UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES URI – CAMPUS DE ERECHIM DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

JÉSSICA APARECIDA PRANDEL

ESTUDO DA DINÂMICA DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL COMO SUBSÍDIO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

ERECHIM Março, 2018

JÉSSICA APARECIDA PRANDEL

ESTUDO DA DINÂMICA DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL COMO SUBSÍDIO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia (Área de Concentração: Gestão e Conservação Ambiental).

Linha de Pesquisa Ecologia e Conservação da Biodiversidade

Orientadores

Dr. Vanderlei Secretti Decian

Dr^a. Tanise Luisa Sausen

ERECHIM Março, 2018

JÉSSICA APARECIDA PRANDEL

ESTUDO DA DINÂMICA DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL COMO SUBSÍDIO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia. Área de Concentração:

Gestão e Conservação Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Vanderlei Secretti Decian (Orientador) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim.
Dr ^a . Tanise Luisa Sausen (Orientador) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim.
Dr ^a . Elisabete Maria Zanin Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim.
 Dr. João Paulo Pérez Bezerra

Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS- Campus Erechim.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu o dom da vida, a capacidade e motivação para a realização deste trabalho e pelas oportunidades a mim oferecidas.

Ao Professor Dr. Vanderlei Secretti Decian, pela excelente orientação para a realização deste trabalho, pelos ensinamentos e oportunidades oferecidas, por confiar a mim a condução de projetos de pesquisa e por ter contribuído enormemente para o meu aprendizado e formação profissional.

A Professora Tanise Luisa Sausen pela orientação e encaminhamento deste trabalho e por ter contribuído para o meu aprendizado.

A grande amiga Dr. Franciele Rosset de Quadros, pelo auxílio na pesquisa, pela grande dedicação e pelos ensinamentos que levarei por toda vida.

A grande amiga Marciana Brandalise por todo incentivo, apoio e auxílio na pesquisa, por sempre estar disposta a ajudar e por todo companheirismo no decorrer do mestrado.

Aos colegas de laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental por todo o auxílio no decorrer deste trabalho.

Ao colega de laboratório Ivan L. Rovani pela grande amizade, companheirismo e por todo o auxílio no decorrer deste trabalho.

A todos os meus familiares, em especial aos meus pais, Moisés e Elaine, pelo imenso apoio durante toda a minha vida.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões pela contribuição na minha formação profissional.

Aos meus companheiros Chaiane e Lucas pela grande amizade e companheirismo que levarei por toda vida.

À Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões por possibilitar a realização do mestrado em Ecologia.

A banca examinadora desta dissertação pela disponibilização para a leitura e contribuições ao trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa.

E a todas as pessoas e entidades que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho.

"A verdadeira viagem de descoberta não consiste em buscar novas paisagens, mas em termos um novo olhar." Marcel Proust

RESUMO

O mapeamento do uso e cobertura da terra é imprescindível para compreender o espaço e as modificações que ocorrem na paisagem. O presente estudo buscou avaliar o componente clinográfico e a evolução da fragmentação florestal no decorrer de 30 anos na Região do Alto Uruguai, Sul do Brasil, a fim de fornecer subsídios para a conservação e estabelecimento de áreas prioritárias para a biodiversidade. Para o mapeamento do uso e cobertura da terra e clinografia utilizou-se análises combinadas (Cross-Tabulation). Foram utilizadas cenas de imagens do satélite Landsat 5 sensor TM e Landsat 8 sensor OLI dos anos 1986, 1991, 2001, 2011 e 2016. Realizou-se o processamento digital das imagens, coleta de padrões amostrais, classificação do uso e cobertura da terra, aplicando técnicas de geoprocessamento e posteriormente métricas da paisagem com uso do aplicativo Fragstats v.4.2.1. A área de estudo, inserida em uma matriz agropecuária, apresenta um processo constante de modificação da paisagem. A análise espacial do uso e cobertura da terra ao longo de 30 anos indicou uma redução na área ocupada pelos usos agrícolas, e aumento em área ocupada pelos usos vegetação nativa e pastagem. Este aumento foi relacionado ao abandono de áreas agrícolas, com menor aptidão a mecanização, por estarem situadas em áreas declivosas, resultando no êxodo rural. A análise temporal da fragmentação mostrou um aumento em área 81.332,88 ha, e aumento de 5.133 fragmentos. Todavia, a área de estudo compreende em sua maioria pequenos fragmentos florestais, indicando um alto grau de fragmentação e isolamento. Adicionalmente, o aumento do número de fragmentos florestais indica que na área de estudo está ocorrendo um processo de regeneração natural na paisagem, resultado da aplicação das leis e políticas públicas. A utilização de ferramentas de geoprocessamento fornecem importantes informações para a elaboração de programas que visem à conservação e manutenção da biodiversidade, bem como a recuperação de ambientes em estágio de sucessão ecológica, indicando áreas prioritárias para a conservação ambiental.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra; componente clinográfico; planejamento ambiental; geoprocessamento; fragmentos florestais.

ABSTRACT

The mapping of land use and land cover is essential to understand the space and the changes that occur in the landscape. The present study aimed to evaluate the clinographic component and the evolution of the forest fragmentation during 30 years in the Region of Alto Uruguay, South of Brazil, in order to provide subsidies for the conservation and establishment of priority areas for biodiversity. Cross-Tabulation was used for the mapping of land use and land cover and clinography. Landsat 5 sensor TM and Landsat 8 OLI sensor images from the years 1986, 1991, 2001, 2011 and 2016 were used. Digital image processing, sample collection, classification of land use and coverage, applying geoprocessing techniques and later landscape metrics using the Fragstats v.4.2.1 application. The study area, inserted in an agricultural matrix, presents a constant process of modification of the landscape. The spatial analysis of land use and cover over 30 years indicated a reduction in the area occupied by agricultural uses, and an increase in area occupied by native vegetation and pasture. This increase was related to the abandonment of agricultural areas, with less ability to mechanization, because they are located in steep areas, resulting in rural exodus. The temporal analysis of fragmentation showed an increase in area 81,332.88 ha, and increase in number of fragments of 5,133. However, the study area comprises mostly small forest fragments, indicating a high degree of fragmentation. In addition, the increase in the number of forest fragments indicates that a process of forest regeneration is taking place in the landscape, resulting from the application of laws and public policies. The results observed in this study demonstrate a quantitative increase of the area occupied by small fragments of native tree vegetation in the process of forest regeneration. The use of geoprocessing tools provides important information for the elaboration of programs aimed at the conservation and maintenance of biodiversity, as well as the recovery of environments in the stage of ecological succession, indicating priority areas for environmental conservation.

Keywords: Land use and land cover; clinographic component; environmental planning; geoprocessing; Small forest fragments.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
Artigo:	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1. Área de estudo	16
2.2. Coleta de dados orbitais, processamento digital e coleta de padrões amostrais	17
2.3. Classificação supervisionada, acurácia e elaboração e sobreposição dos mapas temáticos	18
2.4. Métricas da paisagem	19
2.5. Análise dos dados	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1. Uso e cobertura da terra versus clinografia	21
3.2. Trajetória das áreas de vegetação Nativa	26
3.3. Métricas da paisagem	31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5. REFERÊNCIAS	38
6. MATERIAL SUPLEMENTAR	45
CONCLUSÃO GERAL	48
REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO GERAL

Devido a fatores socioeconômicos e forças políticas ocorrem mudanças no uso da terra e que por sua vez, podem alterar as propriedades estruturais e funcionais de uma paisagem (Parcerisas et. al., 2012). Ao longo do tempo o homem ocupou e transformou o meio ambiente, fazendo uso dos recursos naturais como forma de suprir suas necessidades básicas de sobrevivência (Primack e Rodrigues, 2001).

A relação entre homem e o ambiente, como o homem percebe este ambiente e como ele se comporta, se expressa na utilização do solo e da terra em determinado espaço. Desta forma, este uso se torna um ponto de ligação decisivo entre processos sociais e naturais (Hadlich, 2006). Com o crescimento acelerado da população humana e expansão agrícola, tem-se observado um aumento da pressão sobre os fragmentos florestais remanescentes (Fiori et al., 2014; Saito et al., 2016).

O equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e a preservação do ambiente é necessário para promover a manutenção destes, para as gerações futuras, e isto só será possível se houver planejamento adequado e antecipado das ações (Cuppini et al, 2012; Piroli e Pereira, 1999). A importância em compreender as alterações na paisagem despertou o interesse em desenvolver estudos capazes de avaliar os impactos e as consequências das mudanças no uso da terra (Turner II et al., 2007; Turner II, 2009). A crescente interação entre o sistema homem-paisagem reforça a importância do entendimento das alterações da paisagem e consequentemente dos ecossistemas (Gerlak, 2014).

Ecossistemas são sistemas de suporte da vida do planeta e fornecem uma série de serviços vitais para a espécie humana e todas as outras formas de vida, como os alimentos, recursos hídricos, biodiversidade, sequestro de carbono e o bem-estar das populações (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). No entanto, a capacidade dos ecossistemas em fornecer estes serviços encontra-se ameaçada, devido principalmente ao desenvolvimento de atividades socioeconômicas, que resultam em mudanças no uso da terra, alterações na composição atmosférica e climática e perda da biodiversidade que está estritamente relacionada à fragmentação florestal (Metzger et al., 2006).

Mudanças no uso e cobertura da terra alteram as propriedades estruturais e funcionais das paisagens, resultando na modificação e degradação do ambiental natural, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas (Metzger, 2001; Parcerisas et al., 2012; Schirmer, 2013). Estudos relativos a mudanças do uso e cobertura da terra buscam compreender os efeitos das alterações da paisagem, seus impactos e consequências à sociedade (Turner II et al., 2007; Turner II, 2009).

O uso desordenado da terra e o desenvolvimento de práticas agrícolas inadequadas afetam a qualidade do ambiente e consequentemente das terras exploradas, dificultando ações de gestão ambiental e conservação dos recursos naturais (Barton et al., 2010). A atividade antrópica no ordenamento da paisagem local é vista como elemento integrante e articulador das transformações ocorridas no ambiente natural (Trentin et al., 2007).

O estudo da clinografia para verificar os impactos ambientais é importante já que esta é uma variável geográfica presente na legislação brasileira como fator limitante ao uso agrícola (Lepsch et al., 1991). A relação entre mapas de clinografia e modelos digitais tridimensionais do relevo permite visualizar as relações entre os diferentes graus de inclinação e sua posição na vertente, identificando o padrão de áreas com maior suscetibilidade. As estratificações das classes de clinografia estão relacionadas diretamente com os usos permissíveis, seja por questões legais ou mesmo mecânicas, associadas à mecanização e manejo do solo (Valeriano e Albuquerque, 2010). Locais onde a clinografia se torna um fator limitante para o seu uso, são ambientes que devem ser conservados e preservados, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e ou Reserva Legal (Decian, 2001).

A fragmentação florestal e a conversão da vegetação nativa em usos agropecuários contribuem diretamente para o aumento da degradação ambiental (Decian, et al 2016). A fragmentação de habitats naturais se constitui em uma ameaça relevante a ser considerado no processo de conservação da biodiversidade. 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 ou sementes, aumentando o efeito de bordas nos fragmentos remanescentes, comprometendo diretamente a conservação da fauna e da flora (Ganem et al, 2008). O processo de fragmentação florestal é oriundo de uma ação natural ou antrópica (Viana, 1990), sendo impulsionado pelo uso desordenado nos

grandes centros urbanos e em áreas rurais com os usos agropecuários, resultando diretamente na perda dessa biodiversidade (Pirovani, 2010).

A expansão das atividades humanas para fins agropecuários e urbanos buscando suprir a necessidade de espaços para moradia e a produção de alimento contribui diretamente na alteração das paisagens. Usos desordenados da terra juntamente com o desenvolvimento de atividades agrícolas inadequadas afetam a qualidade do ambiente, dificultando ações de gestão ambiental e conservação dos recursos naturais (Barton et al., 2010). A avaliação do processo de fragmentação e análise de sua dinâmica pode contribuir para a elaboração de propostas visando à preservação e conservação ambiental dando maior suporte as ações de planejamento.

Nesse sentido o presente trabalho tem como objetivo realizar inicialmente uma avaliação temporal do uso e cobertura da terra levando em consideração a clinografia e, com base nisto, realizar a análise da fragmentação florestal em remanescentes pertencentes a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Sul do Brasil.

As hipóteses testadas nesse estudo foram, (i) os usos e cobertura da terra estão associados diretamente com as classes de clinografia na região Norte do Rio Grande do Sul; (ii) as alterações no uso e cobertura da terra no decorrer de 30 anos provocam aumento da fragmentação florestal, fazendo com que a matriz agropecuária seja o fator de isolamento entre estes fragmentos.

Este trabalho compreende um artigo científico intitulado "ESTUDO DA DINÂMICA DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL COMO SUBSÍDIO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL" a ser submetido para publicação à revista Floresta e Ambiente (FLORAM) como requisito a emissão final de diploma de mestrado.

Artigo:

ESTUDO DA DINÂMICA DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL COMO SUBSÍDIO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

RESUMO

O entendimento da dinâmica entre usos e cobertura da terra, componente clinográfico e análise da fragmentação florestal são fatores indispensáveis para compreender a estrutura e a configuração de uma paisagem. Este estudo teve como objetivo avaliar a trajetória da fragmentação florestal da região Norte do Rio Grande do Sul no decorrer de 30 anos (1986 a 2016), visando fornecer subsídios à conservação ambiental e estabelecimento de áreas prioritárias para a manutenção da biodiversidade. Para o mapeamento do uso e cobertura da terra, clinografia e trajetória foram utilizadas cenas do satélite Landsat 5 sensor TM e Landsat 8 sensor OLI. Foi realizado o processamento digital das imagens, coleta de padrões amostrais, classificação do uso e cobertura da terra, mapeamento clinográfica, quantificação da classe vegetação nativa aplicando técnicas de geoprocessamento, análises combinadas (Cross-Tabulation) e posteriormente foi aplicada as métricas da paisagem utilizando o software Fragstats 4.2.1. Ao longo do período foi possível observar mudanças na paisagem da região, estas relacionadas à diminuição em área ocupada pelos usos agrícolas (23,21 %) e aumento em área ocupada pelos usos vegetação nativa e pastagem 14% e 7,52% respectivamente. Este aumento está relacionado ao abandono de áreas agrícolas, com menor aptidão a mecanização, por estarem situadas em áreas declivosas, resultando no êxodo rural. A análise temporal mostrou um aumento em área (81.332,88 ha), e aumento em número de fragmentos (5.133). Fragmentos florestais na área de estudo são representados, em sua maioria (90%), por pequenos fragmentos, indicando que a região ainda possui um alto grau de fragmentação, entretanto, fragmentos maiores aumentaram, mostrando uma tendência de melhora na condição ambiental. A área de estudo está passando por um processo de regeneração natural na paisagem, resultado da criação de leis e políticas públicas que promovem a preservação. O cenário atual da região Sul do Brasil caracteriza-se por um processo de modificação da paisagem, onde as áreas declivosas apresentam paisagens mais complexas e o aumento da regeneração da vegetação nativa esta diretamente relacionada ao componente clinográfico.

Palavras-chave: Geoprocessamento, fragmentos florestais, gestão ambiental, métricas da paisagem, clinografia.

ABSTRACT

Understanding the dynamics between land uses and coverage, clinographic component and analysis of forest fragmentation are indispensable factors for understanding the structure and configuration of a landscape. The objective of this study was to evaluate the trajectory of forest fragmentation in the northern region of Rio Grande do Sul over 30 years (1986 to 2016), aiming to provide subsidies for environmental conservation and establishment of priority areas for the maintenance of biodiversity. For the mapping of land use and coverage, clinography and trajectory, scenes from the Landsat 5 sensor satellite and Landsat 8 OLI sensor were used. Digital image processing, sample collection, land use and land cover classification, clinographic mapping, quantification of the native vegetation class using geoprocessing techniques, combined analysis (Cross-Tabulation) and later the landscape metrics using the Fragstats 4.2.1 software. During the period, it was possible to observe changes in the landscape of the region, these related to the decrease in area occupied by agricultural uses (23.21%) and increase in area occupied by native vegetation and pasture 14% and 7.52% respectively. This increase is related to the abandonment of agricultural areas, with less ability to mechanization, because they are located in steep areas, resulting in the rural exodus. The temporal analysis showed an increase in area (81,332,88 ha), and increase in number of fragments (5,133). Forest fragments in the study area are mostly represented (90%) by small fragments, indicating that the region still has a high degree of fragmentation, however, larger fragments have increased, showing a trend of improvement in the environmental condition. The study area is undergoing a process of natural regeneration in the landscape, resulting from the creation of laws and public policies that promote preservation. The current scenario of the southern region of Brazil is characterized by a process of landscape modification, where the sloping areas present more complex landscapes and the increase of regeneration of the native vegetation is directly related to the clinographic component.

Keywords: Geoprocessing, forest fragments, environmental management, landscape metrics, clinography.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos complexos vegetacionais mais singulares do mundo, devido a sua alta diversidade de espécies e nível de endemismo (Mori et al., 1981; Fonseca, 1985; Dean, 1996; Viana e Tabanez, 1997; Ranta et al., 1998). Atualmente a maior parte da biodiversidade da mesma encontra-se localizada em fragmentos florestais, sendo necessária a realização de estudos, a fim de estabelecer estratégias de conservação dos mesmos (Pirovani, 2010).

Com o crescimento acelerado da população humana e expansão agrícola, temse observado um aumento da pressão sobre fragmentos florestais remanescentes, principalmente do bioma Mata Atlântica (Fiori et al., 2014; Saito et al., 2016). Este processo é um fenômeno grave, impulsionado pelo uso da terra desordenado nos grandes centros urbanos e em áreas rurais com os usos agropecuários.

A expansão da fronteira agrícola é o principal fator responsável pelo fenômeno de fragmentação no Brasil, formando mosaicos heterogêneos que resulta em inúmeras manchas de vegetação nativa de diferentes formatos e tamanhos, ocasionando danos, muitas vezes irreversíveis a todo um ecossistema. Uma paisagem que sofreu alterações por meio de ações antrópicas ou naturais estará sujeita a inúmeras perturbações (Pirovani, 2010; Viana, 1992; Lovejoy, 1980; Metzger, 2006).

A nível mundial o histórico de degradação e desmatamento dos habitats naturais é bastante antigo, datando de cerca de 20.000 anos até os dias atuais (Fao, 2007). A fragmentação de habitats naturais consiste em uma grande área transformada em vários habitats menores, isolados uns dos outros ao longo de uma matriz, influenciando na riqueza e abundância das espécies (Dirzo e Raven 2003; Fahrig, 2003; Sodhi et al., 2009).

A fragmentação florestal no Brasil iniciou com os povos antigos (caçador-coletor) com o desmatamento e degradação das florestas há mais de 13 mil anos, intensificando este processo com a chegada dos colonizadores europeus há mais de 500 anos (Pirovani, 2010; Dean, 1996; Fonseca, 1985). Grande parcela dos fragmentos do Bioma Mata Atlântica encontram-se isolados um dos outros, sendo compostos por florestas secundárias em estágios iniciais e médios de regeneração (Metzger et al., 2009). Além disso, apresenta em seus domínios cerca de 70% da

população brasileira (MMA, 2002), o que tornam críticas às tentativas que visam à preservação do bioma (Cemim, 2014).

Nesse sentindo a combinação de técnicas de geoprocessamento e dados oriundos do sensoriamento remoto auxiliam no processo de caracterização ambiental de uma paisagem (Freitas et al., 2012; Silva et al., 2014). Essas ferramentas têm sido aplicadas no monitoramento florestal de biomas diversos (Assis et al.,2015), quer seja em Áreas de Proteção Ambiental (Miceli et al., 2015), em bacias hidrográficas (Silva et al., 2015) e monitoramento da cobertura arbórea de Parques Estaduais (Souza et al., 2015).

Já a Ecologia de Paisagens fornece um alicerce conceitual que auxilia no estudo de paisagens fragmentadas e as interações entre os fragmentos dentro de um mosaico, e como estes padrões e interações são alterados e como eles afetam os processos ecológicos em determinada escala temporal, principalmente avaliando os processos de heterogeneidade (Mcgarigal e Marks, 1995; Clarck, 2010). Para a análise da fragmentação florestal existem muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas da paisagem (Carrão, et al, 2001).

Assim, o emprego de ferramentas geotecnológicas e os índices de ecologia da paisagem permitem a compreensão dos elementos que compõem e que estruturam a paisagem e as suas possíveis implicações ecológicas provenientes das suas modificações em um determinado espaço de tempo, possibilitando o conhecimento detalhado da paisagem para que sejam tomadas medidas que visam o gerenciamento adequado dos recursos naturais (Cemim, 2014).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar inicialmente uma avaliação temporal da fragmentação florestal em uma paisagem do Sul do Brasil no decorrer de 30 anos (1986 a 2016), fornecendo subsídios para conservação ambiental e estabelecimento de áreas prioritárias para a manutenção da biodiversidade. A análise da fragmentação florestal para a região é de suma importância, já que a área de estudo é composta por remanescentes florestais pertencentes a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. A hipótese principal é que as alterações no uso e cobertura da terra no decorrer de 30 anos provocam aumento da fragmentação florestal, fazendo com que a matriz agropecuária seja o fator de isolamento entre estes fragmentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo está situada na Região Norte do Rio Grande do Sul, composta por 31 munícipios, entre as coordenadas geográficas 27°12′59" a 28°00′47"S e 51°49′34" a 52°48′12"O (Figura 1). Possui área de 591.600,00 hectares, com altitudes que variam entre 400 m a 800 m. O clima é caracterizado como subtropical úmido tipo temperado (tipo Cfa e Cfb de Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 17 ± 1 °C e precipitação média anual que varia entre 1900 e 2200 mm (Alvarez et al., 2013).

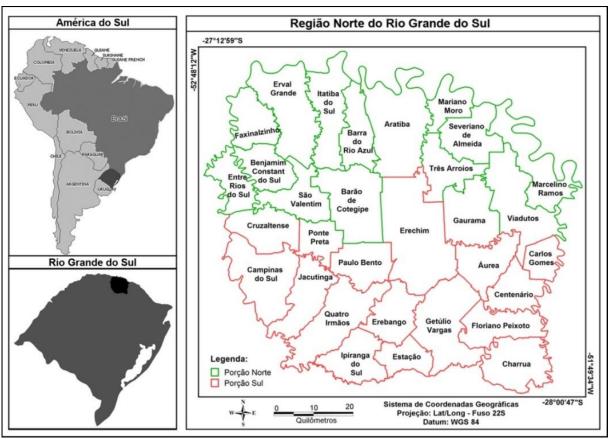


Figura 1. Limites municipais (porção norte e sul estratificado em função da clinografia) da Região Norte do Rio Grande do Sul, Brasil.

A base econômica da região está centrada na agricultura, com o cultivo de soja, milho e trigo, e na pecuária, com a criação de aves, suínos e bovinos (Decian et al., 2010). A vegetação é caracterizada por uma área de transição entre Floresta Atlântica com Araucária e Floresta Atlântica Semidecidual (Oliveira-Filho et al., 2015).

2.2. Coleta de dados orbitais, processamento digital e coleta de padrões amostrais

Foram utilizadas quatro cenas de imagens do satélite Landsat 5, sensor TM para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e uma cena do satélite Landsat 8 para o ano de 2016, sensor OLI, ambas órbitas 222 e ponto 79, adquiridas junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram obtidas no mês de outubro de cada ano, abrangendo um período de 30 anos de estudo. Para todas as cenas foram aplicados os mesmos procedimentos de tratamento digital, georreferenciamento, classificação e recorte da área.

As imagens de satélite foram georreferenciadas no software IDRISI versão Selva, utilizando a projeção UTM, datum WGS 84, e fuso 22 Sul por meio de 41 pontos de controle, coletados em campo com auxílio de GPS (Global Positioning System) topográfico e suporte de uma base cartográfica — Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental-URI Erechim. Após o georreferenciamento das imagens, aplicou-se a atenuação dos efeitos atmosféricos, que consistiu na subtração do pixel escuro.

A categorização das classes de uso e cobertura da terra foi adaptada da classificação sistemática proposta pelo Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013). Para a coleta dos padrões amostrais da verdade terrestre foram determinadas nove classes de uso e cobertura da terra, sendo elas: vegetação nativa, silvicultura, agricultura, solo exposto, lâmina d'água, pastagem, área urbanizada, área úmida e malha viária (Quadro 1).

Quadro 1. Classes de uso e cobertura da terra utilizados para o estudo. Adaptado de IBGE, 2013.

Ambientes	Classes	Descrição				
	Área urbanizada	Áreas de uso intensivo, com adensamento urbano, infraestruturas rurais, industriais e comerciais.				
Usos Antrópicos	Agricultura	Áreas de cultivo, principalmente de <i>Glycine max L.</i> (soja), <i>Zea mays</i> (milho), <i>Triticum spp. L.</i> (trigo), <i>Citrus sinensis L.</i> (citros) e <i>Ilex paraguariensis</i> A. StHil. (erva-mate).				
	Pastagem	Área com predomínio de vegetação herbácea (exótica), utilizada para pecuária extensiva.				
	Silvicultura Áreas de cultivo homogêneo, principalmente de <i>Eucalypi</i> spp. e <i>Pinus spp.</i>					
	Solo exposto	Áreas sem cobertura florestal ou em pousio.				
	Rede viária	Principais estradas da Região				
	Área úmida	Áreas conhecidas como banhados, zonas de transição terrestre-aquáticas.				
Usos Naturais	Lâmina d'água	Rios, canais, represas e açudes.				
	Vegetação arbórea nativa	Áreas com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea nativa.				

2.3. Classificação supervisionada, acurácia e elaboração e sobreposição dos mapas temáticos

A classificação das imagens de satélite "pixel a pixel", seguiu o método de Máxima Verossimilhança (MaxVer), técnica proposta por Lee e Grunes (1992). Para avaliar a acurácia das classificações deste estudo foi utilizado o Coeficiente Kappa (Cohen, 1960), obtido por meio da aplicação do módulo Errmat do IDRISI. Por meio do processo de importação entre softwares (*Idrisi e MapInfo*) foi elaborado um banco de dados e quantificados os parâmetros numéricos de área, perímetro e percentagem. Para análise da fragmentação foram extraídos da classificação de uso e cobertura da terra os dados da classe de vegetação nativa, quantificando os fragmentos florestais em classes de área, adaptado (Albergoni, 2011) e elaboração dos mapas temáticos. Para a identificação da relação entre os Usos e Cobertura de Terra *versus* Classes de Declividades, foi realizado no aplicativo Idrisi Selva, uma operação de sobreposição (Overlay) dos mapas de uso e cobertura da terra, das diferentes datas trabalhadas, e dos usos com a variável física de declividade.

Para analisar a clinografia foi utilizado o *software* IDRISI Selva e as curvas de nível oriundas da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul com escala de 1:50.0000, organizada por Hasenack e Weber (2010), foi gerado o Modelo Numérico de Terreno (MNT-TIN Interpolation), aplicando o método de Krigagem e classificação proposta por Herz e De Biasi (1989) e De Biasi (1992) (Quadro 2).

Quadro 2. Classes de clinografia da Região Norte do Rio Grande do Sul. Adaptado de Herz e De Biasi (1989) e De Biasi (1992).

Classes (%)	Descrição
	Relevo plano: Estabelece o limite máximo urbano industrial e no meio rural
0 5	compreende terras cultiváveis com problemas simples de conservação do
	solo, sem maiores preocupações com erosão.
	Relevo suave-ondulado: Estabelece o limite máximo para mecanização
5 12	agrícola. Nestas áreas pode ser usado maquinário agrícola no cultivo e
3112	preparo do solo, mas com algumas precauções com o preparo e plantio do
	solo em nível, controle do fogo em resíduos de culturas entre outros.
	Relevo ondulado: Estabelece o limite máximo para urbanização sem
12 30	restrições, sendo estas áreas protegidas pela Lei Lehman (6.766/79 BR). É
12 00	permitido o cultivo apenas com equipamentos a tração animal ou tratores
	esteira devido à inclinação das vertentes.
	Relevo declivoso: Estabelece como limite máximo de corte raso da
30 47	vegetação, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por
	cobertura de florestas.
	Relevo fortemente declivoso: Não é permitida a derrubada de florestas, só
Superior a 47	sendo tolerada a extração de toros, quando em regime de utilização racional,
Oupcilor a 47	que vise a rendimentos permanentes. Áreas destinadas a preservação
	permanente.

2.4. Métricas da paisagem

A análise da configuração dos fragmentos de vegetação com base em métricas da paisagem foi realizada utilizando o programa FRAGSTATS 4.2.1. Foram elencadas métricas (Tabela 1) seguindo o critério de inclusão correspondente ao seu significado ecológico, principalmente na perspectiva da conservação ambiental, em termos de classe, correspondente à vegetação nativa, e de mancha, ou seja, métricas definidas para fragmentos individuais, as quais caracterizam a forma e configuração dos fragmentos.

Tabela 1. Índices da Paisagem gerados ao nível de classe e fragmento através do Fragstats 4.2.1.

Parâmetros	Descrição dos	Unidade	Observação
métricos	parâmetros métricos	Unidade	Observação
CA	Área total da classe	Hectares (Ha)	Somatório das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais presentes na área em estudo.
PLAND	Percentagem da paisagem ocupada pela classe	Percentual (%)	Quantidade total em percentual ocupada pela classe de uso analisada.
NP	Número de fragmentos	Adimensional	Quantidade de fragmentos em números no total.
LPI	Índice de ocupação da maior mancha	Percentual (%)	Percentual da maior mancha na paisagem.
TE	Área ocupada por bordas	Hectares (Ha)	Extremidade total de todas as manchas. É a soma de perímetro de todas as manchas
Al	Área de interior	Hectares (Ha)	Quantidade total da área de interior.
AREA_MN	Área média dos fragmentos	Hectares (Ha)	Tamanho dos fragmentos
SHAPE_MN	Média do Índice de forma	≥1 (Adimensional)	Quanto menor o valor indica fragmentos de formatos mais simples, benéficos para conservação.
FRAC_MN	Média do Índice de dimensão fractal	[1>2[As paisagens com fragmentos de formas mais simples e regulares o índice fica próximo de 1. Em paisagens com fragmentos de formas mais complexas, o índice fica próximo a 2.
PARA_MN	Média da relação perímetro/área	[1 - ∞] Metros (m)	Tamanho dos fragmentos em relação ao seu perímetro.
TCAI	Total de fragmentos com área de Interior	Adimensional	Total de fragmentos com área de interior, excluindo as bordas.
TSAI	Total de fragmentos sem área de interior	Adimensional	Total de fragmentos que não possuem área de interior.
PROX_MN	Média do Índice de proximidade	Metros (m)	Proximidade de um fragmento ao seu entorno (vizinhança de fragmentos da mesma classe).
ENN_MN	Distância do vizinho mais próximo	Metros (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média destas distâncias para classes individuais ao nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima ao nível de paisagem.
CONNECT	Índice de conectividade (%)	Percentual (%)	0- 1: Grau de conectividade espacial entre os fragmentos da mesma classe.

Para a análise da fragmentação florestal foram utilizadas as métricas da paisagem ou também chamados índices da ecologia que tem por finalidade avaliar a estrutura da paisagem e assim podem auxiliar na escolha das áreas que devem ser protegidas e recuperadas. Essas métricas podem ser calculadas a partir de mapas categóricos e existem centenas de índices que podem ser utilizados para os estudos ecológicos (Metzger, 2003). Um dos programas que calcula esses índices é o Fragstats, desenvolvido por Kevin Mcgarigal e Bárbara J. Marks, na Universidade de Oregon, e possui mais de 50 índices disponíveis.

As métricas (índices) podem ser agrupadas em duas categorias: os índices de composição e os de disposição. Os índices de composição dão uma ideia de quais unidades estão presentes na paisagem, na riqueza dessas unidades e da área ocupada por elas. Já os índices de disposição permitem quantificar o arranjo espacial dessas unidades, o grau de isolamento e a conectividade de manchas de unidades semelhantes, também a área, formato, e a complexidade de forma das manchas que compõe o mosaico de determinada paisagem (Metzger, 2003). Estas métricas auxiliam na compreensão e facilitam a interpretação da estrutura da paisagem.

Para o cálculo de métricas relacionadas à borda e isolamento estabeleceu-se de maneira arbitrária uma distância de raio de 50 metros, utilizando metodologia proposta por Murcia, 1995; Young e Mitchell, 1994; Metzger, 2010.

2.5. Análise dos dados

Para este estudo foi considerada como unidade amostral a região Norte do Rio Grande do Sul e os dados dos fragmentos de vegetação/ano, onde foram utilizados os percentuais de área de cada uso e cobertura da terra, com ênfase para a classe de vegetação nativa. Os percentuais de área de cada uso e cobertura da terra e as classes clinográficas foram utilizados no ambiente SIG como cross-tabulation, álgebra de mapas e análise espacial de dados geográficos por eventos pontuais, dispersão relativa e superfícies contínuas (Estatisticas espaciais em SIG).

Para avaliar a diferença entre o percentual de área de vegetação nativa ao longo do período de estudo, utilizou-se uma análise de correlação de Pearson, sendo realizada no ambiente estatístico R. Utilizou-se do programa Fragstats v 4.2.1 para a análise estatística das métricas, além do uso da estatística em ambiente SIG como cross-tabulation, álgebra de mapas e análise espacial de dados geográficos

por eventos pontuais e superfícies contínuas analisou-se estatisticamente a dependência e autocorrelação espacial além da dispersão relativa/coeficiente de variação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Uso e cobertura da terra versus clinografia

A análise espacial do uso e cobertura da terra entre os anos de 1986 a 2016 indicou que as mudanças na paisagem da área de estudo estão relacionadas à diminuição em área ocupada pelos usos agrícolas, que contemplam as classes de agricultura e solo exposto e pelo aumento em área ocupada pelos usos vegetação arbórea nativa e pastagem (Tabela 2).

Tabela 2. Usos e cobertura da terra entre os anos de 1986 a 2016, região Norte do Rio Grande do Sul, RS.

Uso e cobertura	1986		1991	1991		2001		2011		2016	
da terra	ha	%									
Veg. Arb. Nativa	68.970,05	11,66	92.829,37	15,69	129.758,77	21,93	138.542,45	23,42	150.302,85	25,41	
Silvicultura	10.151,95	1,72	12.726,92	2,15	8.669,5	1,47	8.230,8	1,39	11.056,79	1,87	
Pastagem	35.645,64	6,03	44.330,64	7,49	61.431,55	10,38	83.675,9	14,14	80.180,35	13,55	
Lâmina d'água	7.543,83	1,28	9.488,40	1,60	14.022,78	2,37	15.738,76	2,66	14.969,55	2,53	
Agricultura	140.467,44	23,74	236.572,93	39,99	241.487,3	40,82	219.821,94	37,16	190.778,86	32,25	
Solo exposto Área	317.430,97	53,66	183.610,14	31,04	123.879,81	20,94	111.515,31	18,85	129.716,7	21,93	
Urbanizada	3.479,18	0,59	4.401,41	0,74	4.946,74	0,84	6.773,07	1,14	7.519,06	1,27	
Área úmida	4.506,77	0,76	4.236,02	0,72	3.999,38	0,68	3.897,6	0,66	3.671,67	0,62	
Rede viária	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	

Estes resultados podem ser comparados a outros trabalhos feitos na mesma área de estudo. Malinowski Maia (2008), trabalhou com a microrregião de Erechim e mesmo com o incremento de vegetação nativa, constatou a evidencia de uma matriz predominantemente agrícola.

Ao aplicar a estatística da dispersão relativa ou coeficiente de variação (espacial do SIG Idrisi) obteve-se um valor de 258%, evidenciando alta variabilidade das manchas e tamanho destas em relação à paisagem como um todo, indicando a heterogeneidade da mesma.

A área de vegetação nativa e pastagem apresentaram aumento de 14% e 7,52% respectivamente. Os usos agrícolas (agricultura e solo exposto) apresentaram uma redução de 23,21%. A vegetação arbórea nativa, silvicultura e

pastagem ocupam os máximos valores de clinografia comparado às classes de solo exposto e agricultura implantada, que ocorrem em declividades menores (Tabela 3).

Tabela 3. Valores estatísticos da distribuição das classes de uso e cobertura da terra em relação a clinografia (valores de clinografia em percentual de inclinação do relevo).

	vn	si	ра	la	ag	se	Au	ba	rv
Mínimo	0	0	0	1	1	0	1	1	1
Máximo	105	90	105	88	59	58	101	92	88
Média	27,05	25,22	25,75	11,3	15,27	16,73	12,55	13,14	18,41
Mediana	23,5	22	23	3,5	11	14,5	8	9	18

vn: vegetação arbórea nativa; si: silvicultura; pa: pastagem; la: lâmina dágua; ag: agricultura; se: solo exposto; au: área urbana; ba: banhados; rv: rede viária.

Observa-se que a regeneração natural ocorreu principalmente na classe clinográfica de 5 a 12% (26,67%), devido ser a porção geomorfológica de relevo com maior quantidade de área na região em estudo. Salienta-se que as classes de clinografia com maiores restrições devido à inclinação do relevo (30 a 47% e superior a 47%) houve acréscimo de vegetação arbórea em estágio inicial de regeneração, por ser as porções de relevo com maiores restrições ao manejo moderno da agricultura, havendo acréscimo de 12,60% (total de 20.597 hectares) (Tabela 4).

Tabela 4. Quantificação da trajetória das áreas de Vegetação Arbórea Nativa (Trajetória entre os anos 1986 a 2016).

Classe	0 5%		5 12%		12 30%		30 47%		> 47%	
Classe	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Estável*	7.014,71	4,29	21.638,20	13,23	12.180,41	7,45	7.221,85	4,42	7.706,30	4,71
Regeneração**	10.522,73	6,44	43.604,40	26,67	19.817,47	12,12	11.027,38	6,74	9.569,40	5,85
Supressão***	2.001,20	1,22	5.804,67	3,55	2.158,98	1,32	2.250,7	1,38	993,06	0,61

^(*) Vegetação que permaneceram estáveis no período; (**) Vegetação em regeneração no período; (***) Vegetação que foi suprimida no período em análise.

A análise da trajetória das áreas de vegetação arbórea nativa indicou que a vegetação permaneceu estável ao longo dos 30 anos, que foi alvo de supressão ao longo dos 30 anos e, que independente do tamanho dos fragmentos, essas áreas estão em processo de regeneração natural (Figura 2).

A área de estudo pode ser definida em duas porções quando relacionada à topografia da região: Ao norte relevo forte e ondulado e ao sul relevo suave ondulado, possibilitando o desenvolvimento da agricultura mecanizada. O aumento da vegetação arbórea nativa e pastagem podem estar relacionados ao abandono de áreas agrícolas ao norte, sendo estas convertidas em vegetação arbórea nativa em regeneração natural e pastagens. Este aumento está relacionado a menor aptidão

da mecanização da agricultura, por estas áreas estarem situadas em locais com certa inclinação das vertentes e elevadas clinografias (Rovani, 2015; Rovani et al., 2016; Dill et al., 2004). Estudos nesta região de Malinowski Maia e Rovani chegaram também a estes resultados.

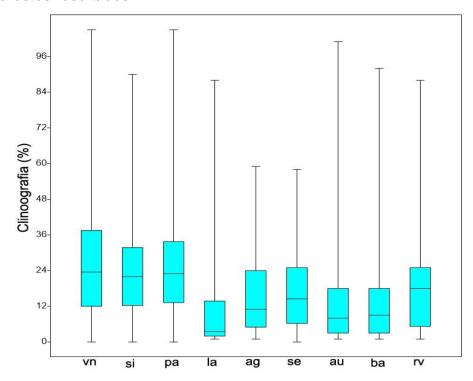


Figura 2. Box-plot da distribuição das classes de uso e cobertura da terra em função da clinografia (vn: vegetação arbórea nativa; si: silvicultura; pa: pastagem; la: lâmina dágua; ag: agricultura; se: solo exposto; au: área urbanizada; ba: banhados; rv: rede viária).

O processo de abandono das terras e posterior regeneração natural ocorreram em decorrência dos altos custos para o cultivo agrícola (Gellrich et al., 2007). Este êxodo rural pode ser visto com um dos principais fatores da redução do desmatamento florestal fazendo com que tenha o aumento da vegetação arbórea nativa (Grau et al., 2013; Parsons, 2014). A redução das atividades agrícolas pode ser um indicativo de uma melhor condição ambiental na área de estudo, considerando que as áreas declivosas estão associadas às Áreas de Preservação Permanente (APP's).

Os resultados observados foram associados com o relevo declivoso, que dificulta o desenvolvimento da agricultura mecanizada contribuindo para o aumento de vegetação nativa, principalmente em declividades > 47%, situadas principalmente nos municípios localizados na porção norte da área de estudo. A clinografia associada a outros fatores ambientais e de uso do solo é fundamental quando se

trata da distribuição de vegetação arbórea nativa na paisagem. Declividades elevadas tornam-se menos favoráveis ao uso do solo e concentram ecossistemas que são considerados prioritários a conservação da biodiversidade (Guadagnin, 2015).

Um dos principais focos para a conservação da biodiversidade em uma escala regional está centrada nas áreas remanescentes de vegetação arbórea nativa. Os resultados deste mostram que a área de estudo encontra-se fragmentada, mas em processo de regeneração natural, principalmente devido ao abandono das áreas de agricultura e solo exposto como mostrado nas tabelas de resultados anteriores. Esses resultados são particularmente importantes, visto que a área de estudo compreende remanescentes pertecentes a reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

O cruzamento entre dados de uso e cobertura da terra e as classes de clinografia, evidencia uma tendência de aumento da classe vegetação arbórea nativa no decorrer dos 30 anos em todas as classes de clinografia, chamando atenção para a classe > 47% que teve acréscimo, sendo esta considerada como Área de Preservação Permanente (Figura 3).

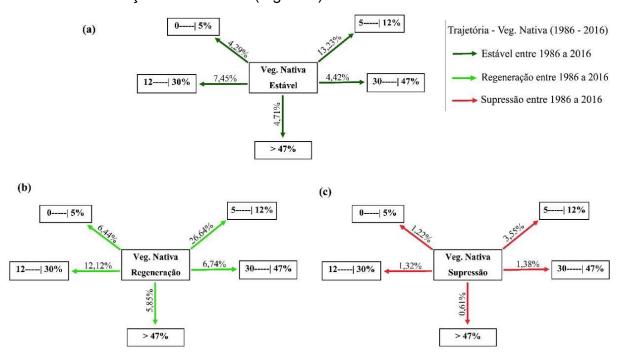


Figura 3. Relação da quantificação entre as classes de clinografias e a trajetória da vegetação arbórea nativa entre 1986 e 2016. (a) Fragmentos estáveis no período; (b) Vegetação em regeneração no período. (c) Vegetação que foi alvo de supressão no período em análise.

A partir da análise espaço temporal do uso e cobertura da terra, foi possível identificar incremento de vegetação arbórea nativa e pastagem e diminuição dos

usos agrícolas, provavelmente em decorrência da mecanização agrícola. Entretanto, em todos os anos é possível verificar conflitos ambientais de uso, pois, nesta classe os usos e cobertura da terra devem ser destinados á preservação.

Em função do relevo, regiões declivosas tendem a apresentar paisagens complexas e menos modificadas pelo homem em relação a regiões de relevo plano (Metzger, 2001). A desintensificação do uso da terra acarreta mudanças em sua cobertura, induzindo a regeneração natural por processos ecológicos naturais, que ocasionam menores impactos sobre o solo (Bakker et al., 2008). É possível verificar que as classes de pastagem e vegetação arbórea nativa estão dentro de uma faixa de clinografia abrangente, diferente das culturas agrícolas que estão inseridas principalmente em ambientes onde a clinografia é menor.

Na porção sul do Brasil uma parcela expressiva da agricultura familiar ocupa áreas de baixa aptidão agrícola e alta fragilidade ambiental, ou seja, onde há declividades mais acentuadas das vertentes e solos rasos (Pedron et al., 2006). Com a introdução do sistema plantio direto na década de 90, houve mudanças econômicas, causando a perda de mercado para agricultura familiar, sobretudo para aqueles que não conseguiram se integrar as indústrias (Caten et al., 2012).

Essas modificações no sistema econômico auxiliaram na transformação da composição e estruturação das paisagens. Nas regiões que apresentam condições naturais desvantajosas e que não conseguiram competir com os grandes produtores internacionais, o homem do campo foi obrigado a traçar novas estratégias para não sucumbir às pressões externas, o que promoveu o deslocamento dos trabalhadores rurais para outras atividades, ocasionando o êxodo rural em áreas declivosos e menos propícias a agricultura, induzindo a regeneração da vegetação arbórea nativa (Perestrelo e Martins, 2003).

Locais de grande declividade que já foram cultivados no passado, quando as famílias contavam com mais mão-de-obra e com rentabilidade maior pelos produtos agrícolas, foram abandonados para a regeneração natural. Uma das prováveis causas do aumento das florestas pode ser devida ao processo de êxodo rural (Dill et al., 2004) em que parte das propriedades foi transformada em sítios de final de semana, lavouras e pastagens foram abandonadas e se transformaram em capoeiras e posteriormente na regeneração de matas secundárias (Miguel, 2009). Essa desintesificação na área de estudo auxilia na regeneração natural da

vegetação nativa e na implementação de práticas que visam à conservação do meio ambiente.

3.2. Trajetória das áreas de vegetação Nativa

A partir do mapeamento do uso e cobertura da terra é possível estabelecer uma descrição da configuração dos fragmentos florestais de vegetação nativa na paisagem da Região no decorrer de 30 anos, onde foi possível contabilizar 23.445 fragmentos de vegetação nativa no ano de 2016 em toda área da região. Esse número corresponde a uma área de 150.302,99 ha, isso significa que da área total em estudo (591.600,00 ha) 25% são fragmentos de vegetação nativa.

É possível comparar estes resultados a estudos feitos por Malinowski Maia, na mesma região, onde foi verificado que a regeneração natural da vegetação pode ter sido ocasionada pelo abandono do solo em áreas mais declivosas. De acordo com dados referentes à cobertura florestal do Estado do Rio Grande do Sul, demostraram uma recuperação de 12%, entre os anos de 1982 e 2000, que foi determinada pelo abandono das áreas de difícil cultivo, pela redução da mão-deobra no meio rural e pelo maior rigor da legislação ambiental, sendo que as áreas em processo de recuperação encontram-se em fase inicial de regeneração natural de florestas secundárias (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2001).

Malinowski Maia verificou a regeneração natural de algumas áreas, concomitante a perda de outras. Essas perdas provocam modificações nos padrões da paisagem ao longo do tempo, como mudanças na composição, forma e configuração de fragmentos resultantes (Rutledge, 2003).

Nesse sentido os dados relacionados à área dos fragmentos possuem uma correlação positiva (r= 0,70) comprovando estatisticamente que houve aumento significativo das áreas de vegetação nativa no decorrer do tempo. A relação entre a área e o número dos grandes fragmentos para os anos de 2011 e 2016 é inversa. Pequenos fragmentos representados pela classe de 0---50 ha estão em maior quantidade de manchas, entretanto, a soma de suas áreas não atinge a soma das áreas dos grandes fragmentos, representados pela classe de 50--- >500 ha (Figura 4).

Grandes fragmentos possibilitam a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, enquanto que os pequenos promovem

aumento no nível de heterogeneidade da matriz e atuam como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares (Forman & Godron, 1986).

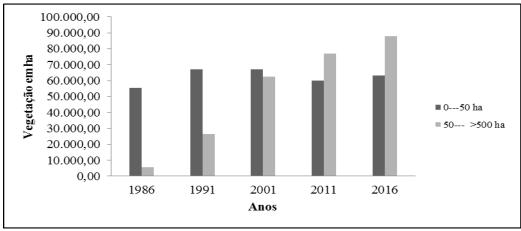


Figura 4. Trajetória da fragmentação florestal entre anos e áreas em hectares.

A partir da análise da distribuição espacial dos fragmentos florestais é possível verificar que os fragmentos de vegetação nativa estão espacializados na paisagem (Figura 5). Fragmentos maiores estão localizados principalmente na porção norte da região (exceção da Reserva Indígena do Ligeiro localizada no município de Charrua a sudeste da região) e estão associados às áreas protegidas por Lei (Áreas de Preservação Permanente – APP), como corpos d'água e relevo declivoso.

O cenário florestal da região Norte do Rio Grande do Sul se deve principalmente pelo aumento da regeneração natural. Neste contexto a vegetação reflete diretamente sobre a qualidade do ambiente. A vegetação pode ser considerada com um indicador das condições ambientais de uma região, contribuindo para a manutenção da diversidade biológica (Périco e Cemim, 2006; Pirovani et al, 2014).

Neste sentido é necessário ressaltar que a região possui um número elevado de pequenos fragmentos e que estão predominantemente inseridos dentro de uma matriz agropecuária, e merecem atenção especial. É necessário que sejam adotadas medidas, como propor um programa de educação ambiental para conscientização da população residente no entorno desses fragmentos de vegetação, propostas de manejo que promovam a conservação, como promover a recuperação dos fragmentos pequenos (menores de 50 ha) com o plantio de mudas nativas, pois, estas manchas de vegetação correm risco de supressão em uma tendência futura.

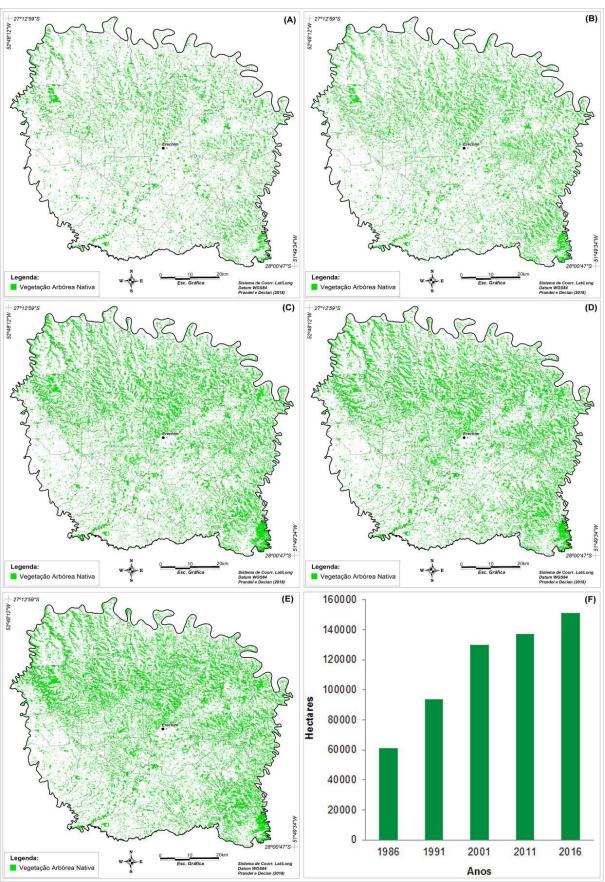


Figura 5. Trajetória da fragmentação florestal na Região Norte do Rio Grande do Sul. **A:** 1986; **B:** 1991; **C:** 2001; **D:** 2011; **E:** 2016; **F:** Quantificação (ha) da Vegetação nos anos de estudo.

Essa mudança na configuração e estruturação na paisagem da área de estudo pode ser explicada principalmente pelo processo de êxodo rural, resultante da modernização da agricultura que limitou a prática em terrenos declivosos e da busca de centros industriais (Rosa et al., 2017). Terrenos declivosos serviram para a regeneração natural da floresta, ou então, foram utilizados para plantios comerciais de árvores (Koucher, 2006; Medeiros, 2005; Rosa et al., 2017).

A análise da transição de fragmentos florestais entre os anos de 1986 e 2016 é ilustrada quantitativamente e espacialmente na tabela 5 e nas figuras 6 e 7, que indica a estabilidade, a supressão e a regeneração dos usos e cobertura da terra na área de estudo.

Tabela 5. Usos e cobertura da terra entre os anos de 1986 a 2016, região Norte do Rio Grande do Sul, RS.

	Matriz de transição da Vegetação Arbórea Nativa de 1986 para 2016									
Usos e Cobertura da terra	1986		2016							
ua terra	ha	%	ha	%						
Vegetação Nativa	5.5761,47	80,5	5.5761,47	37,11						
Silvicultura	1.010,93	1,47	7.121,01	4,74						
Pastagem	1.647,45	2,39	4.421,35	2,94						
Lâmina d'água	504,17	0,73	40,69	0,03						
Agricultura	5.056,37	7,33	32.111,78	21,37						
Solo exposto	4.896,42	7,10	50.470,04	33,58						
Área Urbanizada	92,69	0,13	98,66	0,07						
Área úmida	0,55	0,00	254,13	0,17						
TOTAL	68.970,05	100	150.279,13	100						
Estável	Regeneração	Supressão								

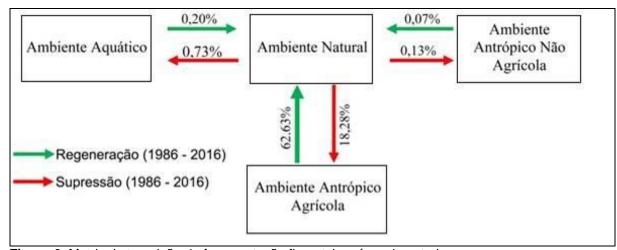


Figura 6. Matriz de transição da fragmentação florestal na área de estudo.

Constatou-se que a vegetação arbórea nativa se manteve estável nos 30 anos de estudo, modificando apenas o percentual relacionado ao total dos usos e coberturas da terra de cada ano (1986 e 2016). A principal alteração de supressão e regeneração foi encontrada entre ambiente natural e ambiente antrópico agrícola. Este resultado indica que mesmo a região sendo fragmentada, a mesma está passando por um processo de regeneração natural, sendo esta maior que a supressão, influenciando em uma tendência de melhora na condição ambiental.

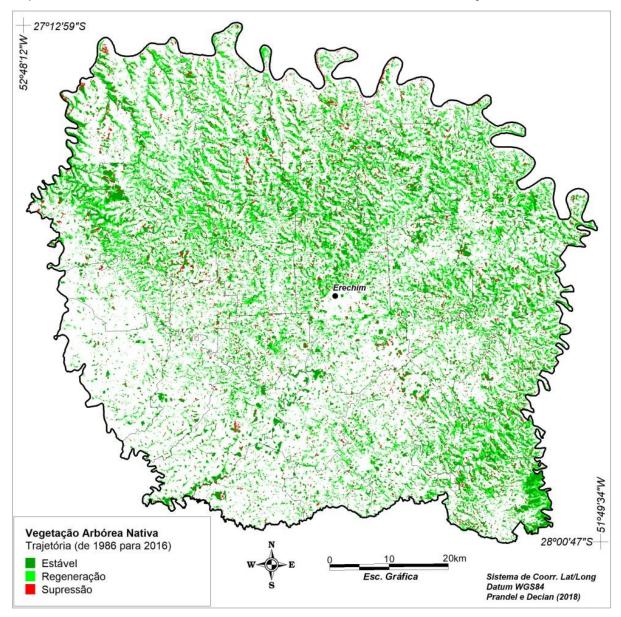


Figura 7. Trajetória da fragmentação florestal na Região Norte do Rio Grande do Sul. Transição entre os anos de 1986 e 2016, obtida com a Tabulação Cruzada (Cross Tabulation).

Remanescentes pequenos apresentam padrões frágeis de sustentabilidade ao longo do tempo devido a sua forma. Quanto mais irregulares forem os

fragmentos, mais suscetíveis a apresentar maior efeito de borda, principalmente aqueles de menor área, em função da sua maior interação com a matriz (Saunders et al.; 1991, Malinowski et al., 2008; Cemin et al., 2009; Forman, 1997). Harris (1984) afirma que qualquer diminuição na área de um fragmento florestal pode levar a uma diminuição exponencial do número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural das espécies e, por sua vez, a sustentabilidade do ecossistema (RIBEIRO et al., 2009)

3.3. Métricas da paisagem

Estudos referentes à fragmentação florestal torna-se importante relacionado à quantificação de hábitats em determinada paisagem, visto que pode auxiliar na quantificação da perda deste hábitat (Mcgarigal e Marks, 1995) (Tabela 6).

Tabela 6. Índices de ecologia da paisagem calculados via Fragstats (Estatística de Fragmentos) para a Região Norte do Rio Grande do Sul.

Parâmetros	Descrição dos	ANOS						
métricos	parâmetros métricos	1986	1991	2001	2011	2016		
CA	Área total da classe (ha)	68.970,05	92.829,37	129.758,77	138.542,45	150.302,85		
PLAND	Percentagem da paisagem ocupada pela classe (%)	11,66	15,69	21,93	23,42	25,41		
NP	Número de fragmentos	18.312	21.962	22.337	21.237	23.445		
LPI	Índice de ocupação da maior mancha (%)	0,0962	0,1857	1,5969	0,5031	0,8362		
TE	Área ocupada por bordas (ha)	52.216,27	69.766,01	89.488,24	92.095,47	101.203,94		
Al	Área de interior (ha)	16.753,80	23.063,36	40.270,53	46.447,18	49.098,90		
AREA_MN	Área média dos fragmentos (ha)	3,76	4,23	5,81	6,52	6,41		
SHAPE_MN	Média do Índice de forma	1,33	1,39	1,43	1,44	1,47		
PARA_MN	Média da relação perímetro/área	788,34	611,25	645,05	663,91	655,74		
TCAI	Total de fragmentos com área de Interior (ha)	5.770	6.488	6.490	6.030	6.070		
TSAI	Total de fragmentos sem área de interior	12.542	15.474	15.887	15.207	17.375		
CPLAND	Percentagem da paisagem ocupada pela área de interior (%)	3,09	4,26	7,33	8,42	8,93		
PROX_MN	Média do Índice de proximidade	23,28	53,75	183,55	286,87	485,30		
ENN_MN	Distância do vizinho mais próximo (m)	130,09	122,03	109,8	109,46	103,94		
CONNECT	Índice de conectividade (%)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04		

^{*} Calculado a partir de uma borda de 50m (Murcia, 1995; Young e Mitchell, 1994; Metzger, 2010). Raio calculado a partir de 500 m.

Sendo assim, a área total de uma classe (CA) consiste em uma medida de composição, a qual representa o quanto da paisagem é ocupada por um tipo

particular de mancha (Mcgarigal & Marks, 1995). Relacionado a esta métrica, a evolução histórica da paisagem indicou progressivo aumento na área total ocupada pela classe (CA). Esse acréscimo pode ser possivelmente explicado pelo abandono das áreas rurais, bem como pela atual restrição imposta pela legislação ambiental.

A análise da evolução cronológica (PLAND) constatou um aumento de 11,66% em 1986 para 25,41% em 2016, demonstrando um incremento de 14% de vegetação nativa. O número de fragmentos (NP) seguiu a mesma tendência de variação da vegetação descrita acima ao longo dos anos, aumentando 5.133 fragmentos de vegetação nativa. Este é um resultado relevante, visto que essa região está situada dentro do Bioma Mata Atlântica, um dos mais ameaçados nas últimas décadas. Atualmente, devido principalmente a fatores relacionados à expansão agrícola, restam apenas 11,7% de vegetação nativa original deste bioma, distribuídas principalmente em pequenos fragmentos (>50 ha), evidenciando a urgente necessidade de implementação de ações que visem à conservação (Ribeiro et al, 2009; Metzger, 2009).

A área média dos fragmentos (ÁREA_MN) ao longo do tempo obteve um acréscimo, dessa maneira, é importante, pois retrata uma tendência, onde, mesmo a região sendo fragmentada, estes fragmentos aumentaram em área (ha). Fragmentos de tamanhos maiores apresentam maior diversidade, uma vez que a riqueza das espécies depende das dimensões dos fragmentos. A redução progressiva no tamanho de fragmentos consiste em um componente-chave da fragmentação de hábitats, sendo que paisagens fragmentadas podem sofrer taxas mais altas de perturbação do que áreas com hábitats mais contíguos (Mcgarigal & Marks, 1995).

Em 1986 o índice de ocupação da maior mancha (LPI) era de 0,0962% passando para 0,8362% no ano de 2016, mostrando uma melhora perceptível na qualidade ambiental da maior mancha, favorecendo dispersores, polinizadores e propágulos, abastecendo fragmentos menores. Estas manchas maiores são importantes, por serem consideradas zonas de núcleos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, que devem ser destinadas à proteção integral da natureza.

Em 1986 a maior mancha correspondia a 568,26 ha e em 2016, essa mancha passou a 4.929,91 ha, ocorrendo claro aumento, resultante de regeneração natural, durante o período de estudo. Essa regeneração é considerada como um mecanismo

que aumenta a conectividade da paisagem, assim auxilia o fluxo dos organismos entre os fragmentos (Almeida, 2008).

Grande parte dos efeitos adversos da fragmentação sobre organismos parece relacionar-se diretamente aos efeitos da borda, pois a quantidade total de borda (TE) em uma paisagem é relacionada diretamente ao grau de heterogeneidade espacial nesta (Mcgarigal & Marks, 1995).

Quando florestas são fragmentadas a quantidade de bordas aumenta drasticamente (Laurance e Vasconcelos, 2009). Sendo assim, esses fragmentos estão mais susceptíveis aos efeitos de borda interferindo no desempenho de suas funções, bem como na conservação da biodiversidade. Durante o período de 1986 e 2016 houve acréscimo perceptível em área de borda (TE) e área de interior (AI).

Uma elevada densidade de bordas pode representar alto grau de complexidade da paisagem, visto positivamente (Lang e Blaschke, 2007). Porém, neste estudo sabe-se que esses valores representam um fator de fragmentação do local, com consequências negativas para a paisagem e a conservação da biodiversidade.

Ainda é possível constatar que no período estudado ocorreu o surgimento de fragmentos com maiores áreas médias de interior (TCAI). Este acréscimo está relacionado ao abandono das áreas agrícolas em regiões declivosas, devido principalmente a modernização da agricultura. McGarigal et al. (2012) consideram esse índice como o melhor indicativo da qualidade das manchas pois seu cálculo mostra o tamanho real do fragmento quando reduz as áreas de bordas.

Geralmente, quanto maior a área total do fragmento, maior será também a sua área de interior. Entretanto, quando se verifica alto índice de forma (fragmentos pequenos com formatos alongados), fragmentos que se igualam em área total podem diferir abundantemente seus valores de área de interior (Calegari et al., 2010). Em áreas pequenas a forma do fragmento se torna relativamente importante podendo acarretar complicações na determinação da área de interior, ou a relação borda/interior (Teixeira, 1998).

A evolução histórica da região Norte do Rio Grande do Sul demonstra que a vegetação obteve aumento, entretanto, a maior parte dos fragmentos são apenas borda, e não possuem área de interior. Estas áreas possivelmente estão mais recortadas devido à regeneração natural da vegetação em estágio inicial, ocorrendo

principalmente em locais onde a mecanização agrícola não consegue chegar, o que leva a essa regeneração em franjas ao longo de encostas.

Analisando o percentual da paisagem ocupada pela área de interior (CPLAND), que está relacionado ao total da paisagem excluindo as bordas, é possível verificar um aumento da mesma no período avaliado. Entre os anos de 1986 á 2016 houve acrescimento de 5,81% de área de interior em relação ao total de vegetação nativa na paisagem (CPLAND), demonstrando que a região está passando por processo de melhoria em relação às áreas núcleos. É necessário levar em consideração a relação entre o tamanho do fragmento e sua proporção entre borda e interior, pois quanto menor for o fragmento, maior o efeito de borda observado e também a proporção de número de espécies, pois, quanto maior o fragmento maior o número de espécies esperado (Odum, 1988).

Outras métricas que auxiliam na compreensão da fragmentação consistem na forma do fragmento, quanto maior o valor do índice de forma (SHAPE_MN) maior é a complexidade dos fragmentos. Ao analisar esse índice para região de estudo, observa-se que os fragmentos no decorrer do período avaliado estão se tornando mais irregulares e com maior quantidade de bordas. Estes fragmentos estão se regenerando e se conectando de forma descontinua. Fragmentos de forma irregular proporcionam elevado nível de perturbação e estão mais sujeitos a efeitos de borda (Nascimento et al., 2006).

Contribuindo para a análise das formas dos fragmentos, a utilização do Índice de Forma (SHAPE_MN) os caracteriza com mais clareza. Aproximam-se do valor 1 aqueles fragmentos que apresentam formas que se assemelham a um quadrado e, na medida em que estes valores vão aumentando, os fragmentos passam a se configurar em formatos mais alongados (Oliveira Rodrigues, 2011). Os fragmentos com formas mais alongadas tendem a servir como corredores para espécies e fragmentos com forma mais circular tendem a apresentar uma diversidade de espécies (Forman e Godron, 1986).

A média da distância do vizinho mais próximo (ENN_MN) apresentou uma tendência de redução durante o período de estudo, passando de 130,09 em 1986 para 103,94 no ano de 2016. Possivelmente resultado do aumento do número de fragmentos (NP), o que faz com que estes se tornem mais aglutinados. Este índice apresenta valores baixos quando os fragmentos de mata estão mais agregados e,

em paisagem atropizadas, o valor tende a ser mais elevado, diminuindo à medida que os distúrbios são controlados (Hargis et al., 1998). O grau de isolamento afeta diretamente a qualidade de um fragmento de vegetação nativa. Quanto maior for o grau de isolamento de um fragmento, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que podem chegar a ocupar todo o remanescente (Jarvinen, 1982).

Relacionado ao índice de proximidade (PROX_MN) e o índice de conectividade (CONNECT) estes obtiveram um aumento ao longo do período analisado, sendo um resultado positivo para a conservação ambiental. A média do índice de proximidade obteve um aumento de 462,02 m entre os anos analisados. Com o aumento do NP os fragmentos se tornam mais próximos entre si na paisagem, significando que estes servem de corredores e trampolins ecológicos. Estes corredores e trampolins ajudam a proteger a biodiversidade e facilitam o movimento dos animais entre fragmentos florestais, aumentando a diversidade de espécies, tanto local como regionalmente (Cavalganti, 2001; IBAMA, 2002).

Nesse sentido analisando o índice de conectividade, observou-se aumento de 0,02 entre os anos, indicando maior conectividade entre os fragmentos. A conectividade é considerada um elemento vital da paisagem, sendo importante para o fluxo genético entre populações (Fahrig e Paloheimo, 1988; Coulon et al., 2004). Se a conectividade entre fragmentos diminuir, limite a dispersão dos organismos, tendo consequências negativas nas populações, levando a endocruzamento e perda de diversidade genética, como tem sido encontrado já em ambientes fragmentados (Gibbs, 2001).

Ao ser submetido os fragmentos de vegetação arbórea nativa a estatística espacial presente no Idrisi Selva, o coeficiente de dispersão relativa, que avalia a disperção e distribuição dos fragmentos na paisagem, observou-se que o mesmo não obteve melhora no tempo em análise, sendo de 57,43% (1986), 56,72% (1991), 57,16% (2001), 56,70% (2011) e 57,02% (2016). São valores considerados de alta dispersão em relação a paisagem como um todo, demonstrando que os mesmos são fragmentos dispersos e ainda isolados.

Neste contexto embora determinadas métricas obtiveram melhora, os remanescentes necessitam de uma atenção especial, levando em consideração que fazem parte do Bioma Mata Atlântica, um dos mais ameaçados e que têm sofrido grande pressão antrópica ao longo do tempo e pela matriz ao qual está inserido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual da região Norte do Rio Grande do Sul mostra um processo de mudança na paisagem. Com a introdução do sistema de plantio direto na década de 90 houve modificações na composição e estruturação, fazendo com que houvesse o êxodo rural em áreas declivosos e menos propícias a agricultura, auxiliando na regeneração da vegetação nativa.

Nas áreas com clinografias acentuadas foi possível observar à substituição de áreas ocupadas pelos usos agrícolas por usos como vegetação arbórea nativa durante o período de estudo 1986 á 2016, sugerindo uma melhora gradual na qualidade ambiental devido a desintensificação do uso e cobertura da terra, onde lavouras e áreas de pastagem foram abandonadas e devido a regeneração natural.

Os fragmentos florestais na área de estudo são representados, em sua maioria por pequenos fragmentos, indicando que a região ainda possui alto grau de fragmentação florestal na paisagem. Mesmo com o incremento de área ocupada pela vegetação nativa, a matriz ainda é predominantemente agropecuária e o desenvolvimento das atividades socioeconômicas exerce forte pressão na paisagem natural da região.

No entanto, ao analisar os 30 anos, observou-se que os pequenos fragmentos permaneceram na paisagem e os já existentes aumentaram em área e novos surgiram. Desta forma, destaca-se o processo de regeneração natural, que resulta da criação de leis e políticas públicas que promovem a preservação e plantio de florestas.

Estes remanescentes são pequenos fragmentos (<50ha), entretanto, servem como eventuais trampolins ecológicos. Os resultados obtidos neste estudo permitem elencar os fragmentos florestais prioritários à conservação da biodiversidade regional e auxiliar na manutenção do Bioma Mata Atlântica.

O fato de não ter ocorrido perdas aparentes na área total ocupada por vegetação, evidencia que maiores perdas de hábitat ocorreram no período anterior a 1986 por meio da exploração madeireira e implantação de áreas agrícolas.

A análise das métricas da paisagem demonstrou agravamento nos parâmetros vinculados a forma e configuração dos fragmentos, pois estes, em sua maioria estão em estágios iniciais de regeneração, considerados apenas área de borda sem área de interior. Nesse sentido, a conservação tem sido comprometida, visto que os

fragmentos possuem formatos alongados, acarretando a perda de qualidade ambiental dos fragmentos.

As informações obtidas neste estudo demonstram um aumento na quantidade de vegetação arbórea nativa da região e a ocorrência da regeneração natural da mesma. Estes dados servem como subsídio na elaboração de programas que visem à conservação e manutenção da biodiversidade.

O aprofundamento das análises nos permitem inferir também quais municípios foram os mais permissivos em relação a supressão de vegetação nativa, ou em quais bacias hidrográficas estes eventos são mais significativos, auxiliando no processo de gestão do ambiente.

Nesse sentido, é importante a manutenção dos remanescentes existentes, para assegurar a biodiversidade local. É recomendada a conservação dos fragmentos florestais da Região Norte do Rio Grande do Sul, além da manutenção das áreas já citadas em regeneração inicial, para se obter a melhora na integridade da paisagem. A área de estudo encontra-se altamente fragmentada, medidas de conservação dos fragmentos florestais devem ser tomadas para a melhoria na qualidade ambiental. É necessária a elaboração de uma política pública para preservação destes remanescentes.

Levando em consideração o tamanho dos fragmentos presentes na região sugere-se a recomposição da vegetação, de modo a promover a união dos pequenos fragmentos com os fragmentos maiores, por meio de técnicas de manejo que favoreçam o estabelecimento da regeneração natural. Esta ação favorece também a conectividade entre os fragmentos.

Após as primeiras análises, estudos futuros podem identificar áreas prioritárias para a conservação na região, sendo este, um primeiro passo para implementação de uma rede de áreas destinadas á conservação. A proteção e o manejo dos fragmentos remanescentes na área de estudo tornam-se prioritários, reduzindo o risco de degradação destes habitats. É necessário que sejam adotadas medidas, como propor um programa de educação ambiental para conscientização da população residente no entorno desses fragmentos de vegetação, propostas de manejo que promovam a conservação, como promover a recuperação dos fragmentos pequenos (menores de 50 ha) com o plantio de mudas nativas, pois, estes correm risco de supressão em uma tendência futura.

5. REFERÊNCIAS

ALBERGONI, L. Caracterização do uso e cobertura da terra como subsídio para análise de paisagem e de vulnerabilidade de um fragmento de floresta ombrófila mista. Dissertação (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2011.

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

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift.**v. 22, p.711-728, 2013.

ASSIS, T.; COUTO JUNIOR, A.F.; NEVES, G.; REATTO, A.; MARTINS, E.S.; GOMES, M.P; SENA-SOUZA, J.P.; REIS, A.M.; RAMALHO, L.S; CLAUDINO, V.C.M. "Evolução temporal da cobertura da terra de uma bacia experimental do Cerrado utilizando sensoriamento remoto multisensor e multitemporal". In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 7739-7745.

BAKKER, M. M.; GOVERS, G.; DOORN, A. VAN; QUETIER, F.; CHOUVARDASE, D.; ROUNSEVELL, M. The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of Eur ope: The impor tance of landscape patter n. **Geomorphology**, v.98, p.213-226. 2008.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. (Lei n° 4.771 de 1965, Atualizada em 06 de Janeiro de 2001). IBAMA. Disponível em: Acesso em: 09 abr. 2012.

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, 2010.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. **In:** Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6, Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. Anais.... Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistema de Informações Geográficas - USIG, 2001.

CATEN, A. T.; MINELLA, J. P. G.; MADRUGA, P. R. A. Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 1006-1114, 2012.

CAVALCANTI, C. (ORG) Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas. São Paulo:Cortez, 2001.

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.

CLARK, W. **Principles of Landscape Ecology.Nature**. Education Knowledge, v. 3, 2010.

COHEN, J. A Coeficient of Agreement for Nominal Scales. **Journal of Educational and Measurement**. v.20, n.1, p.37-46, 1960.

COULON, A.; COSSON, J.F.; ANGIBAULT, J.M.; CARGNELUTTI, B.; GALAN, M.; MORELLET, N.; PETIT, E.; AULAGNIER, S. & HEWISON, J.M. 2004. Landscape connectivity influences gene flow in a roe deer population inhabiting a fragmented landscape: an individual-based approach. **Molecular Ecology**, 13: 2841-4850.

DEAN, W.A. **Aferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras. 1996. 484 p.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 45-60, 1992.

DECIAN. V.; ZANIN, E. M; OLIVEIRA, C. H.; ROSSET, F. *Diagnóstico Ambiental do* Corede Norte, RS: mapeamento do uso da terra na região Alto Uruguai e obtenção de banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. Santa Maria – RS, **Revista Ciência e Natura**, v.32, n.1, p. 119 – 134. 2010.

DILL, P. R. J.; PAIVA, E. M. D.; PAIVA, J. B. D.; ROCHA, J. S. M. Assoreamento do Reservatório do Vacacaí-Mirim em Santa Maria e a sua relação com a deterioração da Bacia Hidrográfica contribuinte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.9, p.56-64, 2004.

EASTMAN, J. R. **IDRISI Selva Manual.** Clark Labs. Clark University. Worcester, MA, 2012.

FAHRIG, L. & PALOHEIMO, J. 1988. Determinants of local population size in patchy habitats. **Theoretical Population Biology**, 34: 194-213.

FAO. **Dimensions of need – Na atlas of food and agriculture**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995. 127p.

FERREIRA, D. A. O. Geografia agrária no Brasil: conceituação e periodização. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 39-70, 2001.

FIORI, D; CEMIN, G; SCHNEIDER, V. E.; PÉRICO, E. "Avaliação temporal da cobertura vegetal no município de Vila Flores-RS". In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Anais**, 2014, p. 1-7.

FONSECA, G.A.B. The vanishing Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v 34, n1, p. 17-34, 1985.

FORMAN, T. T. **Land mosaics:** the ecology of landscapes and regions. New York: Cambridge University, 1997. 632 p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Landscape Ecology. New York, John Wilwy e Sons. 1986, 619 p.

FREITAS, D.M; DELGADO, R.C.; RODRIGUES, R.A.; SOUZA, L.P. "Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC". **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p. 935-946, 2012.

- GANEM, R.S; DRUMMOND, J.A; FRANCO, J.L.A. Políticas públicas de controle do desmatamento e da fragmentação de habitats. **In:** IV Encontro Nacional da Anppas. Anais... Brasília DF Brasil, 2008.
- GELLRICH, M.; BAUR, P.; KOCH, B.; ZIMMERMANN, N.E. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment,** v.118, p.93-108, 2007.
- GIBBS, J.P. 2001. Demography versus habitat fragmentation as determinants of genetic variation in wild populations. **Biological Conservation**, 100: 15-20.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretária Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Florestas e Área Protegida. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. UFSM- Departamento de Ciências Florestais: Santa Maria, 2001.
- GRAU, H. R.; KUEMMERLE, T.; MACCHI, L. Beyond 'land spaing versus land sharing': environmental heterogeneity, globalization and the balance between agricultural production and nature conservation. **Environmental Sustainability**, v.5. p.477-483, 2013.
- GUADAGNIN, P.M.A. Caracterização e mapeamento da vegetação florestal e sua relação com os componentes do relevo na bacia hidrográfica do Arroio Caverá -oeste do RS/ Brasil. Santa Maria: UFSM, 2015. 101p. Dissertação Mestrado.
- HARRIS, L. D. **The fragmented forest:** island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: University of Chicago, 1984. 229 p.
- HARGIS, C.D. et al. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of
- habitat fragmentation. Landscape Ecology, v.13, p. 167-186, 1998.
- HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. Série Geoprocessamento. 1 DVD-ROM.
- HERZ, R.; DE BIASI, M. **Critérios e legendas para macrozoneamento costeiro.** Ministério da Marinha. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Brasília, DF, 1989.
- IBAMA, Parques Nacionais **Reservas Biológicas**. Estação Ecológica. Brasília, 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra.** Terceira edição. Rio de Janeiro, 2013.
- JARVINEN, O. Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves? **Oikos**, Buenos Aires, v. 38, n. 3, p. 301-307, 1982.
- KOUCHER, A. B. **Migrações internas no Rio Grande do Sul: os novos cenários da desconcentração espacial urbano-regional**. 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- LAURENCE, W.F.; VASCONCELOS, H.L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.3, p.434-451, 2009.
- LEE, J. S.; GRUNES, M. R. Classification of multi-look polarimetric SAR data based on complex Wishart distribution. IEEE Telesystems Conference, p. 21-24. 1992.
- LIMA, H. C.; GUEDES BRUNI, R. R. 1997. **Diversidade de plantas vasculares na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, p. 29-40.** In: Serra da Macaé de Cima: diversidade florística e conservação na Mata Atlântica. Lima, H. C. e Guedes-Brumi, R. R. (ed). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LOVEJOY, T. E., The Global 2000 Report to the President The Technical Report. In: BARNEY, G.O. (Ed.), vol. 2. Penguin, pp. 327–332. 1980.
- MALINOWSKI, R.; OLIVEIRA, C. H.; ZANIN, E. M.; ROVANI, I. L.; SLAVIEIRO, L. B.; GALIANO, D. Perda e fragmentação de habitat em paisagens rural e urbana da bacia hidrográfica do Rio Tigre (RS). **Revista Perspectiva**, v. 32, n. 117, 2008.
- MCGARIGAL AND MARKS. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual. For. Sci. Dep. Oregon State University. Corvallis Oregon 59 p.+ Append. 1995.
- MCGARIGAL, K., SA, C. E Ene. 2012. **FRAGSTATS v4**: Programa de Análise de Padrões Espaciais para Mapas Categóricos e Contínuos. Programa de software de computador produzido pelos autores na Universidade de Massachusetts, Amherst. Disponível: http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- MEDEIROS, R. M. V. As formas de produção no Rio Grande do Sul e sua relação com a emigração rural. **Agraria**, n. 2, p. 69-92, 2005.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1 n. 1/2 p. 1-9, 2001.
- METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In.: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.51 –76.
- METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L.; LEEMANS, R.; SCHROTER, D. The vulnerability of ecosystem services to land use change. **Agriculture, Ecosystems and Environment,** v.114, p.69-85, 2006.
- METZGER, J. P. Editorial conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation,** Boston, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.
- METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 92-99, 2010.
- MICELI, B.S; FERNANDES, M.C; ESTRADA, A.F.D. "Análise temporal da cobertura e uso da terra através de observações em superfície modelada na APA Petrópolis, Rio de Janeiro". **Geo UERJ,** n. 26, p. 211-225, 2015.

MIGUEL, P. Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do Rebordo do Planalto do RS. Santa Maria: UFSM, 2009. 112p. Dissertação Mestrado.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT-MEA. **Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis.** Island Press, Washington, DC; 2005.

MORI S. A.; BOOM, B. M.; PRANCE G. T. Distribution patterns and conservation of eastern Brazilian coastal forest tree species. **Brittonia**, New York, v. 33, p. 233-245, 1981.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecology e Evolution**. 10:58-62. 1995.

NASCIMENTO, M.C.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C. A. Á. S.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da Bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do Satélite IKONOS II. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.389-398, 2006.

NIMER E. Clima. In: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil:** Região Sul. Rio de Janeiro, 1990, p. 151-187.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Guanabara. 1988. 434p.

OLIVEIRA-FILHO A. T., BUDKE J. C., JARENKOW J. A., EISENLOHR P. V., NEVES D. R. M. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology**, 8 (3): 242-260, 2015.

OLIVEIRA RODRIGUES, G. Análise de métricas da paisagem utilizando o Fragstats 3.3. INPE- Programa de Pós-graduação em Ciência do Sistema Terrestre. 8p. 2011 (**Documento técnico**).

PARCERISAS, L.; MARULLB, J.; PINO, J.; TELLO, E.; COLL, F.; BASNOU, C. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish Mediterranean coast (El Maresme County, 1850–2005). **Environmental Science & Policy**, v.23, p.120-132, 2012.

PARSONS, A. J. Abandonment of Agricultural Land, Agricultural Policy and Land Degradation in Mediterranean Europe. In: MUELLER, E. N., WAINWRIGHT, J., PARSONS, A. J., TURNBULL, L. (eds) **Patterns of Land Degradation in Drylands. Springer, Netherlands**, pp.357-366, 2014.

PEDRON, F. A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KLAMT, E. Aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, v.36, p.105-112, 2006.

PERESTRELO, J. P. P.; MARTINS, I. S. Modernização rural: Transformações econômicas e suas implicações demográficas, epidemiológicas e nutricionais nos municípios de Monteiro Lobato e Santo Antônio do Pinhal. **Saúde e Sociedade**, v.12, p.38-55, 2003.

PÉRICO, E; CEMIN, G. Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs). **Scientia Forestalis**, n. 70, p. 09-21, 2006.

- PIROVANI, D. B. Fragmentação florestal e dinâmica da ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2010.
- PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G. da; SANTOS, A. R. dos; 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, 2014.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001.
- RANTA, P.; BLONT,T.; NIEMELÃ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain Forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation**; v 7, p. 385-403, 1998.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Barking, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina PR.** 1993.102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- ROSA, P. A.; BREUNIG, F.M; ALMEIDA, C.M; BALBINOT; R. "Relação entre população rural e cobertura florestal no noroeste do Rio Grande do Sul". **Revista Brasileira de Cartografia**, aceito. 2017.
- ROSA, P. A.; BREUNIG, F.M; ALMEIDA, C.M; BALBINOT; R Dinâmica de Fragmentos Florestais no Noroeste do Rio Grande do Sul. Balbinot. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 21, n.1, p. 177-189, 2017.
- ROVANI, I. L. Análise do Uso da Terra e Fluxo de CO₂ na Região Norte do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões, URI, Erechim, 2015.
- ROVANI, I. L.; SANTOS, J. E.; ZANIN, M. E.; HEPP, L. U.; DECIAN, V. S. Land Use Changes in a Southern Brazil Landscape. **In:** II Simpósio Internacional de Ecologia: Ecologia no Antropoceno. Anais... Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil, 2016.
- RUTLEDGE, D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? Doc Science Internal Series 98. Departamento of Conservation, Wellington, New Zealand, 2003.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation:a review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18-35, 1991.

- SAITO, N.S.; MOREIRA, M.A.; SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C.; FIGUEIREDO, A.C. "Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal". **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 201-210, 2016.
- SOUZA, G.S.A; CONRADO, V.N.; MARTINS, B.F.; QUINTO, V.M.; SILVA, E. "Análise temporal da cobertura vegetal no Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, ES, por meio de técnicas de sensoriamento remoto". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 103-107, 2015.
- TEIXEIRA, C. V. (1998) Florística e Estrutura da Borda de um Fragmento Florestal em São Paulo (SP). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TURNER II, B.L.; LAMBIN, E.F.; REENBERG, A. The Emergence of Land Change Science for Global Environmental Change and Sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences. **United States of America,** v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.
- TURNER II, B.L. Land Change Science. In: ROB, K.; NIGEL, T. (Org.). **International Encyclopedia of Human Geography**: Elsevier, Oxford, 2009, p. 107-111.
- VIANA, V. M. Biologia de manejo de fragmentos de florestas naturais. **In:** Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, p.155. 1990.
- VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L. A. (1992) Restauração e Manejo de Fragmentos Florestais. **In:** II Congresso Nacional de Essências Nativas, Conservação da Biodiversidade. Instituto Florestal, São Paulo: Ed. Revista do IF, pp. 400-406.
- VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; BATISTA, J.L. **Dynamic and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest.** In: Laurence, W.; Bierregaard, R. Jr. (Eds). Tropival forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press, Chicago e London, p. 351-365, 1997.
- YOUNG, A.; MITCHELL N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp broadleaf forest in New Zeland. **Biological Conservation**, 67:63-72, 1994.

6. MATERIAL SUPLEMENTAR

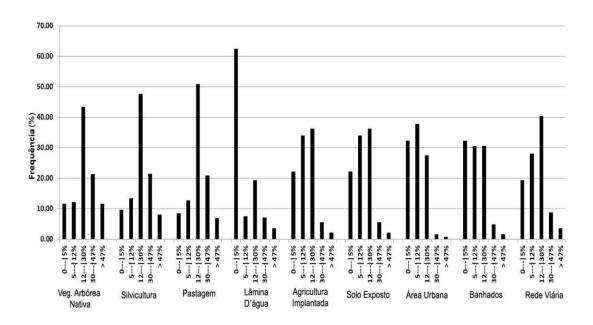


Figura 1. Usos e cobertura da terra (2016) e relação com as classes de Declividade.

Tabela 1. Usos e cobertura da terra (1986) e relação com as classes de Declividade.

Classes de Uso	0 5%	%	5 12	%	12 30	%	30 4	7%	> 47%		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Total
Vegetação											
Nativa	8.815,22	1,49	9.225,26	1,56	28.079,41	4,75	14.077,08	2,38	8.723,42	1,47	68.920,39
Silvicultura	1.523,13	0,26	1.218,67	0,21	3.474,20	0,59	2.226,54	0,38	1.703,09	0,29	10.145,63
Pastagem	3.818,00	0,65	5.895,77	1,00	17.893,33	3,02	6.076,25	1,03	1.961,32	0,33	35.644,67
Lâmina d'água	6.859,55	1,16	347,08	0,06	232,98	0,04	64,36	0,01	54,96	0,01	7.558,93
Agricultura	26.792,92	4,53	37.896,82	6,41	51.512,13	8,71	16.245,98	2,75	8.039,09	1,36	140.486,94
Solo Exposto	54.744,94	9,25	74.749,03	12,64	140.262,37	23,71	36.491,85	6,17	11.205,26	1,89	317.453,45
Área Urbanizada	1.223,49	0,21	1.362,41	0,23	855,32	0,14	19,92	0,00	17,96	0,00	3.479,10
Área Úmida	1.568,42	0,27	1.387,82	0,23	1.289,37	0,22	197,50	0,03	62,47	0,01	4.505,58
Rede Viária	669,73	0,11	946,96	0,16	1.382,78	0,23	309,76	0,05	96,08	0,02	3.405,31
Total	106.015,40	17,92	133029,82	22,49	244.981,89	41,41	75709,24	12,80	31863,65	5,39	591.600,00

Tabela 2. Usos e cobertura da terra (1991) e relação com as classes de Declividade.

Classes de Uso	0 5%	6	5 12	%	12 30	1%	30 4	7%	> 47%	> 47%		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Total	
Vegetação Nativa	12.000,77	2,03	12.622,13	2,13	39.891,88	6,74	18.559,24	3,14	9.712,09	1,64	92.786,11	
Silvicultura	2.096,70	0,35	1.763,08	0,30	4.000,15	0,68	2.345,20	0,40	2.508,26	0,42	12.713,39	
Pastagem	4.420,15	0,75	6.761,31	1,14	22.651,81	3,83	8.053,77	1,36	2.438,62	0,41	44.325,66	
Lâmina d'água	8.426,96	1,42	460,30	0,08	360,40	0,06	122,92	0,02	109,38	0,02	9.479,96	
Agricultura	39.119,53	6,61	52.130,35	8,81	100.895,17	17,05	31.471,36	5,32	13.003,12	2,20	23.6619,53	
Solo Exposto	36.302,68	6,14	55.379,07	9,36	73.430,99	12,41	14.619,10	2,47	3.901,96	0,66	183.633,80	
Área Urbanizada	1.525,78	0,26	1.676,76	0,28	1.128,28	0,19	35,60	0,01	34,98	0,01	4.401,40	
Área Úmida	1.424,89	0,24	1.318,01	0,22	1.240,43	0,21	192,37	0,03	59,13	0,01	4.234,83	
Rede Viária	669,73	0,11	946,96	0,16	1.382,78	0,23	309,76	0,05	96,08	0,02	3.405,31	
Total	105.987,19	17,92	133.057,97	22,49	244.981,89	41,41	75.709,32	12,80	31.863,62	5,39	591.599,99	

Tabela 3. Usos e cobertura da terra (2001) e relação com as classes de Declividade.

Classes de Uso	0 5%	6	5 12	%	12 30	%	30 4	7%	> 47%	, D	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Total
Vegetação											
Nativa	15.805,87	2,67	16.755,77	2,83	56.878,19	9,61	26.384,62	4,46	13.861,19	2,34	129.685,64
Silvicultura	1.830,99	0,31	1.264,59	0,21	2.899,25	0,49	1.383,71	0,23	1.287,17	0,22	8.665,71
Pastagem	5.902,24	1,00	9.016,92	1,52	31.032,65	5,25	11.813,28	2,00	3.656,89	0,62	61.421,98
Lâmina d'água	9.126,68	1,54	1.049,79	0,18	2.644,24	0,45	8.42,99	0,14	337,58	0,06	14.001,28
Agricultura	40.007,76	6,76	54.940,33	9,29	104.870,52	17,73	30.180,02	5,10	11.581,14	1,96	241.579,77
Solo Exposto	29.646,07	5,01	46.016,28	7,78	42.747,61	7,23	4.551,88	0,77	934,17	0,16	123.896,01
Área Urbanizada	1.691,39	0,29	1.845,67	0,31	1.306,07	0,22	52,25	0,01	50,74	0,01	4.946,12
Área Úmida	1.337,10	0,23	1.211,64	0,20	1.199,96	0,20	190,82	0,03	58,66	0,01	3.998,18
Rede Viária	669,73	0,11	946,96	0,16	1.382,78	0,23	309,76	0,05	96,08	0,02	3.405,31
Total	106.017,83	17,92	133.047,95	22,49	244.961,27	41,41	75.709,33	12,80	31.863,62	5,39	59.1600,00

Tabela 4. Usos e cobertura da terra (2011) e relação com as classes de Declividade.

Classes de Uso	0 5%	6	5 12	%	12 30	1%	30 4	7%	> 47%		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Total
Vegetação											
Nativa	17.127,48	2,90	17.030,91	2,88	59.146,16	10,00	29.243,76	4,94	15.948,76	2,70	138.497,07
Silvicultura	964,26	0,16	1.024,69	0,17	3.748,94	0,63	1.661,89	0,28	824,43	0,14	8.224,21
Pastagem	6.601,32	1,12	9.799,14	1,66	42.014,94	7,10	18.765,95	3,17	6.490,99	1,10	83.672,34
Lâmina d'água	9.719,66	1,64	1.174,96	0,20	3.085,46	0,52	1.125,60	0,19	568,88	0,10	15.674,56
Agricultura	43.254,88	7,31	62.916,93	10,64	88.885,41	15,02	18.280,77	3,09	6.585,80	1,11	219.923,79
Solo Exposto	24.158,96	4,08	36.503,23	6,17	43.637,75	7,38	6.014,29	1,02	1.219,04	0,21	111.533,27
Área Urbanizada	2.218,60	0,38	2.462,35	0,42	1.899,69	0,32	118,14	0,02	74,27	0,01	6.773,05
Área Úmida	1.282,13	0,22	1.188,79	0,20	1.180,77	0,20	189,15	0,03	55,56	0,01	3.896,40
Rede Viária	669,73	0,11	946,96	0,16	1.382,78	0,23	309,76	0,05	96,08	0,02	3.405,31
Total	105.997,02	17,92	133.047,96	22,49	244.981,90	41,41	75.709,31	12,80	31.863,81	5,39	591.600,00

Tabela 5. Usos e cobertura da terra (2016) e relação com as classes de Declividade.

Classes de Uso	0 5%	6	5 12	%	12 30	%	30 4	7%	> 47%		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Total
Vegetação											
Nativa	17.513,38	2,96	18.215,24	3,08	65.161,93	11,01	32.036,73	5,42	17.307,17	2,93	150.234,45
Silvicultura	1.054,76	0,18	1.488,28	0,25	5.262,27	0,89	2.354,47	0,40	896,43	0,15	11.056,21
Pastagem	6.778,86	1,15	10.205,46	1,73	40.843,32	6,90	16.727,76	2,83	5.630,41	0,95	80.185,81
Lâmina d'água	9.333,35	1,58	1.108,15	0,19	2.915,16	0,49	1.046,79	0,18	519,84	0,09	14.923,29
Agricultura	42.246,43	7,14	64.712,38	10,94	69.276,20	11,71	10.541,29	1,78	4.045,91	0,68	190.822,21
Solo Exposto	24.757,62	4,18	32.455,29	5,49	56.968,90	9,63	12.371,93	2,09	3.229,45	0,55	129.783,19
Área Urbanizada	2.438,97	0,41	2.830,73	0,48	2.043,76	0,35	128,83	0,02	76,77	0,01	7.519,06
Área Úmida	1.194,20	0,20	1.095,45	0,19	1.127,58	0,19	191,76	0,03	61,48	0,01	3.670,47
Rede Viária	669,73	0,11	946,96	0,16	1.382,78	0,23	309,76	0,05	96,08	0,02	3.405,31
Total	105.987,30	17,92	133.057,94	22,49	244.981,90	41,41	75.709,32	12,80	31.863,54	5,39	591.600,00

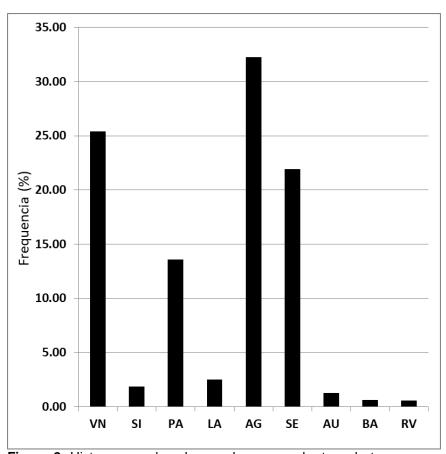


Figura 2. Histogramas das classes de uso e cobertura da terra. **vn**: vegetação arbórea nativa; **si**: silvicultura; **pa**: pastagem; **la**: lâmina dágua; **ag**: agricultura; **se**: solo exposto; **au**: área urbana; **ba**: banhados; **rv**: rede viária.

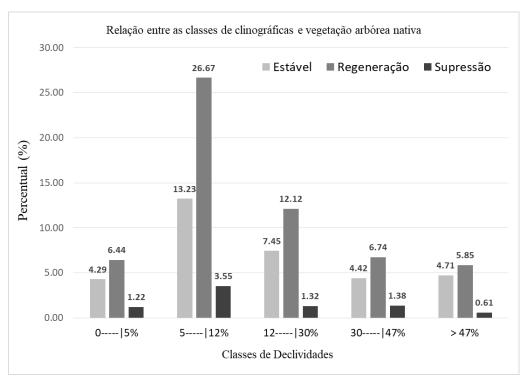


Figura 3. Histogramas da relação entre as áreas de vegetação arbórea nativa (Estável, Regeneração e Supressão) e as classes clinográficas para o ano de 2016.

CONCLUSÃO GERAL

A utilização de imagem de sensores remotos foi fundamental para a delimitação dos fragmentos florestais utilizados na análise de fragmentação florestal, bem como para quantificar o número de fragmentos de vegetação arbórea nativa.

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.

Diante dos resultados do presente estudo, pode-se concluir que com a introdução na década de 90 do sistema plantio direto houve mudanças na composição e estruturação da paisagem, resultando no êxodo rural em áreas declivosas e menos propícias a agricultura, influenciando na regeneração natural da vegetação arbórea nativa.

No decorrer de 30 anos ocorreu à substituição de áreas ocupadas pelos usos agrícolas por usos conservacionistas como vegetação arbórea nativa. A redução das atividades agrícolas demonstra que a condição ambiental da região está melhorando gradativamente, com enfoque nas áreas declivosas associadas às Áreas de Preservação Permanente (APP's). Esta condição é influenciada pelo relevo declivoso, principalmente em declividades >47%, dificultando o desenvolvimento da agricultura mecanizada contribuindo para este aumento de vegetação nativa.

Um dos focos mais importantes para a conservação da biodiversidade regional é centrada nas áreas remanescentes de vegetação arbórea nativa, que para a região encontra-se fragmentada, mas em processo de regeneração natural. Os fragmentos florestais na área de estudo são representados, em sua maioria por pequenos fragmentos, menores que 10 ha, indicando um alto grau de fragmentação florestal na paisagem. Mesmo com o incremento de área ocupada pela vegetação nativa, a matriz ainda é predominantemente agropecuária e o desenvolvimento das atividades socioeconômicas exerce forte pressão na paisagem.

No entanto, ao analisar os 30 anos, observou-se que os pequenos fragmentos permaneceram na paisagem e fragmentos já existentes aumentaram a sua área e novos surgiram, mostrando que a região tende a uma melhora na condição ambiental e de conservação da biodiversidade local. Desta forma, destaca-se o

processo de regeneração natural, que resulta da criação de leis e políticas públicas que promovem a preservação e plantio de florestas.

Ao longo dos 30 anos de análise, foi possível identificar uma necessidade de restauração da paisagem, pois foi possível verificar uma piora nos parâmetros vinculados a forma e configuração dos fragmentos, sendo estes, em sua maioria considerados área de borda e sem área de interior. A conservação tem sido comprometida, visto que os fragmentos possuem formatos alongados, acarretando a perda de qualidade ambiental dos fragmentos.

Nesse sentido, é preciso proteger os fragmentos pequenos, principalmente da ação antrópica e do efeito de borda. É necessário promover ações que visem à educação ambiental, implementação de corredores ecológicos, iniciar o plantio de vegetação nativa próxima a esses fragmentos menores para auxiliar na conectividade dos mesmos e aumentar o tamanho dos fragmentos.

Estes dados servem como subsídio na elaboração de programas que visem à conservação e manutenção da biodiversidade, bem como a recuperação de ambientes degradados, demonstrando quais as prioridades para a conservação ambiental local e regionalmente. O aprofundamento das análises nos permitem inferir também quais municípios foram os mais permissivos em relação a supressão de vegetação nativa, ou em quais bacias hidrográficas estes eventos são mais significativos, auxiliando no processo de gestão do ambiente.

REFERÊNCIAS

- BARTON, C.M.; ULLAH, I.I.; BERGIN, S. Land use, water and Mediterranean landscapes: modelling long-term dynamics of complex socio-ecological systems. **Philosophical Transactions da Royal Society**, v. 368, p. 5275-5297, 2010.
- CUPPINI, D. M; DECIAN, V. S; ROVANI, I. L; DE QUADROS, F. R; ZOITTI, N. C. Análise das áreas de preservação permanente em uma propriedade rural sob enfoque do Código Florestal Federal (Brasil, 1965) e Lei 12.727/2012. **Perspectiva**, Erechim. v.36, n.135, p. 41-51, setembro/2012.
- DECIAN, V.S. Uso de geoprocessamento na determinação de áreas de conflito. Estudo de caso: Microbacia do Arroio Portela Nova Palma/RS. 2001. 58 f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Sub-Orbitais) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. 2001.
- DECIAN, V. S; ZANIN, E. M; KRAUSE, P; QUADROS, F. R; ROVANI, I.L. Dinâmica do uso e cobertura da terra e fragmentação florestal em uma área de drenagem no Norte do Rio Grande do Sul. **Perspectiva**, Erechim. v. 40, n.149, p. 21-32, 2016.
- FIORI, D.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V. E.; PÉRICO, E. "Avaliação temporal da cobertura vegetal no município de Vila Flores-RS". **In**: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE. Anais, 2014, p. 1-7.
- GANEM, R. S; DRUMMOND, J. A; FRANCO, J. L. A. Políticas Públicas de controle do desmatamento e da fragmentação de habitats. **In:** IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília DF Brasil, 2008.
- GERLAK, A. K. Policy Interactions in Human–Landscape Systems. **Environmental Management.** v.53, p.67-75, 2014.
- HADLICH, G. M. Análise de relações entre declividade e uso do solo com auxílio do geoprocessamento, município de Sombrio, SC. **In:** Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiania, 2006.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: SBCS, 1991, 175p.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1 n. 1/2 p. 1-9, 2001.
- METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L.; LEEMANS, R.; SCHROTER, D. The vulnerability of ecosystem services to land use change. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** v.114, p.69-85, 2006.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis.** Island Press, Washington, DC. 2005.
- PARCERISAS, L.; MARULLB, J.; PINO, J.; TELLO, E.; COLL, F.; BASNOU, C. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the

- Spanish Mediterranean coast (El Maresme County, 1850–2005). **Environmental Science & Policy.** v.23, p.120-132, 2012.
- PIROLI, E. L.; PEREIRA, R. S. Geração de imagem georreferenciada do Município de Santa Maria utilizando imagem de satélite e sistemas de informações geográficas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 29 n.3 jul./set. 1999.
- PIROVANI, D. B. Fragmentação florestal e dinâmica da ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2010.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001.
- SAITO, N. S.; MOREIRA, M.A.; SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C.; FIGUEIREDO, A.C. "Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal". **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 201-210, 2016.
- SCHIRMER, G.J; TRENTIN, R. Relação entre declividade da terra a partir da classificação de imagens de satélite nos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno e Nova Palma-RS. **In:** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu, PR. Anais... 2013.
- TRENTIN, C.B., FILHO, W.P., TRENTIN, A.B. Dinâmica do uso e cobertura da terra na área de captação do reservatório Passo Real- RS. **In:** Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. Anais... UFSM, 2007.
- TURNER II, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The Emergence of Land Change Science for Global Environmental Change and Sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences.** United States of America. v.104, n.52, p.20666-20671, 2007.
- TURNER II, B. L. Land Change Science. **In:** ROB, K. & NIGEL, T. (eds) International Encyclopedia of Human Geography. Elsevier, Oxford pp.107-111, 2009.
- VALERIANO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. TOPODATA: Processamento dos dados SRTM. São José dos Campos: **INPE**, 2010. 79 p. (INPE-16702-RPQ/854).
- VIANA, V. M. Biologia de manejo de fragmentos de florestas naturais. **In:** CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, p.155. 1990.