total da paisagem, em função das classes de tamanho.

Em relação à contribuição dos fragmentos na área total da paisagem, e, função das classes de tamanho, observou-se que os fragmentos grandes, embora em menor número, possuem áreas significativas e são responsáveis pela maior cobertura florestal em área. Conforme mostra o gráfico da Figura 15, mais 78% da área total de cobertura florestal é ocupada pela classe F3, ou seja, fragmentos florestais maiores que 50,0ha. No entanto, deve-se ressaltar a importância dos pequenos fragmentos, devido ao risco de serem extintos e devido a sua função na conexão entre os fragmentos de classes de tamanho superiores.

Conforme as características apresentadas pela área, sua composição é típica de ambientes muito fragmentados. Em paisagens que apresentam essas características, a análise da conectividade entre os fragmentos é relevante, pois auxilia no planejamento de processos de recuperação de áreas degradadas (ARROYO-RODRIGUES e MANDUJANO, 2006).

Juvanhol (2011) destaca que muitas vezes ocorre a inversão de valores entre a contribuição da quantidade de fragmentos e da área total que eles ocupam:

grandes fragmentos, embora em menor quantidade, representam uma parcela maior de área total da classe de interesse.

A seguir a Tabela 2 apresenta os índices de Ecologia de Paisagem obtidos para os fragmentos florestais, gerados a partir da extensão *V-Late*.

Tabela 2. Índices de Ecologia de Paisagem dos Fragmentos Florestais identificados na área de estudo gerados com a extensão *V-Late*.

Grupo	Métrica	Sigla	Unid.	Classes de Tamanho (ha)			
				Pequeno (<5,0)	Médio (5,0 a 50,0)	Grande >50,0	Todos (0 a >50,0)
Área	Área da classe	CA	ha	2.037	6.108	29.991	38.136
	Tamanho Médio da Mancha	MPS	ha	1,25	15,31	205,42	17,53
Densidade e Tamanho	Número de Manchas	NUMP	Adim	1631	399	146	2176
	Desvio Padrão do tamanho da mancha	PSSD	ha	1,19	10,92	258,18	84,05
Borda	Total de Bordas	TE	m	993.402,	1.618.836	5.054.344	7.666.583
	Comprimento médio de bordas	MPE	m	609,08	4057,23	3.4618,8	3523,25
Forma	Índice de Forma	MSI	Adim	1,65	2,89	6,77	2,222
	Dimensão fractal da mancha média	MPFD	Adim	1,39	1,38	1,44	1,39
Área Central 35m	Área central total	TCA	ha	198,61	1.855,13	14.975,87	17.029,62
	Número das áreas centrais	NCA	Adim	1.764	1.362	3.205	6.331
Proximi- dade	Índice de área central total	TCAI	(%)	9,75	30,37	49,93	45,65
	Área central total	TCA	ha	0,00	186,01	4.543	4.729
	Número das áreas centrais	NCA	Adim	1.631	437	893	2.961
	Índice de área central total	TCAI	(%)	0,00	3,02	15,19	12,44
	Distância média do vizinho mais próximo	MNN	m	239,02	555,49	294,67	300,78

Fonte: Autoria própria.

Métricas de Área, Densidade e Tamanho

De acordo com McGrigal e Marks (1995), a área de cada mancha que compõem o mosaico da paisagem talvez seja a métrica mais importante na análise da paisagem, pois, além de ser uma informação básica para o cálculo de outras métricas em nível de mancha, classe e paisagem, por si só poderia ser utilizada para indicar a riqueza de espécies e a distribuição dessas na paisagem. Sendo assim, com relação às métricas de densidade e tamanho dos fragmentos, o Tamanho Médio das Manchas (MPS) para a classe F3 (fragmentos >50 ha) apresentou um valor de área média de 205,42, sendo superior às demais classes, entretanto ao observar-se o valor da métrica de Desvio Padrão do Tamanho das Manchas (PSSD= 258,18 ha) constatou-se que existe uma grande variação dos tamanhos dos fragmentos dentro da classe, podendo ser caracterizada pela presença de fragmentos com área a partir de 50 ha até valores muito acima da média.

Como pode-se observar na Tabela 2, a classe F1 apresentou o menor Desvio Padrão do Tamanho da Mancha (PSSD), igual a 1,19 ha, sendo que esta classe apresentou uma quantidade de 1631 fragmentos, representando 74,95% dos fragmentos totais da área de estudo. Neste sentido, Arroyo-Rodríguez et al. (2008), estudando a importância dos pequenos fragmentos para a conservação de espécies, relatam que o valor de conservação de um fragmento depende da cobertura florestal total restante na paisagem. O desvio padrão que apresentou-se relativamente baixo para a classe F1, nos revela que a variação dos fragmentos desta classe é baixa e o tamanho das manchas estão próximos da média da classe, ou seja, as manchas de vegetação arbórea nesta classe possuem tamanho mais homogêneo do que nas demais classes estudadas,

Em paisagens intensamente fragmentadas, pequenos fragmentos tem importância para a conservação por servirem de ligação entre outros fragmentos, assim como na área estudada, esses fragmentos possuem alto valor para a conservação de espécies. Calegari et al. (2010) trabalhando em paisagem com predomínio de fragmentos pequenos, indica a junção destes para a formação de fragmentos maiores, recompondo a vegetação e assim aumentando as áreas centrais. Este autor destaca que deve haver ênfase na restauração florestal em APP. De acordo com Fischer e Lindenmayer (2007), as vantagens ambientais dos

fragmentos maiores estão implícitas na relação espécie-área: eles aumentam a possibilidade de apresentar áreas não alteradas e, assim, aumentam a chance de colonização por espécies sensíveis e estão mais susceptíveis a proporcionar condições ambientais para maior diversidade de espécies.

Fahrig (2003) destaca que a relação entre tamanho do fragmento e a fragmentação propriamente dita deve levar em consideração a quantidade de habitat na escala da paisagem. Haddad et al. (2015), em uma análise global da fragmentação de habitat, descobriram que em ambientes savânicos, o aumento da penetração de luz afetou a taxa de sucessão ecológica em fragmentos menores quando comparados com fragmentos maiores.

Métricas de Forma

De acordo com Farina (1998), além do tamanho, a forma dos fragmentos também influencia no grau do impacto do efeito de borda. Quanto mais próximo a 1 melhor a forma da mancha, tendendo a ser mais circular e com menor influência do efeito de borda. A comparação dos valores de Índice de Forma (MSI) das classes de tamanho dos fragmentos florestais revelou que os fragmentos pequenos apresentaram formato mais regular (MSI= 1,65) do que os fragmentos médios e grandes, que apresentaram valores de 2,89 e 6,77, que podem ser considerados elevados, indicando que as manchas apresentam formas mais irregulares e perímetros recortados de acordo com o aumento de sua área. O Índice de Forma para a área de estudo em geral foi de 2,22 indicando predomínio de fragmentos florestais irregulares vulneráveis ao efeito de borda.

Almeida (2008), Juvanhol (2011) e Rezende (2011) também apresentaram resultados em que os menores fragmentos tiveram formato mais regular do que em fragmentos maiores. Independente da origem da forma, que pode ser natural ou por fragmentação antrópica, Juvanhol (2011) considera que os grandes fragmentos, mesmo quando apresentam formatos mais irregulares, estão sob menor efeito de borda que os pequenos fragmentos, consequência do aumento da razão no interior da margem. Rezende (2011) atribui os altos valores obtidos em grandes fragmentos à sua forma mais alongada, sendo uma possível consequência das atividades antrópicas que influenciam a paisagem.

Buscando um melhor conhecimento da forma dos fragmentos, calculou-se o índice de forma de Dimensão Fractal da Média (MPDF). Este índice é utilizado em pesquisas ecológicas da paisagem e retrata o comportamento ou forma dos fragmentos frente aos efeitos externos adversos (VOLOTÃO et al., 2010). A Dimensão Fractal da Média representa as formas em sua simplicidade, sendo que os valores mais próximos de 1 representam formas com perímetros mais simples e valores mais próximos a 2 os mais complexos. Para a área de estudo, os valores da MPDF variaram de 1,38 a 1,44. A classe F3 apresentou-se com formato mais irregular e complexo que as demais classes menores. A forma dos fragmentos pode estar diretamente ligada ao efeito de borda. Se o fragmento possui forma alongada, mais intenso será o efeito de borda, assim como se ele possuir uma área pequena, pois tais características contribuem para que a razão borda e margem diminua (PÉRICO et al., 2005).

Métricas de Borda

O microclima no centro e na margem de um fragmento florestal é distinto, pois a luz solar e o vento que vem da matriz penetram uma distância limitada da floresta. Esta margem exterior é conhecida como a borda do fragmento. A fragmentação florestal aumenta a proporção da borda exposta a outros habitats em relação ao interior da floresta, sendo que em alguns casos, o fragmento passa a ser caracteristicamente dominado pela influência do efeito de borda (KURASZ et al., 2008).

Metzger e Muller (1996) definem as bordas como zonas de transição entre as unidades da paisagem e desempenham importante papel na dinâmica e no funcionamento da paisagem. Seus limites controlam os fluxos bióticos e abióticos e estão diretamente relacionadas com o equilíbrio entre as espécies de borda e as espécies de área núcleo. Com relação às métricas de borda para este estudo, o Valor Total de Borda (TE), apresenta-se maior para a classe F3, com 5.054.344,5 metros, devido à maior área que esta classe ocupa. Conforme mencionado anteriormente, quanto maiores os fragmentos, maior a complexidade dos mesmos, aumentando o comprimento das áreas de borda. O TE para as classes F1 (elevado número de fragmentos, porém menor área) e F2 foram, respectivamente, 993.402,7

e 1.618.836,5 metros. Os valores do índice de Comprimento Médio da Borda (MPE) confirmam as conclusões acima citadas.

Métricas de Área Central ou Área de Núcleo

Ao considerar três conjuntos de dados que representam os fatores bióticos e abióticos que influenciam a área núcleo de um fragmento florestal (árvores, arvoretas e microclima), Rodrigues (1998) apresenta quatro aspectos que justificam utilizar uma borda de 35 metros quando se utilizam dados generalizáveis em paisagem. Segundo o autor, nos três conjuntos de dados utilizados a umidade do ar tende a se estabilizar a partir de 35 metros da margem; a composição de espécies apresenta grande variação até os 35 metros da borda e é reduzida entre 35 a 100 metros; a diversidade de espécies tende a ser alta antes de 35 metros, atinge o pico com 35 metros e reduz dos 35 aos 100 metros; e a incidência de radiação solar, que de 0 a 35 metros de borda é controlada lateralmente por arvoretas, e de 35 a 100 metros pelo dossel das árvores. Neste sentido, no presente trabalho optou-se em adotar duas faixas de borda 35 e 100 metros.

Para o cenário de faixa de borda de 35 metros, a Área Central Total (TCA) apresentou um total de 17.029,62 ha. A classe F3, de fragmentos maiores foi responsável por 14.975,87 ha do total. O Número das Áreas Centrais (NCA) foi de 1.764 para a classe F1, 1.362 para a classe F2 e 3.205 para a classe F3. O valor de NCA é superior ao Número de Manchas (NUMP) inicial em função da subdivisão dos maiores fragmentos, o que possibilita a formação de apêndices nos fragmentos maiores, criando um grande número de fragmentos menores, estes ainda com presença de áreas internas. Estes apêndices numericamente crescem ou desaparecem a partir da fragmentação e seu respectivo efeito de borda. Finalmente o efeito de borda atua sobre os fragmentos e suas irregularidades, transformando figuras geométricas em superfícies que tendem à circularidade, e assim ao longo das simulações de áreas centrais obtêm-se valores menores para o índice de áreas internas (NCA). Para Juvanhol (2011) e Pirovani et al. (2014), os valores de NCA são maiores do que o número de fragmentos devido ao formato irregular de alguns fragmentos. Assim, um único fragmento cuja extremidade seja mais distante pode apresentar mais de uma área núcleo, que terá uma área menor e provavelmente protegerá um menor número de espécies sensíveis aos efeitos da matriz.

Para o cenário com a faixa de borda de 100 metros a Área Central Total (TCA) apresentou um total de 4.729 ha. A classe F3, de fragmentos maiores foi responsável por 4.543 ha do total, a classe F2 apresentou TCA de 186,01 e a classe F1 TCA de 0 ha. O Número das Áreas Centrais (NCA) foi de 1631 para a classe F1, 437 para a classe F2 e 893 para a classe F3.

Os menores valores de Área Central Total (TCA) para classe F1 e os maiores para a classe F3, para uma área de borda de 35 metros comprovam que os fragmentos menores são os que mais sofrem os efeitos da fragmentação, considerando-se um mínimo de área de borda. Sabe-se que quanto maior o valor de TCA menor a influência do efeito de borda sobre a classe questão.

Ao analisar para as três classes de tamanho, o efeito da distância de borda (até 100 metros) sobre a Área Central Total (TCA), nota-se que na classe de fragmentos pequenos, foi onde o processo de redução de TCA ocorreu mais intensamente, apresentando um TCA de 0 hectare, ou seja, simulando-se um efeito de borda de 100 metros não restou área central para os fragmentos da classe F1. Entretanto, de acordo com Pardini et al. (2009), o efeito de borda pode existir mesmo em grandes fragmentos, caso estes estejam bastante alterados pelas atividades antrópicas ou apresentem a matriz do entorno formada por apenas habitat homogêneos. Essas condições favorecem o aumento de espécies generalistas nas áreas de borda, semelhante ao que ocorre em fragmentos pequenos.

As possibilidades de ocorrência do efeito de borda nas áreas relaciona-se com a formação de ambientes desfavoráveis para inúmeras espécies mais sensíveis à fragmentação na área. Dessa forma, o aumento da área tampão (ou área de amortecimento) no entorno dos fragmentos maiores poderia ser uma alternativa para amortecer esse processo (JESUS, 2013).

Métrica de Proximidade

O grau de isolamento de um fragmento é determinado pela Distância Média do Vizinho Próximo (MNN), essa distância é definida como sendo a distância de uma mancha para a mancha que está em suas proximidades, baseada na distância borda-a-borda. Por meio desta avaliação é possível localizar fragmentos que se encontram mais isolados, ou fragmentos vizinhos mais próximos e sua área.

No presente trabalho, a métrica de Distância Média do Vizinho mais Próximo (MNN) foi muito semelhante entre as 3 classes estudadas, indicando maior distância entre os fragmentos de tamanho médio da classe F2 (MNN= 555,49 metros), ou seja, os fragmentos desta classe encontram-se mais isolados, seguidos pela classe de fragmentos grandes, F3, com MNN de 294,67 e classe F1 de fragmentos pequenos com MNN de 239,02 metros. A distância média total entre os fragmentos foi de 300,78.

Pirovani (2010) encontrou uma média de 739,5 m de distância na paisagem dos fragmentos florestas da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim/ES. Jesus (2013), na bacia do Rio Poxim/ES encontrou média de 657,3 m de distância do vizinho mais próximo. Segundo esses autores os valores obtidos representam um alto grau de isolamento entre os fragmentos dessas bacias. Comparando os resultados obtidos no presente estudo, com os demais consultados, o grau de isolamento entre os fragmentos na área estudo não é tão severo, no entanto, levando em consideração que os fragmentos florestais existentes estão contidos em uma matriz essencialmente de produção agrícola e pastagens, esses valores podem representar um grau de isolamento significativo entre as populações de flora e fauna locais.

Awade e Metzger (2008), observaram que algumas espécies de aves de sub-bosque evitam cruzar áreas abertas com distâncias superiores a 40m e ainda, segundo Janzen (1988) apud Guisard (2006), em determinadas situações o limite de dispersão de sementes pelo vento gira em torno de 180m.

A Figura 16 a seguir mostra o mapa com o grau de proximidade entre os fragmentos florestais da área de estudo.

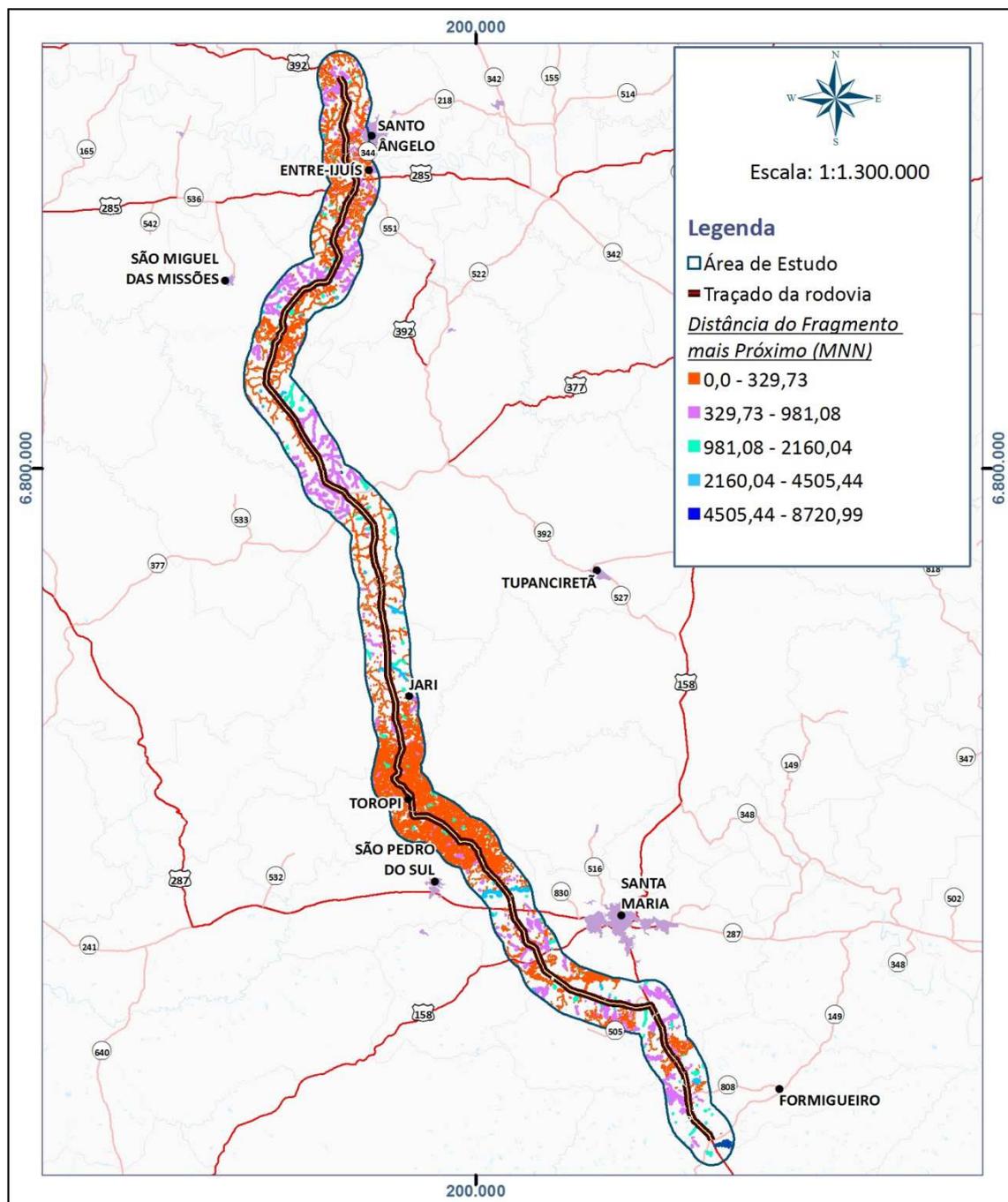


Figura 16. Mapa da classificação dos fragmentos florestais de acordo com o grau de proximidade entre eles.

De acordo com o mapa da Figura 16, os fragmentos florestais mais isolados na área de estudo são aqueles próximos a áreas urbanas e grandes áreas de cultivo.

4.3. Índice Integral de Conectividade

Neste trabalho, o programa *Conefor Sensinode* foi utilizado para identificar fragmentos potenciais que esboçam uma conectividade ambiental, já que não foi considerado nenhum levantamento biológico. Os nós criados pelo programa representam os fragmentos dispersos na paisagem conforme respectivas áreas e arranjos espaciais. Já as ligações entre os nós representam as possíveis opções de conexão determinadas pela distância entre os fragmentos.

Existem dois modelos de conectividade do programa que utilizam índices diferentes: o binário representa a possibilidade de haver ou não a dispersão entre dois fragmentos; o probabilístico indica a provável conectividade entre dois fragmentos baseada na estrutura da paisagem e na capacidade de uma determinada espécie em transitar pela matriz. O modelo binário foi escolhido para representar a conectividade da região de estudo através do Índice de Conectividade Integral - IIC. Saura e Pascual-Hortal (2007) recomendam a aplicação do IIC, pois ele aplica o conceito de disponibilidade de habitat, onde um fragmento por si só é considerado como um espaço onde há conectividade. Para os autores, por calcular os caminhos mais curtos entre cada par de nós, o IIC pode ser considerado o melhor índice para o modelo adotado quando comparado com outros índices binários.

Por não envolver nenhuma espécie-chave, optou-se neste trabalho utilizar uma hipótese de conectividade simplista, adotada em avaliações de larga escala (ZOILKOWSKA et al., 2014). Foi considerada uma distância de 500m entre as bordas dos fragmentos. Para a representação dos valores de IIC foi utilizada uma escala de graduação de cores, onde os fragmentos mais importantes são destacados pelas cores quentes, enquanto as cores frias identificam os fragmentos menos importantes. Os resultados para o índice IIC podem ser vistos na figura a seguir.

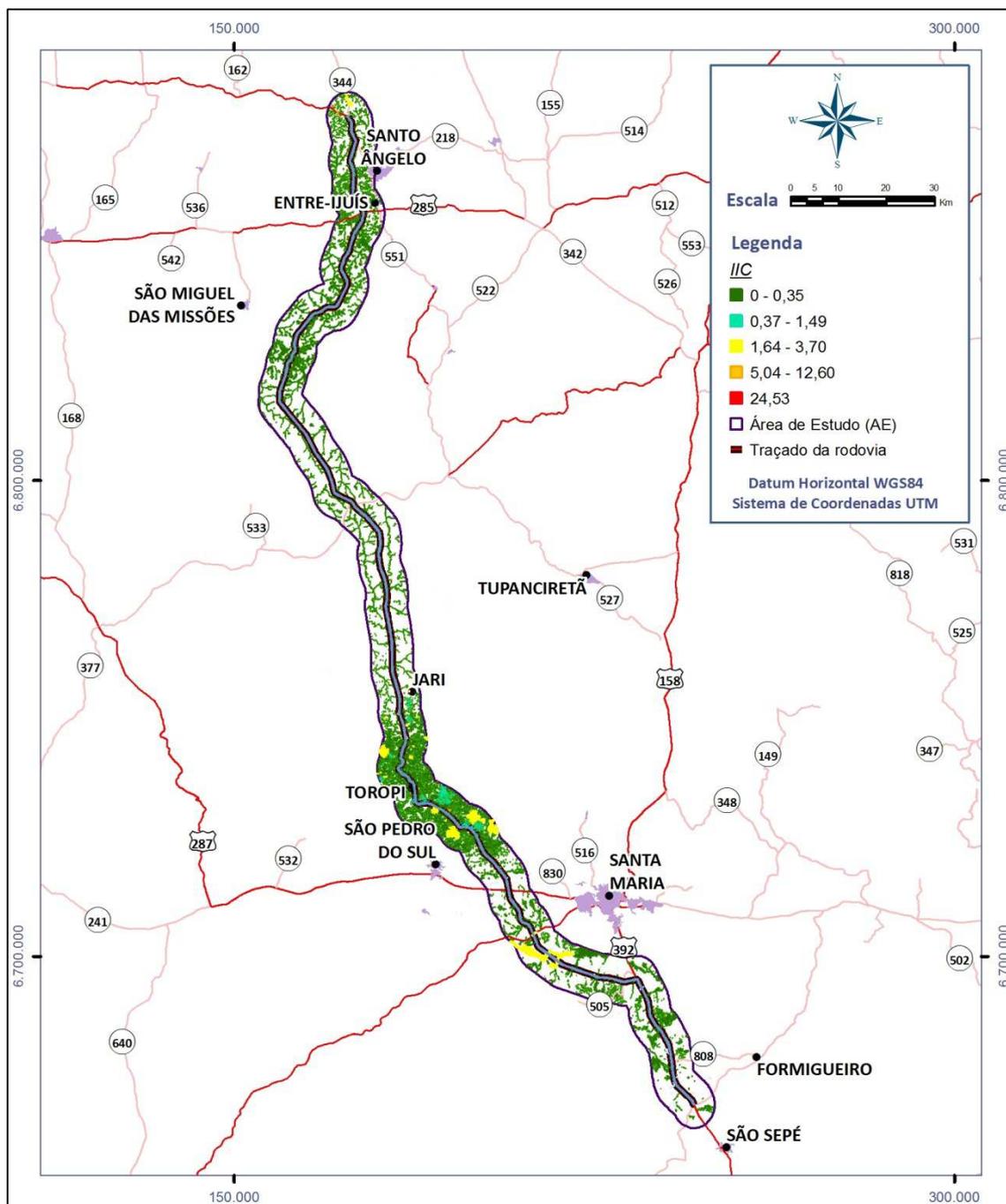


Figura 17: Mapa do grau de conectividade entre os fragmentos florestais gerado de acordo com o Índice Integral de conectividade - IIC.

Os valores do IIC variaram de 0 a 24,53, sendo que a média obtida para a área de estudo foi de 0,098, mostrando a prevalência de baixa conectividade entre as manchas de vegetação. Pequenos fragmentos próximos a áreas urbanas (p. ex., o fragmento na parte superior da Figura 17, próximo a Santo Ângelo) obtiveram valores maiores para o IIC quando comparados a fragmentos de extensões bem maiores, demonstrando a relação entre a proximidade de áreas urbanizadas com a perda de conectividade.

Os fragmentos florestais considerados de maior importância pelo IIC não são afetados diretamente pela faixa de domínio do empreendimento. Entre os fragmentos afetados diretamente pela obra, dois estão localizados no município de Toropi e obtiveram valores de 6,21 e 3,35 para o IIC respectivamente, podendo ser considerados como de média importância para a conectividade da paisagem.

Na Figura 17 é possível notar que na área de estudo algumas manchas com pequenas extensões de habitat foram consideradas importantes para a conectividade da paisagem. O fragmento que obteve o maior valor de IIC, pertence à classe F1 (fragmentos pequenos) e localiza-se no município de Toropi, próximo a mata ciliar do Rio Toropi.

Garcia et al. (2009), ao aplicarem o IIC avaliando a conectividade de áreas protegidas obtiveram em seus resultados para as áreas consideradas críticas/prioritárias para a conservação, fragmentos cujo entorno apresentava no uso do solo atividades agrícolas, obras de infraestrutura e áreas urbanizadas, que contribuíram diretamente nos valores baixos de IIC. Sendo assim, ressalta-se a importância de compatibilizar o projeto de implantação de empreendimentos rodoviários com a preservação e recuperação de áreas prioritárias para a manutenção da biodiversidade, como aquelas de alto grau de conectividade.

5. CONCLUSÕES

Foram identificados 2.176 fragmentos florestais na área de estudo, sendo que a maior concentração dos mesmos deu-se nos municípios de São Pedro do Sul, Toropi e Jari, em áreas originalmente ocupadas por Floresta Estacional Decidual.

A área de estudo encontra-se bastante fragmentada, possuindo apenas 15,87% de cobertura florestal nos 240.324 ha estudados. Além disso, 74,95% dos fragmentos florestais identificados possuem área menor que 5,0 ha e 6,71% apenas apresentaram área maior que 50,0 ha. Cabe ressaltar que de acordo com os dados do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) a área originalmente ocupada apenas por Floresta Estacional Decidual correspondia a 29,38% da área de estudo, sendo ainda encontradas na área de estudo as tipologias Estepe e Contato Savana-Estepe.

Embora seja esperada a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais em paisagens de Floresta Atlântica, a quantidade de área de fragmentação florestal presente na área de estudo é também causada pela expansão de áreas urbanas e agrícolas ao longo do tempo, retratando o estado de conservação em que a região se encontra, fortalecendo a necessidade de cuidados ambientais visando a conservação da biodiversidade na implantação de novos empreendimentos na região.

A supressão de vegetação é um aspecto inevitável quando trata-se da implantação de empreendimentos rodoviários. Dos fragmentos florestais identificados na área de estudo, 124 poderão ser impactos diretamente pela supressão de vegetação na faixa de domínio do empreendimento. Estes fragmentos, entre outros avaliados como de importância na conectividade da paisagem, devem ser priorizados na seleção de ações para a minimização de impactos ambientais e manutenção da conectividade da paisagem.

O Índice de Forma (MSI) para a área de estudo foi de 2,22 indicando predomínio de fragmentos florestais irregulares vulneráveis ao efeito de borda. Os altos valores obtidos podem estar relacionados a formas mais alongadas dos fragmentos, sendo uma possível consequência das atividades antrópicas que influenciam a paisagem.

Embora mais afetados pelo efeito de borda e pela perda de riqueza de espécies, os fragmentos pequenos, predominantes na área de estudo, são de grande importância para a conectividade da paisagem, por servirem de ligação entre outros fragmentos maiores na matriz.

O Índice Integral de Conectividade (IIC) apresentou média de 0,098, mostrando o predomínio de baixa conectividade entre as manchas de vegetação presentes na área de estudo. Isso evidencia a importância da realização de trabalhos de restauração de áreas degradadas como tentativa de melhoria na rede de conectividade. A supressão de vegetação ou intervenção para obras em fragmentos considerados pelo IIC como de alta importância para a conectividade de paisagem deve ser acompanhada de técnicas de minimização de impactos ambientais.

Devido às consequências prejudiciais que a fragmentação traz ao meio, sua redução deverá ser uma das metas dos programas desenvolvidos pela Gestão Ambiental das obras. Os programas de Reposição Florestal, Plantio Compensatório, Controle de Supressão da Vegetação e Resgate de Germoplasma devem ser voltados para a preservação das áreas definidas como de importância para a conectividade.

O presente trabalho constitui um retrato atual da composição e configuração da paisagem florestal da área de estudo. Para uma análise das alterações e evolução do processo de fragmentação em função da implantação do empreendimento, recomenda-se um estudo comparativo temporal da cobertura florestal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do parque nacional dos Campos Gerais, Paraná.** 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Território). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2008.

ANTUNES, P. B. **Manual de Direito Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2011.

ARROYO-RODRIGUES, V.; MANDUJANO, S. **The importance of tropical rain forest fragments to the conservation of plant species diversity in Los Tuxtlas, Mexico.** Biodivers. Conserv. 2006.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; et al., Value of small patches in the conservation of plant species diversity in highly fragmented rainforest. **Conserv. Biol.**, v. 23, n. 3, p. 729-739. 2008.

ARRUDA, L. R. **Diversidade genética e sistema de cruzamento em populações naturais de duas espécies pioneiras arbóreas.** Tese: Doutorado em Genética e melhoramento de plantas: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz-ESALQ/USP. Piracicaba 2003. 102p.

AWADE, M.; METZGER, J.P. Importance of functional connectivity to evaluate the effect of habitat fragmentation for three Atlantic Rainforest birds. **Austral Ecology**, n.33,. 2008.

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A.; FONSECA, E. L. D. **Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia.** Revista Árvore, v. 28, n. 1, p. 85-90. 2004.

BRASIL – Estado do Rio Grande do Sul. **Avaliação da Capacidade de Gestão e Segurança Rodoviária.** Resumo Executivo. Global Road Safety Facility – GRFS. 2014. Disponível em: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/06/04/000470435_20140604134233/Rendered/PDF/879070WP0PORTU00Box385194B00PUBLIC0.pdf. Acesso em: 27 de dez de 2015.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Novo Código Florestal Brasileiro.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm 1/40>. Acesso em: 20 de nov. de 2015.

BRASIL. **Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Instituiu o Antigo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 03 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Normas para o projeto das estradas de rodagem.** Rio de Janeiro. Serviço de Publicação. 26 p. 1973.

CALDAS, A. J. F. S. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba.** RJ/ Dissertação (Mestrado em Ciências). – 2006. 110f.

CALEGARI, L.; et al. **Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal.** Revista Árvore, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, set./out. 2010.

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

CERQUEIRA, R.; et al. Fragmentação: alguns conceitos. In: **Fragmentação de ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas.** Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.) Brasília: MMA/SBF, 2003.

COLLAZIOL, A. **Transporte Hidroviário no Rio Grande do Sul.** Monografia Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Especialização em Gestão Pública – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2003. Disponível em: < <http://www1.seplag.rs.gov.br/upload/TransHidroPoaGauiba1.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. de 2015.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N°001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 16 de jan de 2015.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N°237 de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão de procedimentos da Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

COSTA, R. B.; SCARIOT, A. As possibilidades do manejo sustentável em fragmentos florestais na Amazônia Legal. In: COSTA, Reginaldo Brito da (Org). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003. p. 161-174.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. Tese de Doutorado (Engenharia Mineral). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman e Hall Ltd, 1998.

FISHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência, 2004.

FORMAN, R. T. T.; et al. **Road ecology: science and solutions**. Washington: Island Press, 2003.

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

GALLARDO, A. L. C. F., SÁNCHEZ, L. E. **Gestão Ambiental da Construção da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes - Atenuação de Impactos Sobre o Meio Físico em Ambientes Frágeis**. In: Revista Solos e Rochas, São Paulo, 29, (3): 341-358, Setembro-Dezembro, 2006.

GARCÍA, R. V.; TODA, S. S. M. ; PÉREZ, A. L. S. La conectividade de las áreas protegidas del estado de Jalisco com otros ambientes naturales. **Scientia-Cucba**, v. 11. n.1. p. 43-50. 2009.

GENELETTI, D. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 5 ,1-15, 2004.

GUSTAFSON, J. E. Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?. **Ecosystems** 1, p. 143-156, 1998.

GUISARD, D. M. P. **Relatório de projeto de Iniciação Científica** – bolsa PIBIC/CNPq do período de Agosto de 2005 à Julho de 2006, sob orientação de Dra. Tatiana Mora Kuplich, a Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR). INPE, São José dos Campos, 2006.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKIS, A. J.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MEBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D. X.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, e1500052, 2015. Disponível em <<http://advances.sciencemag.org/content/1/2/e1500052>>. Acessado em março de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1986. **Folha SH.22 Porto Alegre e partes da Folha SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**. Rio de Janeiro, IBGE. 794 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.33).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1:5.000.000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estações de Rede SIRGAS, IBGE **Publica Monitoramento da Variação das Coordenadas de Estações de Rede SIRGAS**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>.

JESUS, E. N. **Avaliação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe-Brasil) para fins de restauração ecológica**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

JUVANHOL, R. S. **Análise Espacial de Fragmentos Florestais no Corredor Ecológico entre os Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, ES**. Monografia (Graduação) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias, Jerônimo Monteiro, 2011. 58f.

KURASZ, G.; ROSOT, N. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. **Caracterização do entorno da reserva florestal Embrapa/ Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos**. Floresta, v.38, n.4, p.641-649, 2008.

LACRUZ, M. S. P. (2006) **Análise de séries temporais de dados MODIS como uma nova técnica para a caracterização de paisagem e análise de lacunas de conservação**. (Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto), São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 129 p.

LANG, S. **Análise da Paisagem com SIG**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos. 2009. 405 p.

LEITÃO, A. B; AHERN, J. Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Plannig. **Landscape and Urban Plannig (Elsevier)**, v. 59, p. 65-93, 2002.

LUCAS, D. F. **Análise espacial dos fragmentos florestais no município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG**. 45 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.

MARTINS, S. V. (Editor). Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2 ed. 371p. 2012. MARTINS, S. V., et al., **Potencial de regeneração natural de florestas nativas nas diferentes regiões do estado do Espírito Santo**. Vitória, Espírito Santo, (Documento Técnico). 102p. 2014. Disponível em: http://www.cedagro.org.br/estudos/ESTUDO_REGENERACAO_NATURAL.PDF.

MARTINS, S. V.; et al., **Potencial de regeneração natural de florestas nativas nas diferentes regiões do estado do Espírito Santo**. Vitória, Espírito Santo, (Documento Técnico). 102p. 2014. Disponível em: http://www.cedagro.org.br/estudos/ESTUDO_REGENERACAO_NATURAL.PDF.

MCMARIGAL e MARKS. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Reference manual. Fr. Sci. Dep. Oregon state University. Corvallis Oregon 59 p., 1995.

McGARIGAL K. Landscape pattern metrics. In: EL-SHAARAWI, A. H.; PIEGORSCH, W. (eds). **Encyclopedia of Environmetrics**. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltda., 2 ed., 2012. p. 1441-1451. Disponível em < <http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html>>. Acessado em março de 2015.

METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, n. 142, p. 1138-1140, 2009.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 71, p. 455-463, 1999.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.) 2006. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2 ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná. 652 p.

METZGER, J. P. W. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001.

METZGER, J. P.; MULLER, E. Characterizing the Complexity of Landscape Boundaries by Remote Sensing. **Landscape Ecology**, v. 11, n. 2, p. 65-77, 1996.

MMA (2007) **Corredores Ecológicos**: Experiências em Planejamento e Implementação. PP-G7. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

MORENO, J. A. T. (2000). **Ordenamento ambiental e rodoviário na faixa de domínio da rodovia PE 060**. 2000. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

OLIVEIRA, M. A. **Efeito da fragmentação de habitats sobre as árvores em trecho de Floresta Atlântica Nordestina**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. 79 f. Biologia Vegetal, 2003.

OLIVEIRA, M. L. A. A. **Dados florísticos preliminares e elaboração da flórua vascular da Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér Bot*, v.41, p.141-153, 1991.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; et al. **Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns**. In: PENNINGTON, R.T. et al. Neotropical savannas and dry forests: plant diversity, biogeography and conservation. Boca Raton: CRC, p.159-192. 2006

PAESE, A.; SANTOS, J. E. Ecologia de Paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. (Org.). **Faces da polissemia da paisagem**. 1 ed. São Carlos: Rima. 2004. 409p.

PARDINI, R.; FARIA, D.; ACCACIO, G. M.; LAPS, R. R.; MARIANO-NETO, E.; PACIENCIA, M. L. B.; DIXO, M.; BAUMGARTEN, J. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**. v.142. n.6. p. 1178–1190. 2009.

PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S. Comparasion and development of new graph based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corrids for conservation. **Landscape Ecology**, v. 21. N.7. p. 959-967, 2006.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; LIMA, D. F. B.; REMPEL, C. Efeitos da fragmentação de hábitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação Geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2339-2346

PIMENTEL, L. B. **Seleção de fragmentos florestais para a colheita de sementes na bacia hidrográfica do rio Itapemirim e entorno do Parque Nacional do Caparaó**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. 71 f.2011.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; PIRES, A. M. Z. C. e HENKE-OLIVEIRA, C. Abordagem metodológica para a identificação e manejo de fragmentos de áreas naturais. In: **Anais...** VIII Seminário Regional de Ecologia, vol. VIII – Programa de pós graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCAR, São Carlos, 571-584, 1998.

PIROVANI, D. B. **Fragmentação florestal, dinâmica e Ecologia de Paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação: Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2010.106 p.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.

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

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. [s.l.] Summerland: Sinauer Associates., 2006.

PRIMACK, R.B; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. 10.ed. Londrina: Planta, 2010.

RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, Amsterdam, v. 7, p. 385-403, 1998.

REZENDE, R. A. **Fragmentação da Flora Nativa como Instrumento de Análise da Sustentabilidade Ecológica de Áreas Protegidas – Espinhaço Sul (MG)**. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Evolução Curstal e Recursos Naturais da Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Geologia, Ouro Preto, 2011. 215f.

RIBEIRO, M.; RODRIGUES, R. R. R.; PAESE, A.; DIERDERICHSEN, A.; COSTA, S.; BRANCALION, P. H. S.; SANTIANI, E.; PEREIRA, G.; GUIMARÃES, J.; KOCK, R. A restauração da Mata Atlântica apoiada em Sistemas de Informações Geográficas. In: PAESE, A.; UEZU, A.; LORINI, M. L.; CUNHA, A. **Conservação da biodiversidade com SIG**. São Paulo. Oficina de Textos. 2012. 239p.

RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina – Pr**. São Carlos, 102p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1993.

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

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. Oficina de Textos. 1 ed. São Paulo, 2008.

SAURA, S.; PASCUAL-HORTAL, L. **Conefor Sensinode 2.2 user's manual: software for quantifying the importance of habitat patches for maintaining landscape connectivity through graphs and habitat availability indices**. Universidad de Lleida, España. 2007. 55p.

SILVA, W. C; MARANGON, L. C; FERREIRA, R. L. C; FELICIANO, A. L. P; JUNIOR, R. F. C. Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de Floresta ombrófila densa, matas das galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco; **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 321-331, 2007.

STAMM, H. R. **Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: Estudo de caso de uma usina termelétrica**. 2003. Tese de Doutorado (Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. 2012. **Estudo de Viabilidade Técnico, Econômica e Ambiental (EVTEA) da Federalização, Implantação, Pavimentação e Adequação da Capacidade com Melhoria de Segurança e eliminação de Pontos Críticos em Segmentos da Rodovia BR-392/RS, Trecho Santa Maria – Santo Ângelo**. Relatório técnico não publicado.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 181-188, jul. 2005.

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

TURNER, M. Landscape Ecology: what is the state of the science? **Annual Review of Ecology**, Evolutional and Systematics, v. 36, p. 319-344, 2005.

VALENTE, R. O. A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, 2001".

VEIGA, T. C.; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: O caso do Município de Macaé – RJ. In: SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (Org.) **Geoprocessamento e Análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.179-215, 2004.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998. ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Ponta Grossa, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia/Gestão do território. 74p. 2008.

VOLOTÃO, C. F. S.; SANTOS, R. D. C.; DUTRA, L. V.; ERTHAL, G. J. Using turning functions to refine shapes. In: BARNEVA, R. P.; BRIMKOV, V. E.; JORGE, R. M. N.; TAVARES, J. M. R. S. (Org.) **Object Modeling, algorithms and Applications**. 1 ed. Singapore: Research Publishing Services, p. 31-44. 2010.

TERBORGH, J.; WINTER, B. 1980. Some causes of extinction. Pp. 119-133. In: Soulé, M. E. e Wilcox, B. A. (Eds.). **Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective**. Sinauer Associates, Sunderland.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE,. 1998. 45 p

SILVA, J. X. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 54 (3) 1992. p 47- 61.

Z_GIS Centro de Geoinformação. **V-LATE - Vector-based Landscape Analysis Tools Extension**. 2011. Universidade de Salzburg, Áustria. Disponível em: <<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm>>. Acesso 30 de nov. 2015.

ZOILKOWSKA, E.; OSTAPOWICZ, K.; RADELOFF, V. C.; KUEMMERLE, T. Effects of different matrix representations and connectivity measures on habitat network assessments. **Landscape Ecology**, n. 29, p. 1551-1570, 2014.