

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**CENÁRIOS DE NATURALIDADE E SUSTENTABILIDADE
ECOLÓGICA DA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL,
BRASIL.**

IVAN LUÍS ROVANI

SÃO CARLOS - SP

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

**CENÁRIOS DE NATURALIDADE E SUSTENTABILIDADE
ECOLÓGICA DA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL,
BRASIL.**

Doutorando: Ivan Luís Rovani

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Vanderlei Secretti Decian

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

SÃO CARLOS - SP

2019

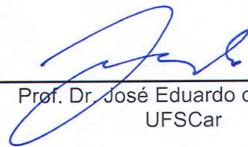


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

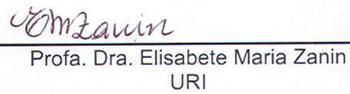
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Ivan Luís Rovani, realizada em 22/02/2019:



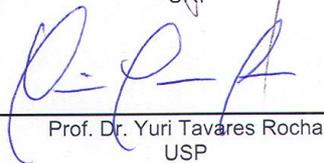
Prof. Dr. José Eduardo dos Santos
UFSCar



Profa. Dra. Elisabete Maria Zanin
URI



Prof. Dr. Carlos Antônio da Silva
URI



Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha
USP



Prof. Dr. Vanderlei Secretti Decian
URI

*Dedico esta pesquisa a minha família, em especial
aos meus pais Francisco e Franir
e a minha noiva Sandra*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me guiar nesta caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, pela orientação (muitas via e-mail), sua presteza, atenção e amizade. Pela confiança depositada em mim desde o primeiro contato em relação à orientação e concretização deste estudo. Por ser um profissional exemplar, dedicado e brilhante. Minha gratidão!

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Vanderlei Secretti Decian, pela orientação, apoio, sugestões e contribuições. Agradeço ainda pela confiança, conselhos, troca de conhecimentos e por nossa amizade durante toda a minha trajetória acadêmica. Minha gratidão!

A banca examinadora, Prof. Dra. Elisabete Maria Zanin, Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha e Prof. Dr. Carlos Antônio da Silva, por aceitarem o convite em compor a banca de defesa deste estudo e pelas contribuições e sugestões deixadas.

A Prof. Dra. Elisabete Maria Zanin, pelas orientações, amizade, apoio e ensinamentos em minha trajetória acadêmica. Muito obrigado!

A Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, que me concedeu a oportunidade de ingressar no doutorado e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPGERN (Coordenação e Secretaria), pelo apoio prestado durante a realização do doutorado.

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, pela oportunidade de ingressar no meio acadêmico, pelo suporte técnico e infraestrutura disponibilizada durante esta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos - Doutorado - GD, sob o Processo n.º 141065/2015-0.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas do Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental (LAPA) da UFSCAR, Dayana, Mayra, Duda, Rômulo, Imyra, Camila, Valéria, Lia, Magali, Osmar e Luiz, pelas

conversas ecológicas, trocas de ideias, sugestões e amizade. Meu agradecimento especial à Prof. Dra. Ângela, pela acolhida em São Carlos, troca de conhecimento, sugestões e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM) da URI Erechim, Franciele, Marciana, Jéssica P., Cátia, Charli, Jéssica B., Monik e Victor, pela amizade, trocas de ideias, sugestões e conversas ecológicas.

Aos colegas da pós-graduação e todos os meus amigos, pela amizade, trocas de ideias, conversas ecológicas, pelos cafés e churrascos que tornaram o período do doutorado mais descontraído.

A família da República Pedra 90, Bruno, Nardo, Rocco, Japa, André, Léo, Fitão, João Vitor, Dé, Raphael, Airton, Laura, Marina, Gabi e Carmem, pela acolhida, receptividade, conversas ecológicas, diversos momentos vividos, churrascos e pela amizade construída. Minha gratidão!

Aos meus pais, Ivanir e Francisco pelos seus ensinamentos, suporte e amor incondicional, por sempre me apoiarem e acreditarem em meu potencial. Minha eterna gratidão!

As minhas irmãs, Simone, Sandra e Franciele, pelas palavras de incentivo, apoio e amizade. Agradeço por todos os momentos que vivenciamos e por todas as nossas conquistas.

A minha noiva, Sandra, pelo constante incentivo, companheirismo e amor. Por me compreender em muitos momentos, pela ajuda e apoio incondicional durante esta importante fase de minha vida.

Enfim, obrigado a todos que de alguma forma (direta ou indiretamente) contribuíram para a realização deste estudo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama antropogênico modificado de DPSIR (Driving Force, Pressure, State, Impact and Response), utilizado para a abordagem comparativa dos cenários de mudanças no uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1986 e 2016. Adaptado de EEA, 1999.....	22
Figura 2. Localização e limites geopolíticos que compõem a área de estudo: a) Estado do Rio Grande do Sul; b) Região Norte do Rio Grande do Sul e c) Limites territoriais dos municípios que integram a Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), Brasil.....	23
Figura 3. Fluxograma apresentando o delineamento e procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.	25
Figura 4. Formações geológicas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).....	33
Figura 5. Formações geomorfológicas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	34
Figura 6. Tipos de solos da Região Norte do Rio Grande do Sul. Fonte dos dados: BRASIL (1973) e STRECK et al., (2008). Classes de Solos - LBa: Latossolo Bruno Alumínico, LVaf: Latossolo Vermelho Aluminoférrico, NVdf1: Nitossolo Vermelho Distroférrico, RRe1: Neossolo Regolítico Eutrófico e RRe1-CXe-TXp2: Associação de Solos e Afloramento Rochosos - Neossolo Regolítico Eutrófico/Cambissolo Háplico Eutrófico/Luvisolo Háplico Pálico.....	36
Figura 7. Classes hipsométricas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	38
Figura 8. Classes de declividade da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	39
Figura 9. Malha viária com destaque para a Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA), Rodovia BR 153, rodovias estaduais e demais estradas, caminhos e aceiros da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	40
Figura 10. Rede de drenagem da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS) com destaque para os principais corpos d'água: Usina Hidrelétrica Itá, no Rio Uruguai, ao norte da região, e Usina Hidrelétrica Passo Fundo, no Rio Passo Fundo, a oeste da área de estudo.	41
Figura 11. Tipos de vegetação nativa e corpos d'água (Usina Hidrelétrica Itá e Usina Hidrelétrica Passo Fundo) da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	42
Figura 12. Localização das Terras Indígenas (Guarani Votouro, Ligeiro, Mato Preto, Ventarra, Votouro e Votouro/Kandoia) e Unidades de Conservação (PNM Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares, PNM Longines Malinowski, APA do Rio Suzana e APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho), existentes na Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).....	44

Figura 13. Dinâmica populacional da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2017. Fonte: Censos Demográficos do IBGE (1980; 1991; 2000; 2010) e população no ano de 2017.....	47
Figura 14. Representação espacial dos tipos de uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS) evidenciando uma trajetória em que a matriz predominantemente antrópica (agricultura e solo exposto) vem sendo substituída pela vegetação nativa, ao longo do período de 30 anos (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016).	56
Figura 15. Área de pastagem “potreiro” com presença de vegetação nativa no município de Barra do Rio Azul, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2017.	57
Figura 16. Processo de substituição da área agrícola (destaque) e posterior recuperação da vegetação nativa no município de Barão de Cotegipe, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2017.....	59
Figura 17. Representação espacial da matriz de transição dos usos e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), entre os períodos de 1986-1991, 1991-2001, 2001-2011, 2011-2016 e 1986-2016. Em destaque os fluxogramas da transição com os valores percentuais de mudanças dos usos e cobertura da terra para cada intervalo de tempo.	61
Figura 18. Representação espacial da transição com relação às alterações dos usos e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986-2016), com destaque para a continuidade de uma matriz, predominantemente, agrícola, em contrapartida ao aumento da vegetação nativa, particularmente, ao norte e a leste da região. 62	
Figura 19. Representação espacial da trajetória associada ao aumento da área e do número de fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), ao longo do período de 30 anos (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016).	72
Figura 20. Representação espacial da transição da área de vegetação nativa para a condição de degradação, inalterada, e de recuperação da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 - 2016).....	77
Figura 21. Destaque do processo de recuperação da vegetação nativa (a) associada à rede de drenagem (b) em região específica da área de estudo, entre os anos de 1986 e 2016.	78
Figura 22. Áreas de Preservação Permanente (APPs) margem de rio com borda de vegetação nativa em área declivosa, no município de Aratiba, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2016.	78
Figura 23. Áreas de Preservação Permanente (APPs) margem de rio com borda de vegetação nativa em área plana, no município de Jacutinga, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2016.	79

Figura 24. Representação temporal e espacial dos níveis de naturalidade, com base nos valores das classes de áreas do Índice de Urbanidade, da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS, Brasil), ao longo do período de 30 anos (1986 - 2016), evidenciando o aumento das áreas de alta (vegetação nativa) e baixa naturalidade (áreas urbanas). As áreas com alta naturalidade se destacam ao norte e a leste da área de estudo. Em destaque dois fragmentos remanescentes de vegetação nativa (Figura 24, 2016), com áreas superiores a 1.000ha, localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia (A) e Guarani Votouro e Terra Indígena Ligeiro (B), respectivamente, a noroeste e a sudeste da área de estudo..... 81

Figura 25. Dinâmica espacial da alteração da condição de naturalidade, com base nos valores do Índice de Urbanidade, da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), no período de 30 anos (1986 – 2016). Em destaque dois fragmentos remanescentes de vegetação nativa, com áreas superiores a 1000 ha, localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia e Guarani Votouro (A) e Terra Indígena Ligeiro (B), respectivamente..... 84

Figura 26. Análise de agrupamento entre os valores das áreas de uso e cobertura da terra, associados às condições de naturalidade (IU), nos anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016, identificando cenários de maior e menor sustentabilidade ecológica, para os agrupamentos 2001-2011-2016 e 1986-1991, respectivamente, para a Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), ao longo do período de 30 anos. 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dinâmica populacional (população urbana e rural) da Região Norte do Rio Grande do Sul, para os anos de 1980, 1991, 2000 e 2010. Fonte dos dados: Censos Demográficos do IBGE (1980; 1991; 2000 e 2010).....	49
Tabela 2. Valores das áreas (ha e %) para as classes de uso e tipos de cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), nos anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016.....	54
Tabela 3. Matriz de transição dos usos e cobertura da terra e respectivos valores de áreas (ha e %) para a Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), no período entre 1986 a 2016.....	60
Tabela 4. Área plantada/cultivada (ha) dos principais cultivos temporários da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade ao período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016) e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).....	64
Tabela 5. Quantidade produzida (t) dos principais cultivos temporários da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016) e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	64
Tabela 6. Área destinada à colheita (ha) dos principais cultivos permanentes da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	65
Tabela 7. Quantidade produzida (t) dos principais cultivos permanentes da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	66
Tabela 8. Quantidade produzida (m ³) referente à silvicultura da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).....	66
Tabela 9. Quantidade produzida (m ³) referente à extração vegetal da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	66

Tabela 10. Pecuária referente ao efetivo dos rebanhos (n.º de cabeças) da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	67
Tabela 11. Pecuária referente à produção de origem animal da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).	68
Tabela 12. Classes, número e área (ha) dos fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016.	71
Tabela 13. Valores das métricas de configuração da classe de vegetação nativa: Índice de Proximidade (PROX_MN), Índice da Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo (ENN_MN), e Índice de Conectividade (CONNECT) entre os fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), referente aos anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e 2016 e valores de p ao nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$).	74
Tabela 14. Matriz de transição com os valores de áreas (ha e %) de vegetação nativa para condição de degradação, inalterada e de recuperação da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 - 2016).	76
Tabela 15. Quantificação temporal dos níveis de naturalidade com base nos valores de áreas (ha e %) para as diferentes classes do Índice de Urbanidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e, 2016. Em destaque os valores de área (%) para cada nível de naturalidade para os anos de 1986 e 2016.	80
Tabela 16. Matriz de transição da condição de naturalidade, em valores de áreas (ha e %), no período de 30 anos (1986 - 2016). Em destaque os intervalos que configuram um aumento (desde baixa – média/alta à média/alta – alta) e perda (desde média/baixa – baixa à alta – baixa) de área (ha / %), totalizando 17 e 3%, respectivamente, de naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classes de declividades e descrição das classes de relevo da Região Norte do Rio Grande do Sul. Adaptado de Herz e De Biasi (1989) e De Biasi (1992).	27
Quadro 2. Índice Médio de Proximidade (PROX_MN), Distância Euclidiana Média do Vizinho Mais Próximo (ENN_MN), e Índice de Conectividade (CONNECT) utilizados para avaliação da condição quantitativa da configuração da classe de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	30
Quadro 3. Terras Indígenas (localização, extensão e condição de manejo) e respectivas etnias existentes nos municípios da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).	43
Quadro 4. Classes, tipos e descrição dos usos e cobertura da terra Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Adaptado de IBGE (2013).	50
Quadro 5. Glossário imagético retratando os usos e cobertura da terra na imagem de satélite e no registro fotográfico (verdade terrestre), descrição e local de ocorrência na Região Norte do Rio Grande do Sul.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONNECT	Índice de Conectividade
CREDENOR	Conselho Regional de Desenvolvimento do Norte
DPSIR	Driving Force, Pressure, State, Impact and Response
EEA	European Environmental Agency
ENN_MN	Distância Euclidiana Média do Vizinho Mais Próximo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
FEE	Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GPS	Global Positioning System
HA	Hectares
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC	Inventário Florestal Contínuo
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPBES	Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IU	Índice de Urbanidade
KM	Quilômetros
LAGEPLAM	Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
M	Metros
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
PIN	Plano de Integração Nacional
PNM	Parque Natural Municipal
PPPA	Programas Pró-Produtividade Agrícola
PROFIR	Programa de Financiamento e Equipamentos de Irrigação
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PROTERRA	Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria
PROVÁRZEAS	Programa de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis
PROX_MN	Índice Médio de Proximidade
RFFSA	Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima
RS	Rio Grande do Sul
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
UC	Unidade de Conservação
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UHE	Usina Hidrelétrica
URI	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS84	World Geodetic System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESES	19
3 OBJETIVO GERAL	20
3.1 Objetivos Específicos	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Área de Estudo	21
4.2 Procedimentos Metodológicos	25
4.2.1 Pesquisa bibliográfica, aspectos históricos, políticos e socioeconômicos	25
4.2.2 Caracterização e análise ambiental	26
4.2.3 Coleta e processamento dos dados orbitais	27
4.2.4 Dinâmica e matriz de transição do uso e cobertura da terra.....	28
4.2.5 Dinâmica e matriz de transição do componente vegetação nativa.....	29
4.2.6 Dinâmica e matriz de transição do índice de urbanidade.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Caracterização e Análise Ambiental	31
5.2 Aspectos Históricos do Uso e Cobertura da Terra na Área de Estudo.....	45
5.3 Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra.....	49
5.4 Matriz de Transição do Uso e Cobertura da Terra	60
5.5 Aspectos Socioeconômicos da Região Norte do Rio Grande do Sul.....	63
5.6 Condição Quantitativa da Vegetação Nativa	71
5.7 Dinâmica do Índice de Urbanidade	80
5.8 Matriz de Transição do Índice de Urbanidade	83
5.9 Cenários de Sustentabilidade Ecológica	85
6 CONCLUSÕES	86
7 REFERÊNCIAS	88

RESUMO

Cenários de Naturalidade e Sustentabilidade Ecológica da Região Norte do Rio Grande do Sul, Brasil.

Foram analisados os efeitos das mudanças de usos e cobertura da terra na condição da naturalidade para identificar cenários, críticos ou favoráveis, à sustentabilidade ecológica da Região Norte do Rio Grande do Sul, com base na quantificação dos tipos de uso e cobertura da terra e da aplicação do Índice de Urbanidade, ao longo de um período de 30 anos (1986 - 2016). As principais mudanças significativas de usos da terra foram à redução da área de uso antrópico-agrícola, e o aumento da área de vegetação nativa, com cerca de 80 – 90% da área de estudo inalterada em relação ao uso e cobertura da terra, possibilitando a continuidade de uma matriz, predominantemente, agrícola, ao longo do período de estudo (1986 a 2016). A conversão de áreas antrópicas agrícolas em áreas naturais resultou em um aumento da naturalidade da paisagem e ganho no estoque de capital natural. O aumento da quantidade de vegetação nativa, principalmente, em áreas localizadas a norte e a leste da região, assentadas em relevo mais declivoso, tornou-se marcante, a partir de 1990, tendo sido acompanhado pelo aumento do número de fragmentos, e do ganho de proximidade e conectividade entre os fragmentos de vegetação nativa. Os valores do Índice de Urbanidade evidenciaram a maior condição de naturalidade ao norte e a leste (áreas de vegetação nativa), enquanto que a maior condição de urbanidade ao sul, a oeste e na porção central (áreas antrópicas agrícolas e não-agrícolas) da Região Norte do Rio Grande do Sul. Estas mudanças possibilitaram um cenário favorável (norte e a leste) e um crítico (ao sul, a oeste e na porção central) à sustentabilidade ecológica da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo de um período de 30 anos (1986 – 2016). Este estudo evidenciou que as transições de uso da terra refletiram um cenário agronomicamente consolidado, em que a intensificação antrópico-agrícola coincidiu com a redução da área cultivável, e o aumento da naturalidade como uma tendência inversa à dinâmica da fronteira agrícola.

Palavras-chave: Uso e Cobertura da Terra, Vegetação Nativa, Índice de Urbanidade, Gestão Ambiental.

ABSTRACT

Naturalness and Ecological Sustainability Scenery of the Northern Region of Rio Grande do Sul (RS, Brazil).

The effects of land use changes on the landscape naturalness to identify a critical or favorable scenery for ecological sustainability in the northern Region of Rio Grande do Sul (Brazil), based on the quantification of land use and land cover types and the application of the Urbanity Index, over a period of 30 years (1986 to 2016), were analyzed. Between 1986 and 2016, the main significant land use change was the area reduction of the anthropic-agricultural land use and the increase of the natural vegetation area. About 80 - 90% of the total study, area remains unchanged relative to land use types, with the continuity of a predominantly agricultural matrix. The conversion of agricultural anthropic into natural areas resulted in increased naturalness landscape and natural capital stock gain. The increase of natural vegetation, mainly in areas located to the northern and eastern of the region, set in more steep relief, became remarkable after 1990, and was accompanied by an increase in the number of fragments, and the gain of proximity and connectivity between fragments of native vegetation. The Urbanity Index values evidenced a highest naturalness condition to the northern and eastern (native vegetation areas), while a smaller naturalness condition to the southern and western and central (agricultural and non-agricultural areas) of the northern Region of Rio Grande do Sul. These changes showed a favorable (northern and eastern) and committed scenery (southern, western and central portion) of the ecological sustainability of the northern Region of Rio Grande do Sul, over a period of 30 years (1986 - 2016). This study showed that land use transitions reflected a farming consolidated scenery, where anthropic-agricultural intensification coincides with the reduction of arable land area, and the increase of naturalness as a reverse trend to the dynamics of the agricultural frontier.

Key-words: Land Use and Cover, Native Vegetation, Urbanity Index, Environmental Management.

1 INTRODUÇÃO

Mudanças de uso e cobertura da terra vêm se intensificando em função do aumento do crescimento populacional e da demanda por alimento, relacionando as atividades antropogênicas como as principais responsáveis pelas mudanças das condições ambientais no contexto global (ELLIS, 2015; MAGLIOCCA et al., 2015; KLEEMANN et al., 2017). Neste contexto, o uso da terra tem sido considerado como um dos aspectos chave do desenvolvimento socioeconômico (LIU, 2018), estando diretamente associado às atividades políticas e socioeconômicas conduzidas pelo homem (PARCERISAS et al., 2012; MELENDEZ-PASTOR et al., 2014).

A conversão da vegetação nativa para usos antrópicos agrícolas, em escala global, tem sido apontada como o principal fator de pressão na perda de biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos, e na emissão dos gases do efeito estufa (MURCIA, 1995; FOLEY et al., 2005; MEA, 2005; IPCC, 2014; HÖRTENHUBER et al., 2014), especialmente, quando relacionada à perda da naturalidade (JANSEN et al., 2009) e a fragmentação das florestas (DAVIS et al., 2017). A fragmentação de áreas florestais resulta na perda e isolamento de habitats (FORMAN e GODRON, 1986; TANIZAKI e MOULTON, 2000), além de afetar as condições internas dos fragmentos e a continuidade dos processos ecológicos (VIANA, 1990; RUTLEDGE, 2003).

A mudança do uso da terra de seu estado natural para um uso antrópico tornou-se o efeito mais permanente e muitas vezes irreversível da interação humana com o ambiente natural. As atividades humanas, por sua vez, exercem um impacto adicional sobre a mudança do uso e cobertura da terra, além de possibilitar a formulação de políticas associadas (LIU, 2018). O uso e cobertura da terra são moldados pelas interações entre natureza e sociedade, e essas interações podem influenciar na sustentabilidade ecológica, e esgotar o capital natural que proporciona os serviços ecossistêmicos ao bem-estar humano (FUSHITA et al., 2016a). Desta forma, o diagnóstico das condições de fragmentação e sustentabilidade de uma paisagem torna-se essencial ao planejamento ambiental e ao manejo sustentável dos recursos naturais (FUSHITA et al., 2016b; ROMANINI et al., 2016; SANTOS et al., 2015).

A degradação da terra e a perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos têm sido observadas em escala global, assumindo diversas formas de riscos ao bem-estar das gerações atuais e futuras (IPBES, 2018). A dependência do bem-estar humano com relação aos serviços ecossistêmicos tem sido investigada com base em uma abordagem orientada à transição para a sustentabilidade, em escala local a global (MEA, 2005; TALLIS e

KAREIVA, 2005; ANDRADE e ROMEIRO, 2009; WU, 2013b; COSTANZA, et al., 2014). Neste sentido, a condição da naturalidade para manutenção da biodiversidade e o fornecimento de serviços ecossistêmicos são fundamentais à sustentabilidade, em função de suportarem a resiliência dos ecossistemas (FOLKE et al., 2004; HOOPER et al., 2005; WU, 2013a; WU, 2013b).

Mudanças ambientais globais e a ciência da sustentabilidade têm ressaltado a importância de uma abordagem baseada nas consequências das mudanças que ocorrem na estrutura e função da biosfera (TURNER II et al., 2003), assegurando a capacidade de assimilação dos ecossistemas que a suportam (GOODLAND, 1995). No entanto, o desafio para a compreensão da vulnerabilidade ambiental está na interação entre os sistemas socioeconômico-ecológico, no espaço e no tempo (TURNER II et al., 2003).

Os processos que atuam na interação sociedade-natureza definem os diversos usos e cobertura da terra, alteram o padrão espacial das paisagens, resultando na degradação dos habitats, perda de solos e empobrecimento dos ecossistemas naturais. Estes processos comprometem a sustentabilidade ecológica, ao comprometerem o capital natural que proporciona os serviços dos ecossistemas para o bem-estar humano (DE GROOT et al., 2013; COSTANZA, et al., 2014). Entender esses processos, principalmente, de cunho econômico, é fundamental para compreender a diversidade da paisagem (WRBKA et al., 2004).

Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade são conceitualmente distintos (FATH, 2015). Desenvolvimento sustentável é considerado aquele que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades - Our Common Future/Brundtland Report, 1987. Por sua vez, sustentabilidade é a capacidade de um sistema em suportar e manter suas funções vitais. Neste sentido, os sistemas sócio-ecológicos e suas interações dinâmicas, ao longo do tempo, distribuídas aleatoriamente na paisagem, são modulados por forças motrizes, diretas e indiretas, de mudanças que interagem entre si (MEA, 2005; BEIER et al., 2008).

A vulnerabilidade dos ecossistemas não é resultante de sua exposição aos riscos (perturbações e estresses), isoladamente, mas também resulta da sua resiliência que é influenciada por esses riscos (TURNER II et al., 2003). O desafio para a compreensão da vulnerabilidade dos sistemas sócio-ecológicos depende da utilização de abordagens que possibilite a integração das informações social e ecológica, no espaço e no tempo. Estas abordagens destacam a utilização de indicadores ambientais, que reflitam a relação entre os aspectos do desenvolvimento socioeconômico e os fatores ou processos ambientais na forma de métricas ou índices, para quantificar os atributos espaciais das paisagens (LI e WU, 2004).

Os indicadores ambientais têm sido considerados como as principais ferramentas na coleta e análise de informações sobre o ambiente, principalmente, quando associados com as técnicas de geoprocessamento e planejamento ambiental. Indicadores estruturais da paisagem que avaliam as relações entre os diversos componentes das paisagens, naturais ou antrópicas, e como estas alterações interferem ou colaboram na sustentabilidade das mesmas, têm destacado a redução da naturalidade em função da substituição dos componentes naturais pelos antrópicos (FUSHITA et al., 2016a,b; ROMANINI et al., 2016; SANTOS et al., 2015).

A utilização de indicadores ambientais tornou-se uma ferramenta essencial para a avaliação socioambiental, como por exemplo, para determinar o grau de naturalidade de um determinado sistema ambiental. O Índice de Urbanidade (IU) desenvolvido por O'Neill et al., (1988) tem sido utilizado como um indicador da extensão e intensidade com que as paisagens são dominadas por sistemas fortemente alterados pelo homem (WRBKA et al., 2004). O IU considera a proporção entre as áreas com forte interferência antrópica, como as áreas urbanas e agrícolas, e as áreas naturais e seminaturais, como as áreas úmidas e alagadas, e os fragmentos de vegetação nativa.

2 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESES

A exploração ecossistêmica compreende um artifício social em que as falhas nas leis de propriedades coletivas e os incentivos econômicos que abrangem apenas serviços ajustados nos mercados, são responsáveis pela degradação dos serviços de suporte à vida. Assim, o desafio de reverter e mitigar os efeitos da degradação dos ecossistemas envolve mudanças políticas, institucionais e nas práticas ambientais. Contudo, a solução desses problemas é bastante complexa, uma vez que eles resultam da interação entre muitos desafios reconhecidos, incluindo as mudanças climáticas, perda da biodiversidade, degradação do solo, entre outros. Assim, torna-se fundamental o desenvolvimento de ações voltadas à gestão dos ecossistemas, preservando a condição de naturalidade para assegurar a capacidade e a continuidade do fornecimento sustentável dos serviços ecossistêmicos.

A exploração, alteração e degradação contínua dos ambientes naturais afetam o fornecimento dos serviços ecossistêmicos e a capacidade de suporte destes ambientes. Além disso, perturbações provocadas por ações antrópicas resultam na degradação de habitats, perda de biodiversidade e de solos, empobrecimento dos ambientes naturais, vulnerabilidade dos ecossistemas e das paisagens, e o comprometimento da sustentabilidade ecológica.

Neste contexto, os impactos de um passado antropogênico resultante das mudanças do uso da terra, induzindo mudanças na naturalidade da paisagem, resultaram em informações essenciais dos cenários da sustentabilidade ecológica, atual e histórica, da Região Norte do Rio Grande do Sul, como suporte à tomada de decisão para o manejo da biodiversidade regional. Com base nestas informações, ressalta-se a importância da identificação de condições, críticas e ou favoráveis, à sustentabilidade ecológica e conservação da biodiversidade local.

A condição de reverter os efeitos negativos ou intensificar os efeitos positivos das ações antrópicas na degradação dos ecossistemas e alteração das paisagens demanda ações em pelo menos um dos cinco vetores indiretos de mudanças: mudanças populacionais, mudanças na atividade econômica, fatores sociopolíticos, fatores culturais e mudanças tecnológicas. Neste sentido, a utilização de indicadores de naturalidade é fundamental para inferir quais ambientes fornecem o conjunto de serviços ambientais capazes de proporcionar um estoque de capital natural para assegurar o bem-estar humano, e a sustentabilidade ecológica e socioeconômica da paisagem da Região Norte do Rio Grande do Sul.

As mudanças no uso e cobertura da terra foram determinadas com base na identificação e configuração espacial e temporal da área de estudo. A recuperação de áreas naturais associada à redução de áreas agrícolas e a fragmentação florestal têm influenciado de forma positiva a condição ambiental da região. Espera-se que cenários resultantes da manutenção e recuperação dos ambientes aquáticos e naturais resultam em melhores condições de naturalidade da paisagem regional em relação a cenários com predominância de usos agrícolas e urbanos.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a condição de naturalidade resultante das mudanças do uso e cobertura da terra, para identificar cenários, críticos ou favoráveis, à sustentabilidade ecológica, da Região Norte do Rio Grande do Sul, com base na utilização do Índice de Urbanidade, em uma escala espaço-temporal de 30 anos (1986 a 2016).

3.1 Objetivos Específicos

- Descrever os principais componentes bióticos e abióticos, bem como, os aspectos históricos, socioeconômicos, e políticos, e suas relações com a dinâmica do uso e cobertura da terra, identificando a atual condição da Região Norte do Rio Grande do Sul.

- Descrever e analisar os padrões espacial e temporal do uso e cobertura da terra, e da matriz de transição, no período entre 1986 e 2016, visando identificar as mudanças ambientais e socioeconômicas que ocorreram, bem como, proporcionar subsídios à tomada de decisão do planejamento e gestão ambiental regional.

- Analisar a condição quantitativa dos fragmentos de vegetação nativa, com base nas alterações que ocorreram, ao longo do período de 30 anos.

- Identificar a condição de naturalidade, utilizando o Índice de Urbanidade, relacionando com o comprometimento ou não, da sustentabilidade ecológica da Região Norte do Rio Grande do Sul.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

Dentre os modelos de sustentabilidade usados para representar as relações de causa-efeito existentes, destaca-se o DPSIR (Driving Force, Pressure, State, Impact and Response), ou seja, Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta, proposto pela European Environmental Agency (EEA). O diagrama representado na **Figura 1** corresponde à abordagem utilizada para o entendimento das mudanças que ocorreram, ao longo do tempo, para a compreensão do atual cenário da Região Norte do Rio Grande do Sul.

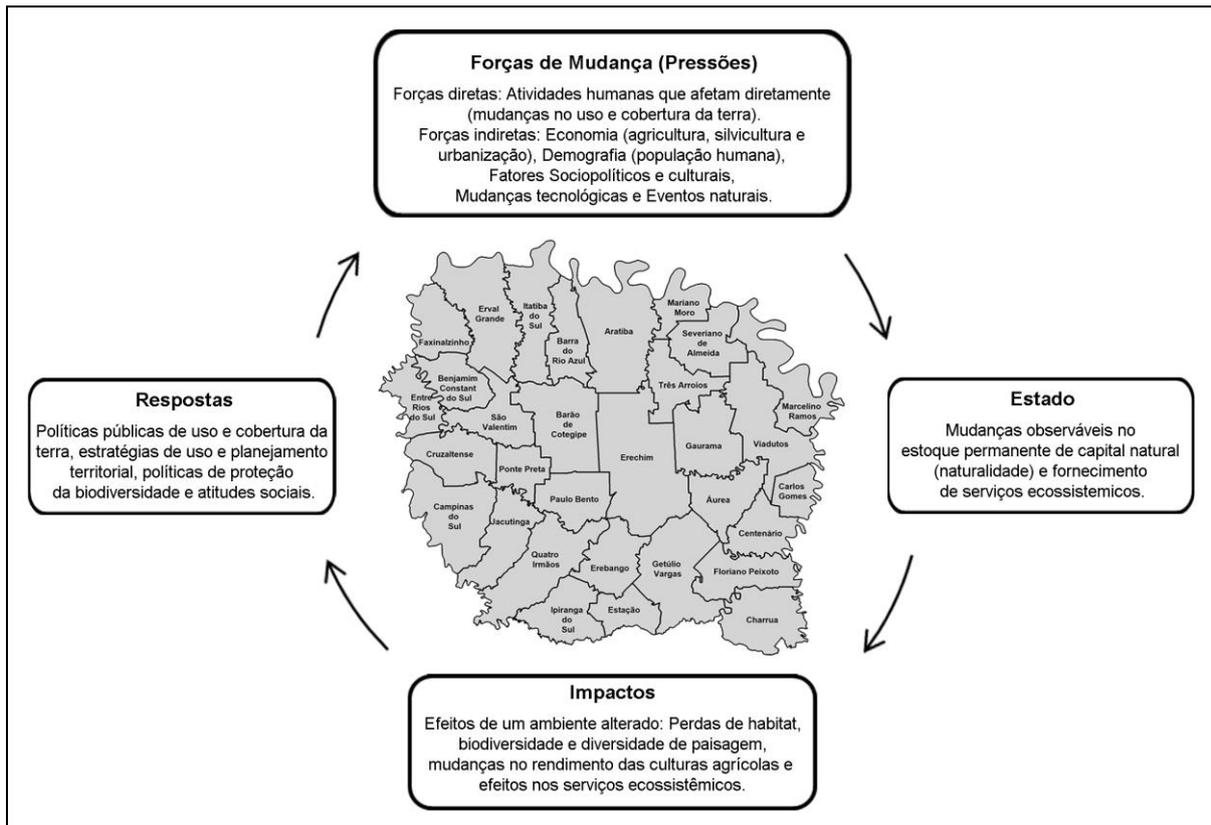


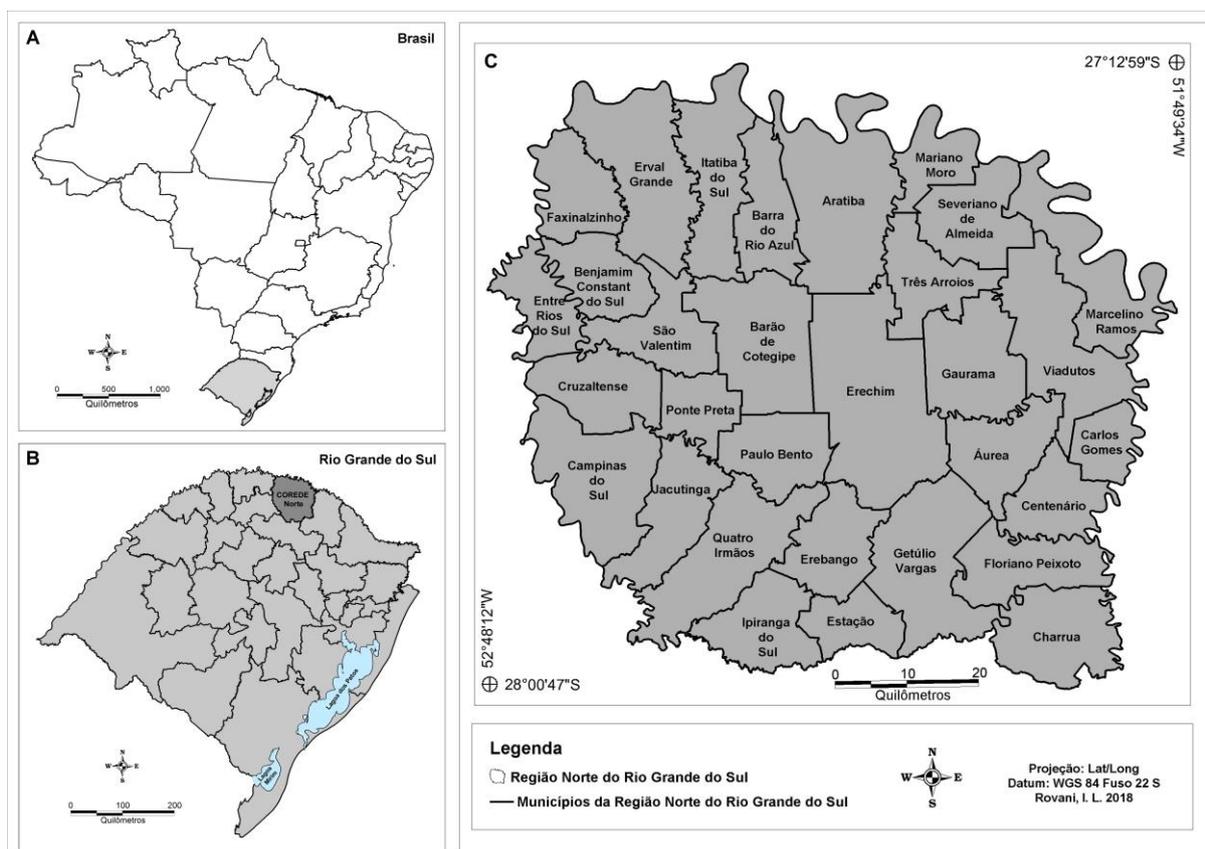
Figura 1. Diagrama antropogênico modificado de DPSIR (Driving Force, Pressure, State, Impact and Response), utilizado para a abordagem comparativa dos cenários de mudanças no uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1986 e 2016. Adaptado de EEA, 1999.

A área de estudo, Região Norte do Rio Grande do Sul, tem uma extensão de 591.610,00 ha, e está localizada entre as coordenadas geográficas 27°12'59" a 28°00'47" de latitude sul, e 51°49'34" a 52°48'12" de longitude oeste (**Figura 2**).

O estado do Rio Grande do Sul, por meio dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs) procurou regionalizar o sistema de planejamento e como consequência os investimentos públicos e as políticas setoriais regionalmente distribuídas. Atualmente o estado apresenta vinte e oito COREDEs e nove regiões funcionais criadas para tratar de temas de interesse regional. O Conselho Regional de Desenvolvimento do Norte (CREDENOR ou COREDE Norte) foi criado em 1991, integra a região funcional de planejamento nove(09) e atualmente é composto por trinta e dois municípios (CREDENOR, 2017).

A região de estudo faz parte do COREDE Norte e contempla os limites territoriais de trinta e um municípios: Aratiba, Áurea, Barra do Rio Azul, Barão de Cotegipe, Benjamin Constant do Sul, Campinas do Sul, Carlos Gomes, Centenário, Charrua, Cruzaltense, Entre Rios do Sul, Erebang, Erechim, Erval Grande, Estação, Faxinalzinho, Florianópolis Peixoto,

Gaurama, Getúlio Vargas, Ipiranga do Sul, Itatiba do Sul, Jacutinga, Marcelino Ramos, Mariano Moro, Paulo Bento, Ponte Preta, Quatro Irmãos, São Valentim, Severiano de Almeida, Três Arroios e Viadutos. Neste contexto, a região abrange a maior parte do COREDE Norte, com exceção dos limites territoriais do município de Sertão (DECIAN et al., 2010).



A Região Norte do Rio Grande do Sul apresentou processos de ocupação e produção agropecuária de forma diferenciada. Ao Norte (relevo declivoso e florestado) por meio de agricultores familiares, com propriedades menores (até 50 ha, predominantemente - minifúndios). Ao Sul (relevo ondulado a plano e vegetação campestre), com propriedades de caráter mais empresarial e dimensões maiores (200 ha ou mais - latifúndios). Estes processos, impactaram fortemente o território (uso e cobertura da terra) e a cultura dos caboclos e indígenas presentes na região. Em adição, provocaram o esgotamento da fertilidade natural dos solos, pelos baixos preços recebidos e pela minifundização das propriedades, resultando

no processo de migração campo-cidade (êxodo rural) e/ou para outras regiões do país (Oeste catarinense e Sudoeste do Paraná num primeiro momento) (PIRAN, 2001; PIRAN, 2015).

Os limites territoriais municipais apresentam uma relevante diversificação em formas de apropriação da área de estudo, além de influenciarem a estruturação dos fatores socioeconômicos integrados aos componentes biofísicos. A base econômica regional está centrada em uma agricultura altamente tecnificada, principalmente, com os cultivos de soja, milho e trigo, e na pecuária, principalmente, com a criação de aves, suínos e bovinos (DECIAN et al., 2009; ROVANI, 2015).

Contempla população total de 222.926 habitantes (IBGE, 2017) e tem como centro geográfico desta região, o município de Erechim, considerado o polo comercial e industrial, e com o maior índice populacional (CREDENOR, 2017), tendo sido inclusive beneficiado pelas obras e ações de infraestrutura dos governos estadual e federal, além de empreendimentos privados (PIRAN, 2015).

Apresenta altitudes que variam de 280 a 900m em relação ao nível do mar com predominância de relevo plano a ondulado ao Sul, e relevo ondulado a declivoso ao Norte. A área de estudo contempla o Bioma Mata Atlântica e a vegetação é caracterizada pelos tipos de vegetação nativa: Floresta Atlântica com Araucárias, Floresta Atlântica Semidecidual e Pampa e Pradarias Alagáveis, consideradas como componentes da Floresta Atlântica Subtropical (OLIVEIRA-FILHO et al., 2015).

O clima da região é caracterizado como subtropical úmido do tipo temperado (tipo Cfa e Cfb de Köppen-Geiger), com temperatura média anual de $17\pm 1^{\circ}\text{C}$. O regime pluviométrico é regular, com precipitação média anual variando entre 1900 e 2200 mm (ALVARES et al., 2013). Está assentada estratigraficamente na Formação Serra Geral, constituída principalmente por formações geológicas de basalto. O solo é composto predominantemente, pela classe dos latossolos, mais especificamente o Latossolo Vermelho Aluminoférrico (LVaf) e por associação de solos e afloramento rochosos - Neossolo Regolítico Eutrófico/Cambissolo Háplico Eutrófico/Luvisolo Háplico Pálico (RRe1-CXe-TXp2) (STRECK et al., 2008).

4.2 Procedimentos Metodológicos

O delineamento metodológico com os principais procedimentos desenvolvidos neste estudo está representado na **Figura 3**.

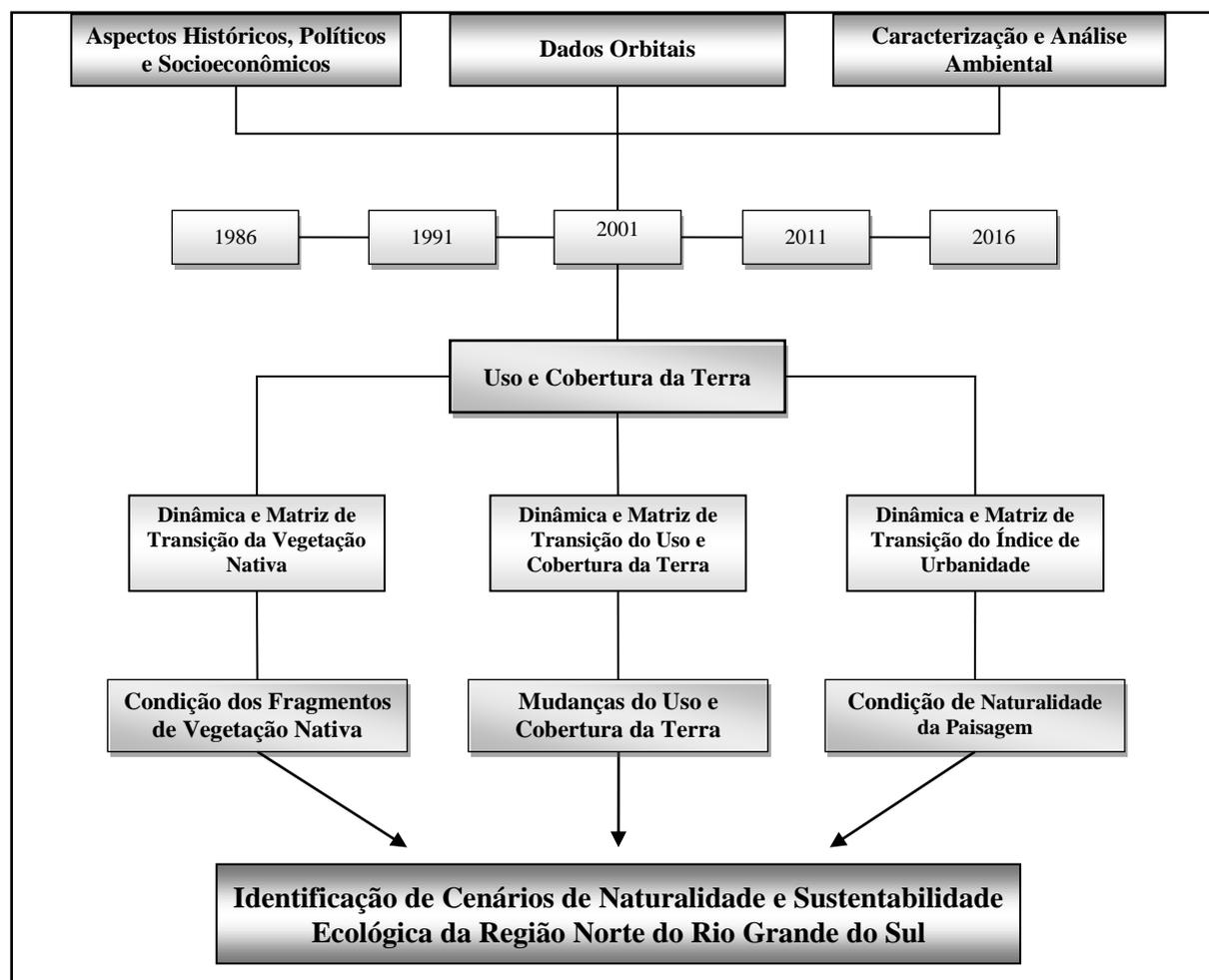


Figura 3. Fluxograma apresentando o delineamento e procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

4.2.1 Pesquisa Bibliográfica, Aspectos Históricos, Políticos e Socioeconômicos

O levantamento bibliográfico referente aos aspectos históricos, políticos, socioeconômicos, principais políticas públicas no contexto federal, estadual, regional e municipal, que possam ter influenciado a trajetória histórica do uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, foi realizado por meio de pesquisa e consulta a livros, artigos, dissertações, teses e da própria legislação. Foram utilizados também os setores censitários - Censos demográficos e Censos agropecuários, obtidos junto ao Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em adição, foram utilizadas informações, dados estatísticos, mapas temáticos do Rio Grande do Sul e da Região, além do banco de dados da Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE).

4.2.2 Caracterização e Análise Ambiental

Para a caracterização e análise ambiental da região Norte do Rio Grande do Sul foram elaboradas cartas temáticas referentes à geologia, geomorfologia, pedologia, hipsometria, clinografia, malha viária, rede de drenagem, tipos de vegetação nativa, terras indígenas e unidades de conservação (UCs), com base em dados georreferenciados no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), datum global - World Geodetic System (WGS84), fuso 22 sul. Os dados utilizados para a elaboração das cartas foram trabalhados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) no *software* MapInfo Professional 8.5 ®.

Os dados de geologia e geomorfologia foram obtidos junto ao IBGE, na escala 1:250.000, por meio das folhas de Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C; Chapecó SG.22-Y-C e Passo Fundo SH.22-V-B (IBGE, 2003a; IBGE, 2003b). As cartas temáticas foram elaboradas com base nas cartas originais do Projeto RADAMBRASIL (1978), e importadas para um banco de dados georreferenciados, sendo todas estas informações vetorizadas. Os dados referentes à pedologia foram obtidos do levantamento de solos do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973) digitalizado pela EMBRAPA-CNPT (1999), e atualizado em 2006, além do mapeamento de solos do Rio Grande do Sul realizado por Streck et al., (2008) em convênio com a EMATER/RS-ASCAR, e o Governo do Estado do Rio Grande do Sul - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio.

Os dados referentes de altimetria (pontos cotados e curvas de nível), declividade, hidrografia, e sistema viário foram obtidos em formato shapefile da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK e WEBER, 2010), e da base cartográfica, elaborada e disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM) da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Erechim, RS, abrangendo 31 municípios inseridos na área de estudo. Ambas as bases cartográficas apresentam escala 1:50.000. A classificação da declividade foi adaptada de Herz e De Biasi (1989) e De Biasi (1992), sendo categorizadas cinco classes de relevo para a Região (**Quadro 1**).

Quadro 1. Classes de declividades e descrição das classes de relevo da Região Norte do Rio Grande do Sul. Adaptado de Herz e De Biasi (1989) e De Biasi (1992).

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

Os tipos de vegetação nativa foram obtidos de Oliveira-Filho et al., (2015). Os dados referentes às terras indígenas foram obtidos da base cartográfica contínua do Brasil (IBGE, 2016), e do banco de dados da Fundação Nacional do Índio (FUNAI, 2018). Informações referentes às unidades de conservação foram obtidas da base cartográfica, do Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM) da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim/RS.

4.2.3 Coleta e Processamento dos Dados Orbitais

Foram utilizadas cinco cenas Landsat, correspondentes à órbita 222 e ponto 79, com datas de aquisição em 14 outubro de 1986, 12 de outubro de 1991, 23 de outubro de 2001, 03 de outubro de 2011, e 14 de setembro de 2016, totalizando um período de estudo de 30 anos. Para os anos de 1986, 1991, 2001, e 2011 foram utilizadas imagens Landsat-5 sensor TM bandas 5,4,3, e para 2016 foi utilizada imagem Landsat-8 sensor OLI/TIRS, bandas 6,5,4. As cenas foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e selecionadas sem cobertura de nuvens. O tratamento digital das imagens para melhoria do realce de cor, brilho e contraste, foi efetuado para facilitar a interpretação visual e a coleta de unidades amostrais. A composição colorida (RGB - Red, Green, Blue) foi obtida por meio da

combinação das bandas 5, 4 e 3 do sensor TM e 6, 5, e 4 do sensor OLI/TIRS. As imagens com resolução espacial e espectral de 30m foram georreferenciadas no *software* IDRISI Selva 17.0 ® (EASTMAN, 2012), utilizando a projeção UTM, datum WGS84, fuso 22S, por meio de pontos de controle, coletados em campo com auxílio de um GPS de navegação.

4.2.4 Dinâmica e Matriz de Transição do Uso e Cobertura da Terra

Para identificar e estimar a dinâmica do uso e cobertura da terra foram utilizadas cinco cenas LandSat, para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016, foram mapeadas e classificadas com base no método de classificação digital supervisionada de Máxima Verossimilhança (MaxVer), técnica proposta por (LEE e GRUNES, 1992), por meio do comando MaxLike (Maximum Likelihood Classification) do *software* IDRISI Selva 17.0 ®. As tipologias de uso e cobertura da terra foram determinadas por meio da interpretação de elementos das imagens, como textura, tonalidade, tamanho, relevo, drenagem e feições decorrentes da intervenção humana. Em cada imagem da série temporal foram coletadas unidades amostrais de uso e cobertura da terra, em uma quantidade ideal para o processo de classificação (aproximadamente 10% da área da imagem). Após a classificação, as imagens com resolução de 30m foram reamostradas para uma resolução de 10m, a fim de facilitar a interpolação e análise das informações.

A acurácia da classificação dos usos da terra foi avaliada pelo Coeficiente Kappa (COHEN, 1960), obtido no módulo Errmat do *software* IDRISI Selva 17.0 ®. Para garantir a acurácia na aquisição dos dados e determinação do padrão amostral de verdade terrestre, foram realizadas 279 coletas em campo em 2015, 2016, e 2017, percorrendo os 31 municípios da área de estudo, com 09 coletas em cada município. Os dados coletados em campo facilitaram a identificação dos diferentes usos e cobertura da terra na imagem de satélite. A categorização dos usos e cobertura da terra foi adaptada da classificação sistemática do Manual Técnico de Uso da Terra, proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Os valores de áreas do uso e cobertura da terra foram estimados em relação à área total de estudo, para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e, 2016, e posteriormente, estruturada uma matriz de transição dos tipos de usos da terra entre os intervalos dos anos 1986-1991; 1991-2001; 2001-2011; 2011-2016 e 1986-2016, com base no comando CrossTab (Cross Tabulation).

Os mapas temáticos de uso e cobertura da terra para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016, e da matriz de transição foram elaborados no *software* MapInfo Professional 9.5 ®.

4.2.5 Dinâmica e Matriz de Transição do Componente Vegetação Nativa

Com base nos resultados quantitativos, do uso e cobertura da terra foram extraídos os valores de áreas referentes à vegetação nativa, para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e 2016 e, realizada a análise espaço-temporal do componente vegetação nativa no período entre 1986 a 2016. No *software* MapInfo Professional 9.5 ® foram elaborados os mapas temáticos da dinâmica e da matriz de transição do componente vegetação nativa da área de estudo.

A dinâmica da condição quantitativa, da vegetação nativa foi avaliada com base nas áreas (ha e %) das classes de fragmentos, número de fragmentos, e configuração da classe de vegetação nativa, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016).

A análise da condição de fragmentação da vegetação nativa foi avaliada por meio do *software* Fragstats 4.2.1 ® (MCGARIGAL et al., 2012), considerando uma variedade de métricas de paisagem para padrões de mapas categóricos, que permitam quantificar a importância das manchas de habitats, seguindo o critério de inclusão correspondente ao seu significado ecológico, principalmente, na perspectiva de conservação ambiental. Os índices métricos de configuração para a classe de vegetação nativa utilizados foram o Índice de Proximidade, o Índice da Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo e, especialmente, o Índice de Conectividade (MCGARIGAL e MARKS, 1995) (**Quadro 2**).

Para este estudo, estabeleceu-se de maneira arbitrária uma distância de 100 metros de borda e 500 metros para o raio de busca, em relação ao cálculo das métricas de borda e isolamento, respectivamente (VOLOTÃO, 1998; MALINOWSKI et al., 2008; BOSCOLO e METZGER, 2009; CROUZEILLES et al., 2010; MCGARIGAL et al., 2012). Esses parâmetros métricos podem ser considerados relativamente conservadores, e correspondem a distância de deslocamento de pequenos mamíferos, insetos e aves florestais da Mata Atlântica (BOSCOLO e METZGER, 2009; CROUZEILLES et al., 2010), mas que, possivelmente, comportam um maior número de espécies da Região Norte do Rio Grande do Sul.

Quadro 2. Índice Médio de Proximidade (PROX_MN), Distância Euclidiana Média do Vizinho Mais Próximo (ENN_MN), e Índice de Conectividade (CONNECT) utilizados para avaliação da condição quantitativa da configuração da classe de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

Índices	Unidade	Descrição
PROX_MN (Índice Médio de Proximidade)	0 - ∞	Soma de cada área (tamanho) dos fragmentos de mesma classe divididos pela distância euclidiana borda-a-borda (proximidade) respectiva, considerando somente os fragmentos dentro de um raio de busca determinado pelo pesquisador.
ENN_MN (Distância Euclidiana Média do Vizinho Mais Próximo)	Metros (m)	Soma de todas as distâncias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe.
CONNECT (Índice de Conectividade)	Percentual (%)	Número de uniões funcionais entre as manchas do mesmo tipo, dividido pelo número total de uniões possíveis entre todas as manchas do mesmo tipo, multiplicado por 100 para expressar o valor em porcentagem. Avalia o grau de conectividade espacial entre os fragmentos da classe.

Os resultados referentes aos valores dos índices de configuração da classe de vegetação nativa foram processados estatisticamente por meio da análise de Regressão Linear para testar a diferença dos parâmetros métricos (PROX_MN, ENN_MN e CONNECT) entre os anos. A análise foi realizada no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2017).

4.2.6 Dinâmica e Matriz de Transição do Índice de Urbanidade

A condição de naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos (1986, 1991, 2001, 2011 e, 2016), foi avaliada pelo Índice de Urbanidade (IU) (O'NEILL et al., 1988; WRBKA et al., 2004). O IU considera a perda da naturalidade da paisagem como resultado da influência das mudanças do uso e cobertura da terra, estimando o quanto as paisagens vêm sendo dominadas por sistemas fortemente alterados pelo homem, sendo definido pela Equação 1:

$$IU = \log_{10} [(U + A)/(F + W)] \text{ Equação (1)}$$

Onde: U = corresponde ao uso antrópico não-agrícola; A = corresponde ao uso antrópico agrícola; F = corresponde ao uso natural, e W = corresponde aos ambientes aquáticos.

Para a representação espacial do IU, o mapa vetorial de uso e cobertura da terra foi convertido em formato raster. Os valores de IU foram obtidos por meio dos comandos Area e Image Calculator do Idrisi e escalonados com base na lógica difusa (Fuzzy), de tipo linear [$y=f(x)$], com valor mínimo de 0 (zero) e valor máximo de 1 (um). O grau máximo de naturalidade está relacionado ao valor de IU = 0, correspondente à predominância de sistemas naturais, e como grau mínimo de naturalidade ao valor de IU = 1, correspondente à predominância de sistemas alterados pelo homem. A melhor condição de naturalidade foi atribuída à presença de usos da terra natural e aquático, enquanto que a condição crítica de naturalidade à presença usos da terra relacionados às influências antrópicas.

A trajetória da condição da naturalidade foi obtida por meio da matriz de transição dos valores de áreas das diferentes classes de IU, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016), utilizando o comando CrossTab (Cross Tabulation).

Os mapas temáticos da condição de naturalidade e da matriz de transição do Índice de Urbanidade, ao longo do período de tempo de 30 anos (1986 - 2016), foram elaborados utilizando o *software* MapInfo Professional 9.5 ®.

A análise cruzada (CrossTab) foi usada para avaliar a transição dos tipos de usos e cobertura da terra, em termos do agrupamento das classes dos valores do Índice de Urbanidade, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016). Os valores resultantes foram estatisticamente comparados com base na análise multivariada (Cluster Analysis), utilizando a média da distância euclidiana entre os anos (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016), em ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2017) e funções do pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização e Análise Ambiental

A caracterização e análise ambiental da Região Norte do Rio Grande do Sul, baseada nos dados bióticos e abióticos coletados, permitiu a descrição dos principais condicionantes ambientais, e como estes influenciaram as mudanças na estrutura e funcionamento da área de estudo, ao longo do tempo.

O Rio Grande do Sul é constituído por quatro grandes províncias geomorfológicas (Planalto, Depressão Periférica, Escudo Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira) com origens

geológicas distintas e associadas à sua formação, separação das grandes massas continentais e que originou a formatação atual (STRECK, 2008).

A Região Norte do Rio Grande do Sul está inserida na Província Geomorfológica do Planalto. A Província do Planalto, que ocupa a metade norte e uma porção do sudoeste do Rio Grande do Sul, é formada por uma sucessão de pacotes de rochas vulcânicas (rochas originadas por magma resfriado na superfície da crosta terrestre: basaltos e riolitos da Formação Serra Geral). Cada derrame apresenta alternâncias textuais bem definidas, onde se delineiam porção basal, central e superior (STRECK, 2008).

Quanto a localização, esta região faz parte da Bacia Intracratônica do Paraná e está situada estratigraficamente na Formação Serra Geral, tendo por base a Formação Botucatu e, por topo, depósitos quaternários recentes (STRECK, 2008). A Formação Serra Geral é constituída de rochas efusivas básicas, continentais, toleíticas, comumente basaltos e fenobasaltos. Normalmente campeando as rochas efusivas básicas, ocorre uma sequência de rochas de composição ácida constituída por riolitos felsíticos, riodacitos felsíticos, dacitos felsíticos e seus correspondentes termos vítreos. Esta formação tem idade aproximada de 110 a 160 milhões de anos, com origem na Era Mesozóica, no Período Juro-Cretáceo, e pertence ao Grupo São Bento (Formações Rosário do Sul, Botucatu e Serra Geral) (IBGE 2003a). Em função da escala original dos dados geológicos, a área de estudo apresenta apenas uma classe de unidade geológica Formação Serra Geral com ocorrência de derrames de rochas ácidas (**Figura 4**).

A Formação Serra Geral ocupa 94,51% da região Norte do Rio Grande do Sul e as rochas de composição ácida presentes nesta formação e situadas na porção norte da região ocupam 5,49% e estão relacionadas às unidades geomorfológicas do Planalto Dissecado Rio Iguaçu-Rio Uruguai. Em função das características rochosas (decomposição de rochas basálticas) a Formação Serra Geral, caracteriza-se pela maior estabilidade com relação à perda natural do solo e a formação de solos com boa fertilidade natural, favorecendo o desenvolvimento da agricultura.

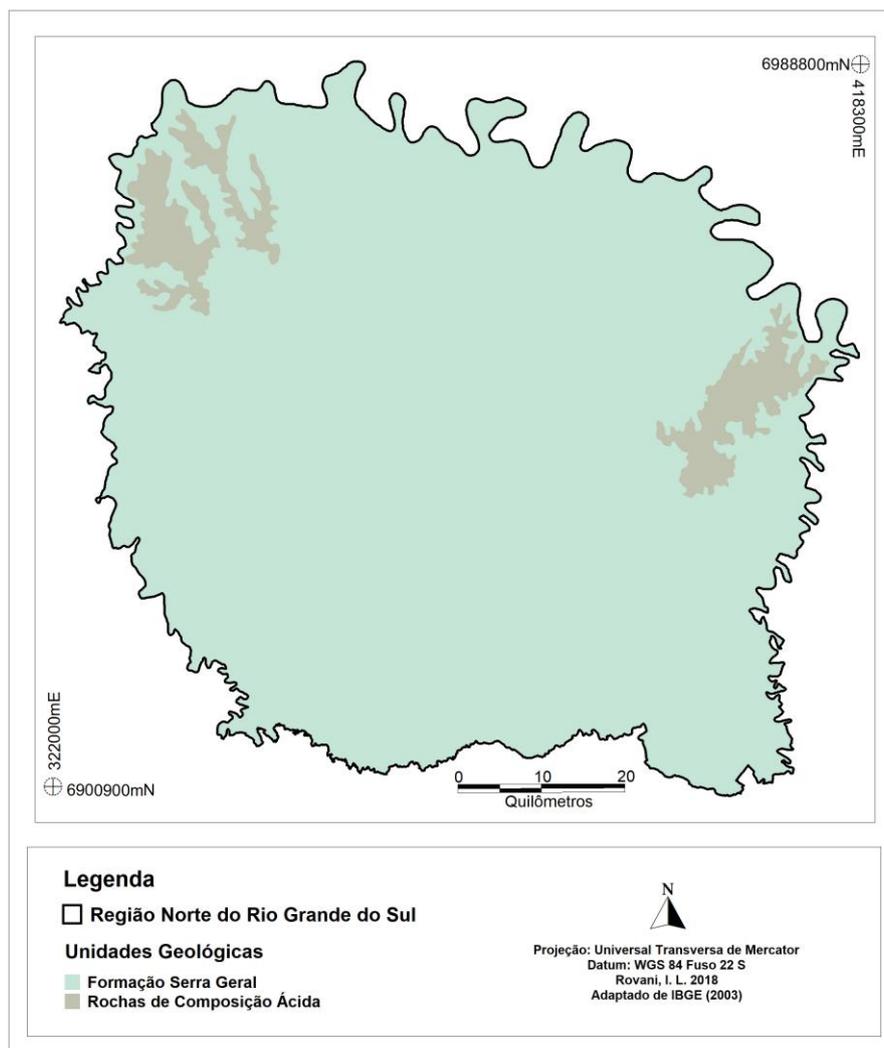


Figura 4. Formações geológicas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

No Estado do Rio Grande do Sul são encontrados três Domínios Morfoestruturais: Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários, Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, e Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos. A área de estudo está inserida no domínio morfoestrutural da Bacia e Coberturas Sedimentares do Paraná e nas regiões geomorfológicas do Planalto das Araucárias e Planalto das Missões (IFC, 2002; IBGE, 2003b).

A Região Norte do Rio Grande do Sul contempla três unidades geomorfológicas: Planalto Dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai, Planalto dos Campos Gerais, e Planalto de Santo Ângelo (**Figura 5**). As características morfológicas das unidades de planaltos são definidas, principalmente, à Formação Serra Geral, que compreende o substrato litológico fundamental, constituído por uma sequência espessa de rochas vulcânicas, predominantemente, básicas, mas também ácidas nas porções superiores dos derrames, bem

como, à cobertura de arenitos cenozóicos em sua porção sudeste, correspondente a Formação Tupanciretã (IFC, 2002).

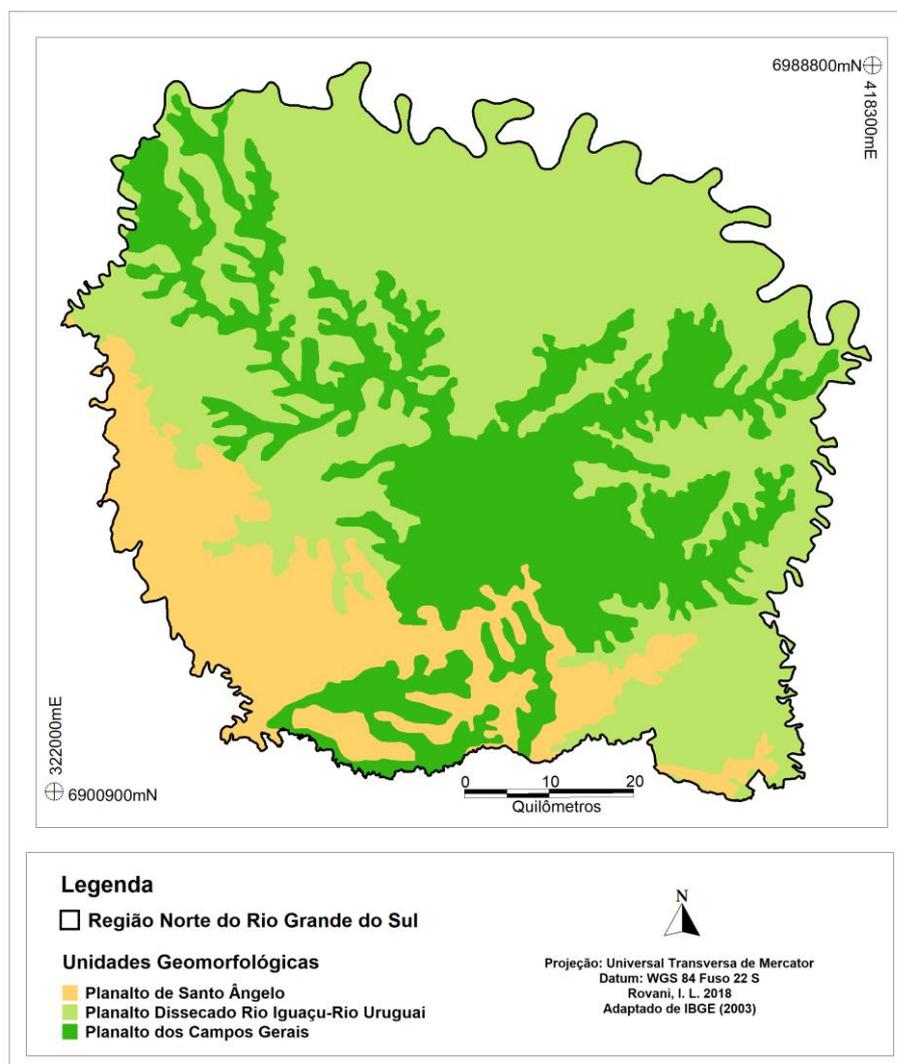


Figura 5. Formações geomorfológicas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

Em relação aos aspectos geomorfológicos a área de estudo apresenta aspectos físicos que favorecem o desenvolvimento da agricultura e de práticas agrícolas mecanizadas, principalmente, nas unidades geomorfológicas de Planalto dos Campos Gerais e Planalto de Santo Ângelo, por apresentarem, principalmente, topografia plana à ondulada. Enquanto, que na unidade geomorfológica do Planalto Dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai, localizado nas porções norte e oeste da área de estudo, por apresentarem, principalmente, topografia ondulada à declivosa, o desenvolvimento da agricultura mecanizada torna-se mais difícil, devendo ser respeitado os limites topográficos deste relevo. O relevo nestas áreas geralmente apresenta-se dissecado, com vales profundos e encostas em patamares.

A unidade geomorfológica Planalto Dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai ocupa 51,59% da área total de estudo, enquanto que a unidade Planalto dos Campos Gerais ocupa 30,65%, e a do Planalto de Santo Ângelo 17,75%.

Por meio de sua aptidão e formas de uso, os solos representam um dos aspectos mais importantes, para entender como ocorrem as mudanças na Região Norte do Rio Grande do Sul. Em função das características geológicas e de solos (principalmente os latossolos) a área de estudo apresenta grande aptidão para a agropecuária. A região é composta por cinco tipos de solos: Latossolo Bruno Alumínico (LBa), Latossolo Vermelho Aluminoférrico (LVaf), Nitossolo Vermelho Distroférrico (NVdf1), Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe1) e Associação de Solos e Afloramento Rochosos - Neossolo Regolítico Eutrófico/Cambissolo Háptico Eutrófico/Luvisolo Háptico Pálico (RRe1-CXe-TXp2) (**Figura 6**).

O Latossolo Bruno Alumínico é a classe de solo menos representativa e ocupa 2,40% da área de estudo. É encontrado em pequena proporção na porção noroeste da mesma, sendo considerado o tipo de solo mais estável, em função de suas características físicas (profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis e bem estruturados), e com boa aptidão agrícola, desde que corrigida sua fertilidade química (STRECK, 2008).

O Latossolo Vermelho Aluminoférrico é a segunda classe mais representativa, e ocupa 21,39% da área de estudo, estando distribuído por várias porções da mesma. Esta classe de solo, com condições de relevo plano a ondulado, em função de suas propriedades físicas (solos profundos, homogêneos, bem drenados, muito porosos, friáveis, bem estruturados, muito intemperizados, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro), tem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química (STRECK, 2008).

O Nitossolo Vermelho Distroférrico ocupa 9,52% do total da área de estudo, e está localizado na porção sudoeste da mesma. Os Nitossolos são solos profundos, ácidos, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro, com aparência muito similar aos Latossolos. Em função de suas propriedades físicas (solos profundos, bem drenados, muito porosos, friáveis, bem estruturados) e condições de relevo, geralmente, possuem boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química (STRECK, 2008).

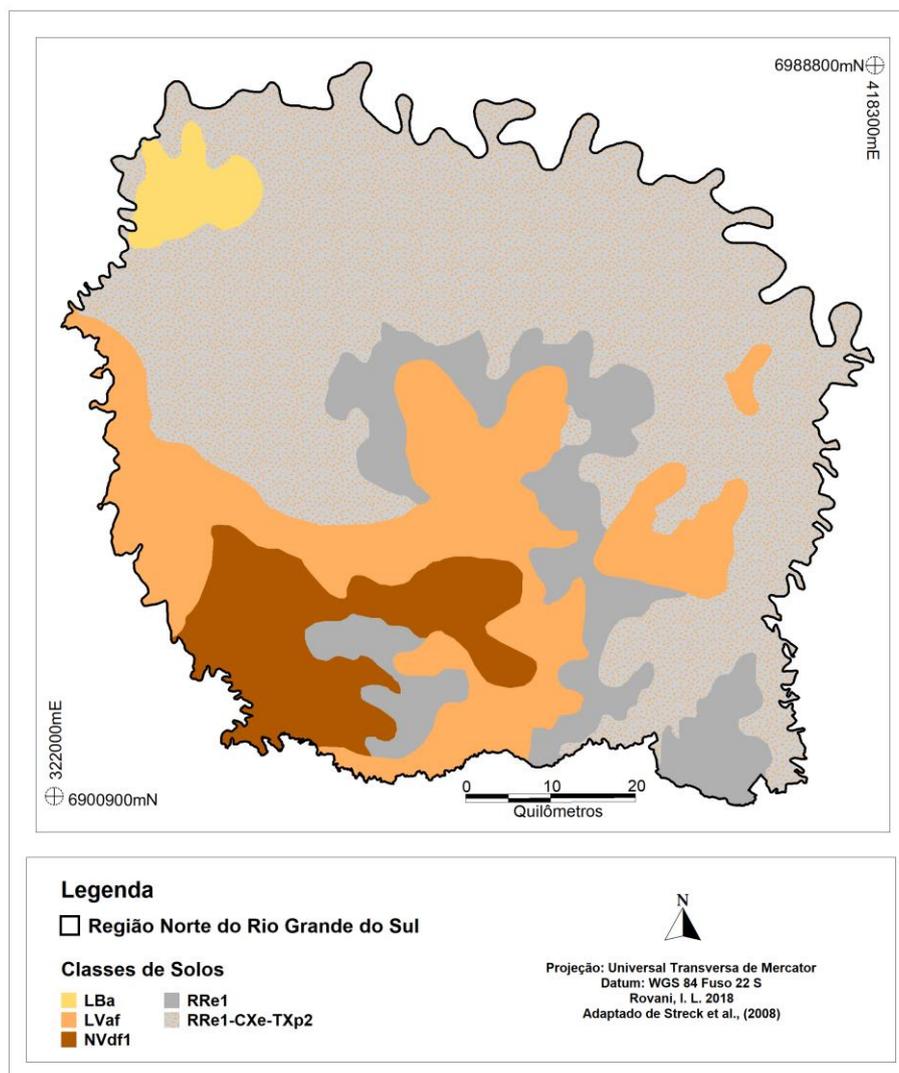


Figura 6. Tipos de solos da Região Norte do Rio Grande do Sul. Fonte dos dados: BRASIL (1973) e STRECK et al., (2008). Classes de Solos - LBa: Latossolo Bruno Alumínico, LVaf: Latossolo Vermelho Aluminoférrico, NVdf1: Nitossolo Vermelho Distroférrico, RRe1: Neossolo Regolítico Eutrófico e RRe1-CXe-TXp2: Associação de Solos e Afloramento Rochosos - Neossolo Regolítico Eutrófico/Cambissolo Háplico Eutrófico/Luvissole Háplico Pálico.

O Neossolo Regolítico Eutrófico ocupa 13,66% da área de estudo, estando localizado na porção central e sul da mesma. Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, pois são solos novos e pouco desenvolvidos (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2008). Apresentam algumas restrições para cultivos anuais, sendo que o preparo convencional do solo, o pisoteio excessivo do gado, e a redução de cobertura vegetal contribuem para o afloramento de regolitos e rochas, ocasionando perda de material (STRECK, 2008).

A Associação de Solos e Afloramento Rochosos - Neossolo Regolítico Eutrófico/Cambissolo Háplico Eutrófico/Luvissole Háplico Pálico é a classe de solo mais

representativa (53,03%) da área de estudo, localizada, predominantemente, na porção norte e leste da mesma.

Os Neossolos Regolíticos Eutróficos apresentam certas restrições para cultivos anuais, entretanto, quando sobre rocha decomposta e declividade inferior a 15% (6.75°), podem ser cultivados mediante práticas intensas de conservação, com mobilização mínima do solo. Em áreas com declividades entre 15 a 25% (6.75° a 11.25°), devem ser ocupados, preferencialmente, por pastagens; áreas com declividades entre 25 a 45% (11.25° a 20.25°) devem ser usadas para reflorestamentos ou fruticultura associados à cobertura natural, e em áreas com declividades superiores a 45% (25°) tem sido recomendada a manutenção da cobertura vegetal natural na forma de áreas de preservação permanente (STRECK, 2008).

Os Cambissolos Háplicos Eutróficos em situações de maior altitude, devido às limitações climáticas, apresentam restrições aos cultivos anuais, sendo propícios a atividades como fruticultura, silvicultura e pastagens. Devido ao relevo declivoso e a baixa disponibilidade de nutrientes, exigem práticas conservacionistas intensas, principalmente, nas regiões próximas ao Rio Uruguai, onde a intensificação do uso da terra resultou na erosão e degradação do horizonte A (STRECK, 2008).

Os Luvisolos Háplicos Pálicos apresentam boa fertilidade química natural, com alto teor de argila e matéria orgânica e carência de fósforo. Estão constantemente associados a afloramentos rochosos e aos neossolos litólicos ou regolíticos. Apresentam aptidão regular aos cultivos anuais, devido ao armazenamento de água e restritivo uso de implementos agrícolas. Exigem práticas agrícolas intensas como terraceamento em desnível, e cobertura vegetal viva ou morta (STRECK, 2008).

As altitudes da região Norte do Rio Grande do Sul variam entre 280 a 900m. As menores altitudes, entre 280 a 500m, representam 13,87% da área de estudo, e estão relacionadas às áreas que constituem o fundo dos vales e abrangem áreas mais planas. Estas áreas estão relacionadas ao Rio Uruguai e aos seus principais afluentes, Rios Passo Fundo, Apuaê ou Ligeiro, Apuê-Mirim, e Rio do Peixe ou Piuraçucê. A maior parte da área de estudo (76,94%) está inserida em altitudes entre 500 a 750m. Por sua vez, as maiores altitudes, entre 750 a 900m, totalizam 9,19% do território (**Figura 7**).

A declividade é um fator fundamental quando se trata da distribuição de vegetação nativa na área de estudo. As áreas declivosas concentram as maiores áreas naturais, consideradas prioritárias à conservação da biodiversidade (ROVANI et al., 2017). Destaca-se para a área de estudo, uma relação de maior área entre as classes de declividades médias a elevadas (12 a 30% e > 47%) e as áreas de vegetação nativa (porção norte e leste) e uma

relação de menor área para a classe de declividade plana (0 a 12%) com as áreas ocupadas por atividades agrícolas (porção sul e oeste).

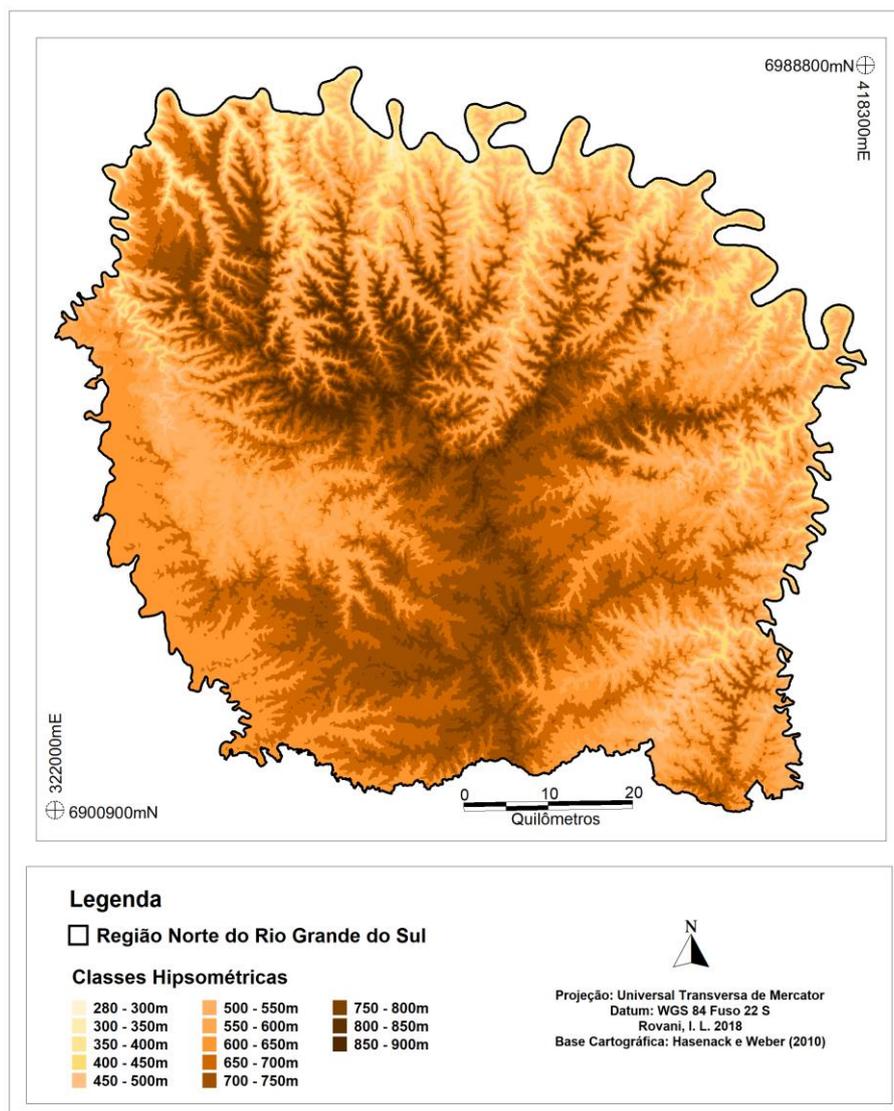


Figura 7. Classes hipsométricas da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

A área de estudo apresenta cinco classes de declividade. Declividades entre 12 a 30% ocupam a maior área do território (41,41%); declividades entre 5 a 12% ocupam 22,50%; declividades entre 0 a 5% ocupam 17,92%; declividades entre 30 a 47% ocupam 12,78%, e declividades superiores a 47% ocupam a menor porção da área de estudo (5,39%) (**Figura 8**).

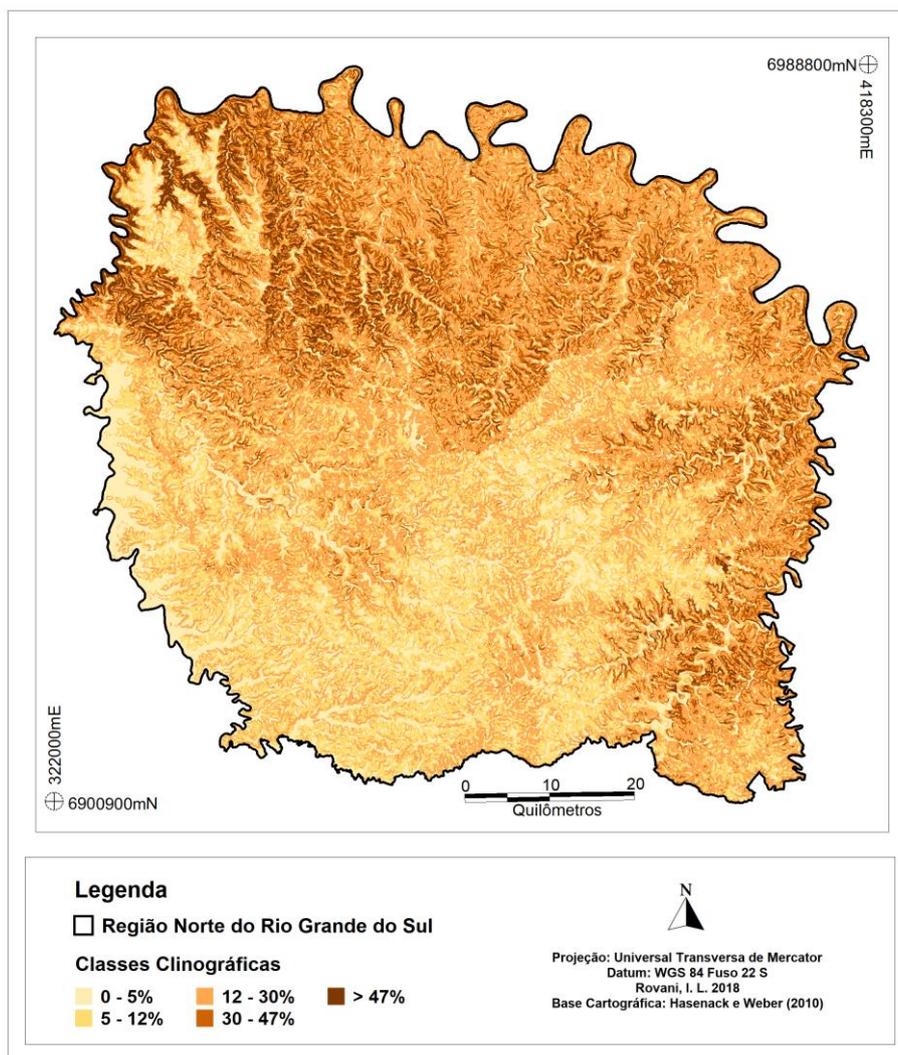


Figura 8. Classes de declividade da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

Declividades entre 0 a 5% e 5 a 12% correspondem às classes de relevo plano a suave-ondulado. Nestas áreas a adoção de práticas conservacionistas simples é suficiente para o uso agropecuário. Declividades entre 12 a 30% compreendem o limite máximo para a urbanização definida pela Lei Lehman (6.766/79 BR), e para as atividades agrícolas, devido à inclinação do terreno e do uso de máquinas adequadas.

Áreas de relevo declivoso (30 a 47% de declividade) devem ser destinadas a conservação permanente, podendo ser ocupadas para: reflorestamentos, cultivos de vegetação permanente e pomares. Por sua vez, áreas com declividades superiores a 47%, com relevo fortemente declivoso, devem ser destinadas à preservação permanente. Em função do relevo, regiões declivosas tendem a apresentar paisagens mais complexas e menos modificadas pelo homem em relação às áreas de relevo plano (METZGER, 2001).

A Região Norte do Rio Grande do Sul é constituída por uma malha viária com extensão de 7.776,10km, composta por rodovias federais, estaduais e municipais,

pavimentadas e sem pavimentação, ferrovias (RFFSA - Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima), caminhos e aceiros, utilizadas para deslocamento de pessoas e transporte de produtos (**Figura 9**).

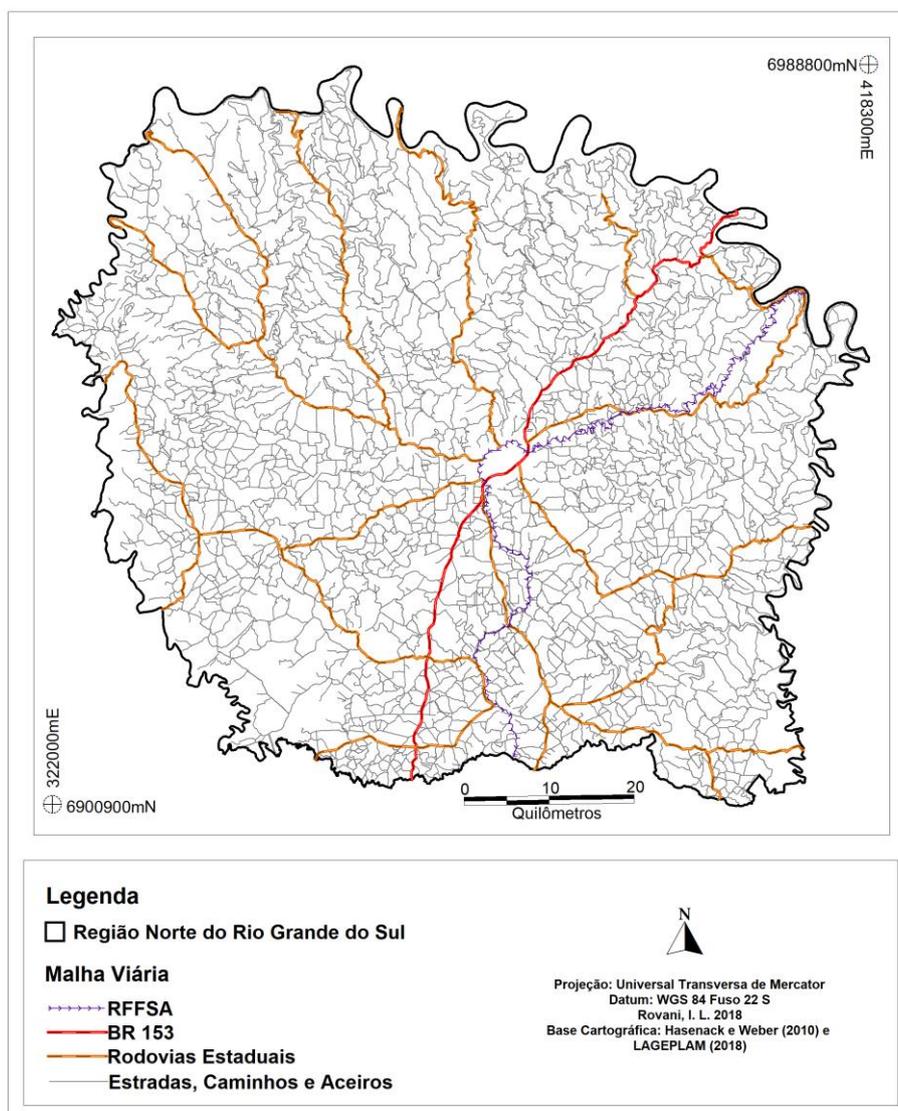


Figura 9. Malha viária com destaque para a Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA), Rodovia BR 153, rodovias estaduais e demais estradas, caminhos e aceiros da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

A região Norte do Rio Grande do Sul é composta por uma rede de drenagem com extensão de 8.765,56km, inserida na Região Hidrográfica Costeira do Atlântico Sul, e na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (**Figura 10**). A área de estudo, praticamente, apresenta toda a sua delimitação geopolítica constituída por rios: ao norte pelo Rio Uruguai e pela represa da Usina Hidrelétrica (UHE) Itá no Rio Uruguai; ao sul pelos Arroios Inhupaçá, Inhaporã, Bonito e Cachoeira, pelo Rio do Peixe ou Piuraçucê e pequenas extensões por limites territoriais; a leste pelo Rio Apuaê ou Ligeiro, e a oeste pelo Rio Passo Fundo e pelas

represas da UHE Monjolinho e UHE Passo Fundo, ambas no Rio Passo Fundo. O padrão de drenagem da região tem orientação principal para o norte da região até a calha do Rio Uruguai, como resultado direto da ação geológica da água.

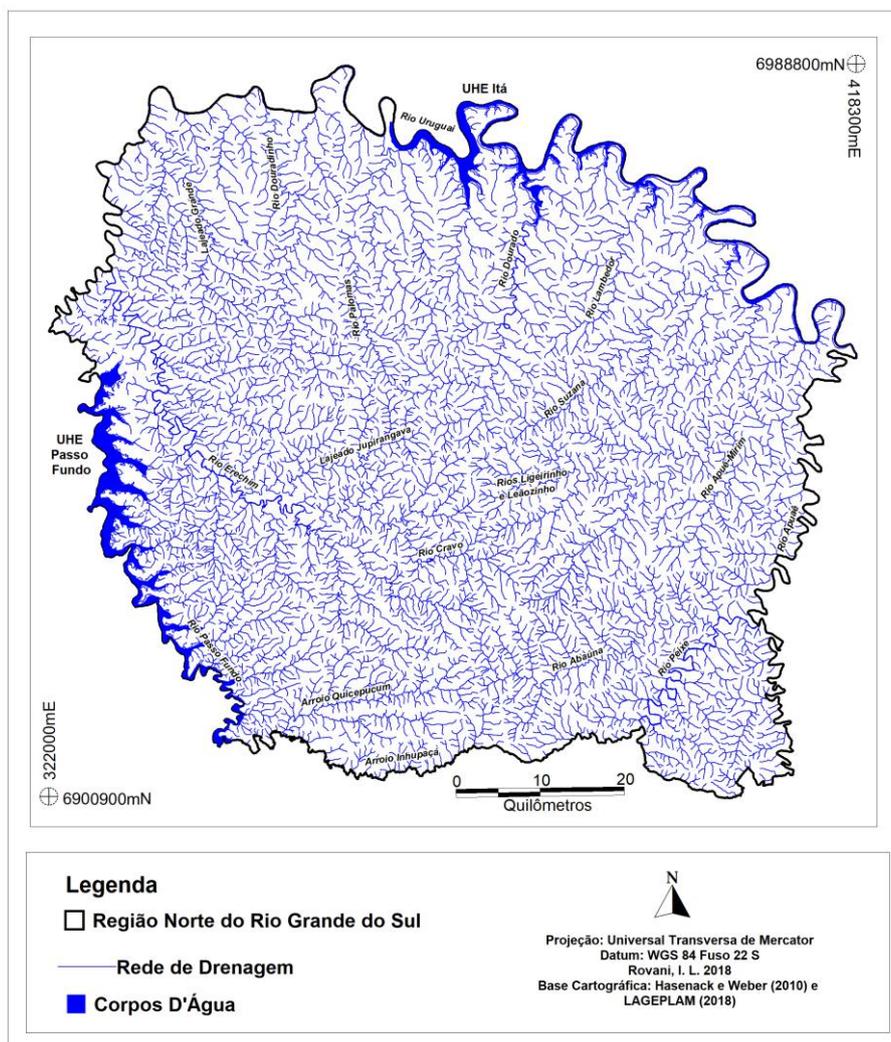


Figura 10. Rede de drenagem da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS) com destaque para os principais corpos d'água: Usina Hidrelétrica Itá, no Rio Uruguai, ao norte da região, e Usina Hidrelétrica Passo Fundo, no Rio Passo Fundo, a oeste da área de estudo.

A hidrografia da região está representada por diversos rios, sendo os principais os Rios Uruguai, Passo Fundo, Apuaê ou Ligeiro, Apuê-Mirim, Peixe ou Piuraçucê, Erechim, Abaúna, Suzana, Dourado, Lamedor, Douradinho, Palomas, Ligeirinho, Leãozinho, Cravo, Lajeado Grande, Lajeado Jupirangava, Arroio Quicepucum ou Facão, e Inhupaçá. Dentre eles, destaca-se o Rio Uruguai, que faz divisa da área de estudo com o estado de Santa Catarina, e se origina da junção dos rios Canoas e Pelotas. É considerado entre os 100 maiores rios do mundo em extensão (cerca de 1.770,00km). A foz do Rio Uruguai é no Rio da Prata e sua bacia hidrográfica abrange os territórios do Brasil, Argentina e Uruguai. O Rio Uruguai é

dividido em três trechos: superior, médio e inferior, sendo que a área de estudo está inserida no trecho médio.

As áreas de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul compreendem um conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos (atualmente alterados em sua maior parte) até formações florestais espontâneas secundárias, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, arbustiva e arbórea em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento (IBGE, 2012; IBGE, 2013). De acordo com Oliveira-Filho et al., (2015), a Região Norte do Rio Grande do Sul integra, espacialmente, áreas ocupadas por Floresta Atlântica com Araucárias, Floresta Atlântica Semidecidual, Pampa e Pradarias Alagáveis, e os corpos d'água Usina Hidrelétrica Itá e Usina Hidrelétrica Passo Fundo (**Figura 11**).

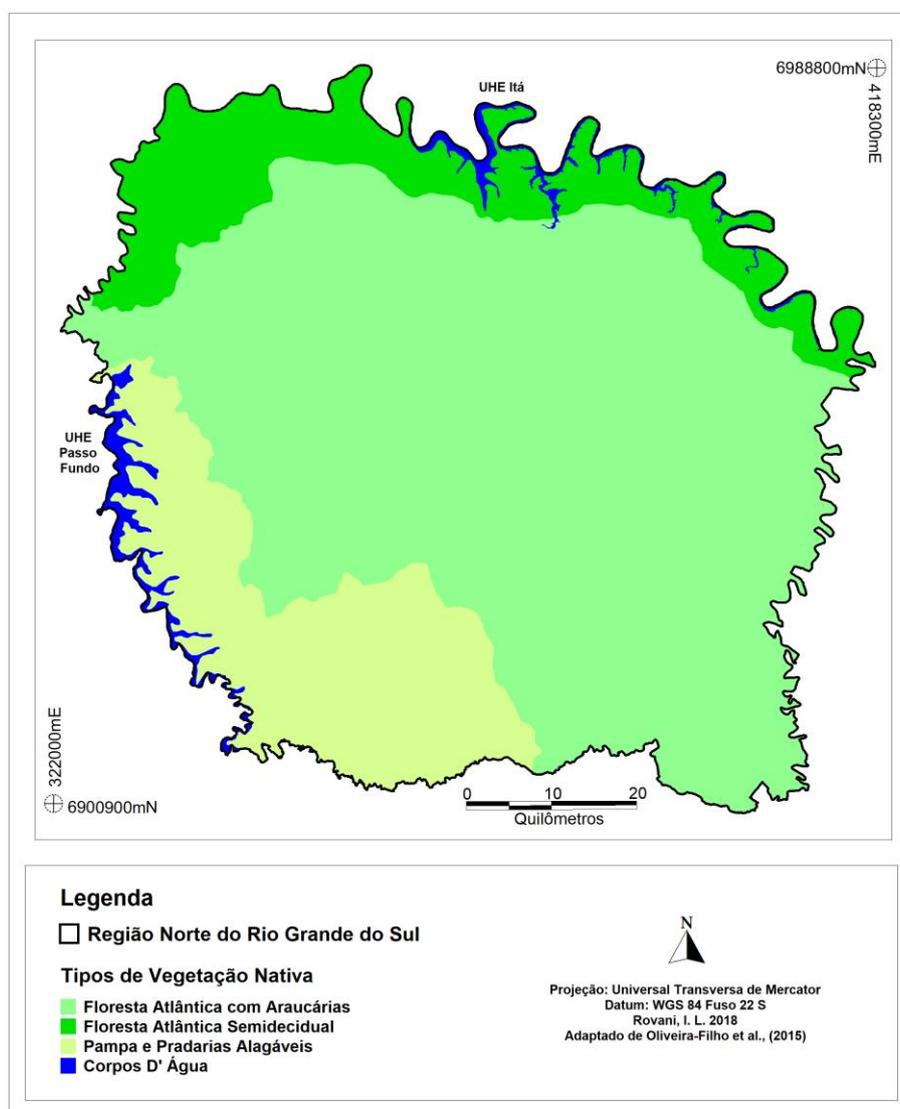


Figura 11. Tipos de vegetação nativa e corpos d'água (Usina Hidrelétrica Itá e Usina Hidrelétrica Passo Fundo) da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

A Floresta Atlântica com Araucárias (Floresta Ombrófila Mista) compreende a área de distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, ocupa 67,82% da área de estudo, e está localizada nas porções leste e central; a área de Pampa e Pradarias Alagáveis ocupa 16,86%, e pode ser observada a oeste e ao sul, e a área de Floresta Atlântica Semidecidual (Floresta Estacional Semidecidual) ocupa 12,94%, ao norte da área de estudo. Um percentual de 2,38% da região está ocupado por corpos d'água (represas das UHE Itá e UHE Passo Fundo, ao norte e a oeste, respectivamente, da área de estudo).

A Região Norte do Rio Grande do Sul tem sido alvo de diversas ações direcionadas à preservação de remanescentes de vegetação nativa, bem como, da criação de novas áreas de conservação. As Terras Indígenas existentes na região foram criadas em 1908, estando, atualmente, relacionadas a núcleos populacionais dos municípios de Charrua, Benjamin Constant do Sul, Faxinalzinho, Erechim, Erebangó e Getúlio Vargas (**Quadro 3; Figura 12**).

Nos termos da legislação vigente (CF/88, Lei n.º 6.001 de 19 de dezembro de 1973 - Estatuto do Índio e Decreto n.º 1.775 de 8 de janeiro de 1996), as Terras Indígenas podem ser classificadas nas seguintes modalidades: Terras Indígenas Tradicionalmente Ocupadas, Reservas Indígenas, Terras Dominais e Interditadas. As Terras Indígenas existentes na região são representadas pela modalidade tradicionalmente ocupada (FUNAI, 2018).

Quadro 3. Terras Indígenas (localização, extensão e condição de manejo) e respectivas etnias existentes nos municípios da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

Terra Indígena	Etnia	Municípios	Área (ha)	Fase do Procedimento	Modalidade
Ligeiro	Kaingang	Charrua	4.565,79	Regularizada*	Tradicionalmente Ocupada
Guarani Votouro	Guaraní	Benjamin Constant do Sul	717,37	Regularizada*	Tradicionalmente Ocupada
Mato Preto	Guaraní	Erechim, Erebangó, Getúlio Vargas	4.230,00	Declarada**	Tradicionalmente Ocupada
Ventarra	Kaingang	Erebangó	772,95	Regularizada*	Tradicionalmente Ocupada
Votouro	Kaingang	Benjamin Constant do Sul, Faxinalzinho	3.341,09	Regularizada*	Tradicionalmente Ocupada
Votouro/Kandoia	Kaingang	Benjamin Constant do Sul, Faxinalzinho	5.977,00	Delimitada***	Tradicionalmente Ocupada

Fonte: FUNAI, 2018.

*Regularizadas: Terras que, após o decreto de homologação, foram registradas em cartório em nome da União e na Secretaria do Patrimônio da União.

**Declaradas: Terras que obtiveram a expedição da Portaria Declaratória pelo Ministro da Justiça e estão autorizadas para serem demarcadas fisicamente, com a materialização dos marcos e georreferenciamento.

***Delimitadas: Terras que tiveram os estudos aprovados pela Presidência da FUNAI, com a sua conclusão publicada no Diário Oficial da União e do Estado, e que se encontram na fase do contraditório administrativo ou em análise pelo Ministério da Justiça, para decisão acerca da expedição de Portaria Declaratória da posse tradicional indígena.

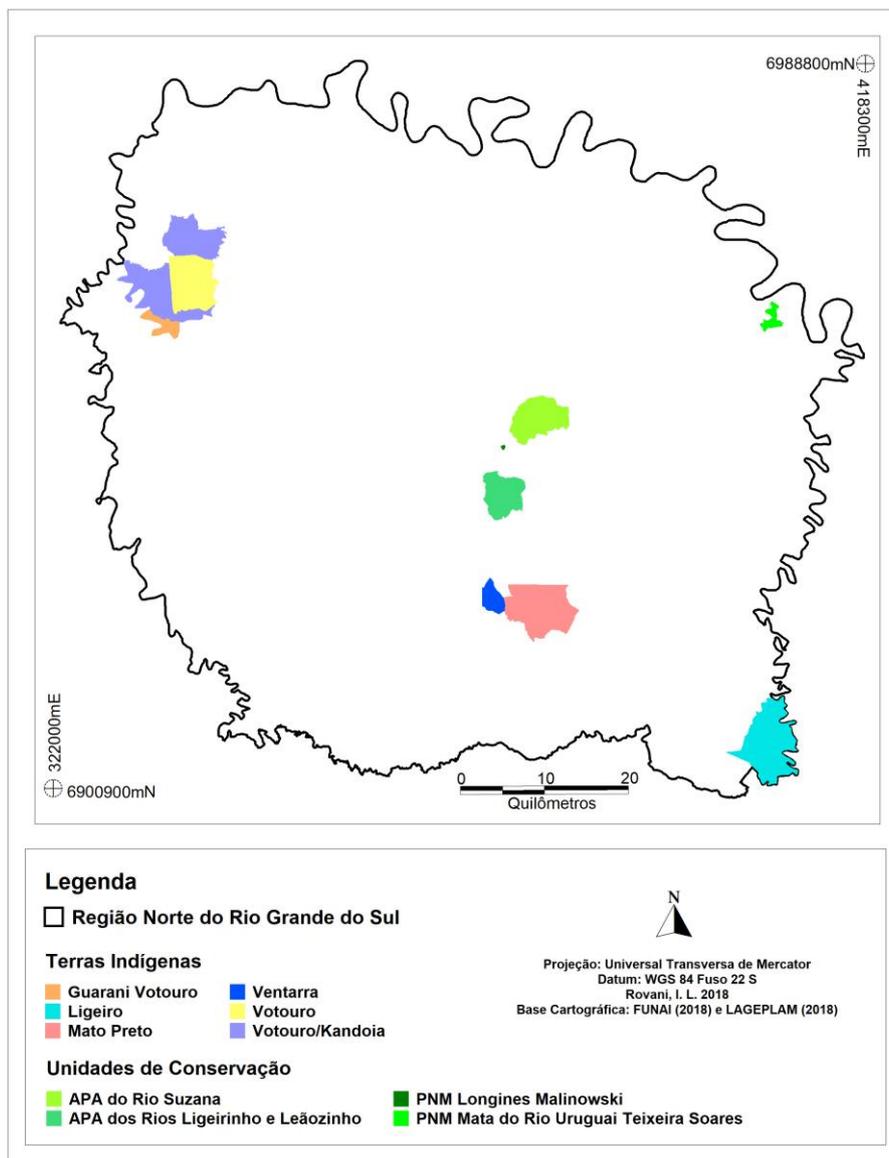


Figura 12. Localização das Terras Indígenas (Guarani Votouro, Ligeiro, Mato Preto, Ventarra, Votouro e Votouro/Kandoia) e Unidades de Conservação (PNM Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares, PNM Longines Malinowski, APA do Rio Suzana e APA dos Rios Ligeirinho e Leãozinho), existentes na Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000), conjunto de unidades de conservação federais, estaduais e municipais, o sistema é composto por 12 categorias de Unidades de Conservação (UCs). Os objetivos específicos das unidades de conservação se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados (Unidades de Proteção Integral), pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo (Unidades de Uso Sustentável) (BRASIL, 2000).

A política estadual e nacional de áreas prioritárias para conservação parece não ter influenciado na criação das UCs e áreas destinadas à manutenção de corredores ambientais,

para a conservação da biodiversidade da Região Norte do Rio Grande do Sul (CREDENOR, 2017). No entanto, alguns municípios da região, como no caso de Erechim, criaram unidades de conservação em seu limite territorial urbano e rural (**Figura 12**).

A área de estudo contempla quatro Unidades de Conservação, sendo duas na categoria (Proteção Integral) Parques Naturais Municipais (PNM):

- Parque Natural Municipal Mata do Rio Uruguai Teixeira Soares: localizado no município de Marcelino Ramos, próximo a foz do Lajeado Teixeira Soares, à margem esquerda do Rio Uruguai, com área de 423,36 ha.

- Parque Natural Municipal Longines Malinowski: localizado na área urbana do município de Erechim, com área de 23,08 ha.

e duas na categoria (Uso Sustentável) Áreas de Proteção Ambiental (APA):

- Área de Proteção Ambiental do Rio Suzana localizada no município de Erechim, e com área de 2.728,78 ha.

- Área de Proteção Ambiental dos Rios Ligeirinho e Leãozinho, localizada no município de Erechim, e com área de 2.121,05 ha.

5.2 Aspectos Históricos do Uso e Cobertura da Terra na Área de Estudo

Os aspectos históricos regionais influenciaram na estruturação da paisagem regional, interferindo na dinâmica do uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do tempo.

A ocupação do estado do Rio Grande do Sul ocorreu de forma diferenciada para a região Sul (regiões das lagoas e da campanha), com relevo mais plano e vegetação campestre, e a Norte com relevo mais declivoso e vegetação de florestas. O extremo Norte do RS (Alto Uruguai), no qual está inserida a área de estudo, foi inicialmente ocupado pelas etnias indígenas kaingang e guaranis, residentes nas diversas áreas das Terras Indígenas: Votouro, Ligeiro e Ventara. Seguiram-se as ocupações pelos caboclos e os negros oriundos do Sul (PIRAN, 2015).

Os colonizadores da região Norte do Rio Grande do Sul são imigrantes oriundos, predominantemente, das colônias de diferentes origens (italianos, alemães, judeus, eslavos, poloneses russos, lituanos, etc.), instalados em um mesmo território, o que não ocorria nas Colônias Velhas, onde havia maior homogeneidade de origem. Esta diversidade de origens redundou em uma importante diversidade cultural (religiosa, hábitos alimentares, práticas de

vivência e relacionamento social, tratos com a saúde, produção agropecuária), ainda presente nos dias atuais (PIRAN, 2015).

A ocupação e produção agropecuária na região ocorreram de forma diferenciada. No Norte (relevo declivoso, florestado) com agricultores familiares e propriedades menores (até 50 ha, predominantemente). No Sul (relevo ondulado e vegetação campestre), as propriedades têm um caráter empresarial, e a maioria com maiores extensões (200 ha ou mais). Este processo impactou fortemente o território e a cultura dos caboclos e indígenas, em especial, ocupantes pioneiros da região, atualmente, vivendo nos espaços delimitados das Terras Indígenas (PIRAN, 2001; PIRAN, 2015).

O desenvolvimento regional da agropecuária apresentou, ao menos, duas fases: a tradicional e a moderna. A tradicional (até a década de 1940), caracterizada pela produção de subsistência, com uma gama muito diversificada de produtos, destinando eventuais excedentes ao mercado de consumo. Além desta, pratica-se a produção comercial, também policultora, mas comandada por alguns produtos principais destinados ao mercado, mas retendo o necessário à subsistência familiar. Na produção comercial, destacam-se alguns produtos com importante relação com a indústria local/regional: trigo - moinhos - farinha; milho/suíños - casas de banha - frigoríficos; uva e cevada - vinho e cerveja e o extrativismo - (erva mate, madeira) - ervateiras, serrarias, móveis (PIRAN, 2015).

De acordo com Brum (1985) trata-se de uma agricultura caracterizada pelo predomínio de tecnologias simples, criadas e transmitidas por meio das gerações com autonomia relativa do produtor; pela importância da fertilidade natural do solo, da mão de obra familiar e da tração animal, e pela relação com o mercado via comerciantes locais (comunidades do interior). Com a crise provocada pelo esgotamento da fertilidade natural do solo, pelos baixos preços recebidos, e pela minifundização das propriedades, ocasionou um processo de migração campo-cidade (êxodo rural) e/ou para outras regiões do país (Oeste Catarinense e Sudoeste do Paraná em um primeiro momento) (PIRAN, 2015).

A agropecuária moderna (Pós Segunda Guerra aos anos 1970) é ainda policultora, mas com forte predomínio de alguns produtos e a redução da diversidade de produtos de subsistência. Dentre os principais produtos destacam-se os binômios trigo-soja e milho-suíños, secundados por aves e gado leiteiro. Possuem forte vínculo com um novo pacote tecnológico (Revolução Verde), implantado com amplo apoio do governo, por meio de bancos estatais e do sistema cooperativista. Este cenário, gradativamente, difundiu-se para novas tecnologias: mecânica (máquinas e implementos), biológica (hibridismo e novas raças) e química (corretivos, adubos e agrotóxicos). Este novo contexto conduz a destruição da

indústria doméstica, esvaziamento dos pequenos comerciantes locais, fortalecimento e subordinação às agroindústrias (cooperativas e privadas), drenagem da riqueza para fora da região via sistema financeiro e/ou de empresas agroindustriais de fora da região e forte êxodo rural. O *modus operandi* é ditado pelas agroindústrias integradoras, controladas pelo setor urbano-industrial (PIRAN, 2015).

O desenvolvimento industrial regional tem seu início, a partir de 1920, fortemente vinculado à agropecuária. Pequenas indústrias, quase que, exclusivamente, de caráter familiar que produzem ferramentas, equipamentos, máquinas (metal mecânica) para a agricultura e/ou transformam produtos oriundos da agricultura como alimentos, bebidas, móveis (agroindústrias da agricultura). Outro fato importante ocorrido neste período foi o início da criação/implantação dos “distritos industriais” pelo poder público municipal, nos principais polos urbanos regionais (Erechim, por exemplo) (PIRAN, 2015).

A região passa a contemplar uma estrutura dotada de serviços públicos (educação, saúde, saneamento, seguranças e outros) e privados (comércio, serviços de suporte de toda ordem), que pode ser considerada completa; contudo, dependendo do grau de complexidade e/ou demanda, parte dos serviços proporcionados concentram-se nos principais centros urbanos. No setor de serviços, merece destaque o comércio pelo seu significado histórico em toda a região, que suportou grande parte dos investimentos dos projetos de industrialização. O crescimento do setor de serviços nos principais centros urbanos vem se tornando o mais representativo na formação do PIB regional (PIRAN, 2015).

De acordo com dados dos Censos Demográficos de 1980, 1991, 2000, 2010, e dados coletados diretamente na plataforma do IBGE em 2017, a população da Região Norte do Rio Grande do Sul apresentou um aumento exponencial durante este período. Entre os anos de 1980 e 2017 a população regional totalizou aumento de 30.249 habitantes (**Figura 13**).

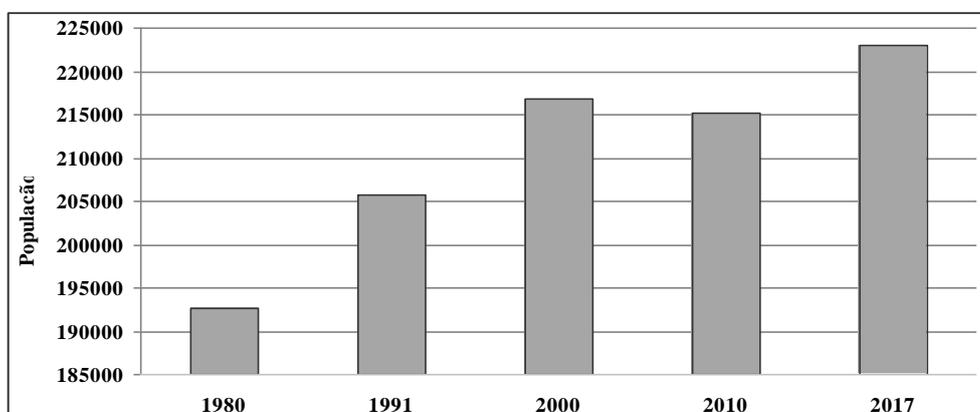


Figura 13. Dinâmica populacional da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2017. Fonte: Censos Demográficos do IBGE (1980; 1991; 2000; 2010) e população no ano de 2017.

Com base nos dados do último censo demográfico a região apresentava uma população de 215.124 habitantes (IBGE 2010). Para o ano de 2017 este valor aumentou, totalizando 222.926 habitantes (IBGE 2017). Desta forma, entre 2010 e 2017 a região evidenciou aumento de 7.802 habitantes, sendo Erechim o município que mais contribuiu para este aumento com 7.350 habitantes. Em 2017 o município de Erechim totalizou 46,40% da população da área de estudo. O aumento da população de Erechim deve-se principalmente ao êxodo rural dos demais municípios da região, e por Erechim constituir o polo comercial e industrial da região, favorecendo o desenvolvimento do setor terciário, além de possuir grandes centros educacionais. Os dados demonstraram um processo de redução da população dos pequenos municípios, especialmente de sua população rural jovem rumo aos centros urbanos (PIRAN, 2015).

Entre 1980 e 2010 a população rural da Região Norte do Rio Grande do Sul diminuiu cerca de 50% e a população urbana aumentou cerca de 50% na região (**Tabela 1**). Com base nos censos demográficos a população regional passou a ser predominantemente urbana desde 1991.

É importante destacar que grande parcela dos municípios, principalmente aqueles inseridos nas porções norte e leste da Região Norte do Rio Grande do Sul, ainda apresentam predomínio da população rural. Este cenário deve-se ao tamanho da população rural desde sua colonização, a manutenção e desenvolvimento da agricultura familiar, e ao fato dos centros urbanos destes municípios apresentarem atividades comerciais e industriais pouco desenvolvidas, limitando as vagas de trabalho (PIRAN, 2015).

A redução do número de habitantes pode ser justificada por dois fatores: a redução significativa do número de filhos por mulher em idade fértil, no ano de 1990 (2,11) em 2000 (1,95), e em 2010 (1,4), e o êxodo regional, principalmente, dos jovens que buscam oportunidades de inserção no mercado de trabalho em centros maiores do estado e do país, ou que saem para se qualificar e não retornam (PIRAN, 2015).

Os dados censitários do IBGE (1980 a 2010) mostraram uma tendência da modificação da estrutura etária da população, com redução significativa do percentual de crianças e jovens e de um aumento expressivo de adultos e idosos. Passou-se de uma estrutura piramidal “perfeita”, com base ampla e topo estreito, para uma pirâmide “pêra”, com base mais estreita, corpo amplo e topo mais elevado com um predomínio de mulheres, principalmente, nas faixas de idade mais elevadas. Em relação à estrutura populacional por renda, cerca de 80% dos assalariados na região estavam inseridos na faixa salarial entre 1 a 5 salários mínimos (PIRAN, 2015)

Tabela 1. Dinâmica populacional (população urbana e rural) da Região Norte do Rio Grande do Sul, para os anos de 1980, 1991, 2000 e 2010. Fonte dos dados: Censos Demográficos do IBGE (1980; 1991; 2000 e 2010).

Municípios da Região	População Urbana				População Rural			
	1980	1991	2000	2010	1980	1991	2000	2010
Aratiba	1.587	2.449	2.557	3.316	10.178	8.265	4.559	3.249
Áurea	-	1.295	1.262	1.537	-	6.128	2.627	2.128
Barão de Cotegipe	1.768	2.280	3.287	3.966	5.735	5.090	3.640	2.563
Barra do Rio Azul	-	-	364	403	-	-	2.050	1.600
Benjamin Constant do Sul	-	-	256	341	-	-	2.471	1.966
Campinas do Sul	2.592	3.449	4.431	4.217	6.088	5.105	3.827	1.289
Carlos Gomes	-	-	341	378	-	-	1.571	1.229
Centenário	-	-	660	949	-	-	2.467	2.016
Charrua	-	-	568	584	-	-	3.215	2.887
Cruzaltense	-	-	-	489	-	-	-	1.652
Entre Rios do Sul	-	1.629	2.069	2.130	-	2.412	1.422	950
Erebango	-	2.030	1.975	1.958	-	1.179	1.048	1.012
Erechim	48.209	62.377	82.026	90.552	12.906	9.941	8.321	5.535
Erval Grande	1.396	1.930	2.109	2.690	6.572	5.342	3.538	2.473
Estação	-	4.358	5.267	5.119	-	1.173	961	892
Faxinalzinho	-	254	1.275	1.273	-	2.831	1.648	1.294
Florianópolis	-	-	226	292	-	-	2.135	1.726
Gaurama	2.794	2.675	2.997	3.388	11.428	3.824	3.394	2.474
Getúlio Vargas	12.155	13.118	13.644	13.862	15.961	6.924	2.865	2.292
Ipiranga do Sul	-	566	593	679	-	1.782	1.464	1.265
Itatiba do Sul	1.160	1.523	1.793	1.729	5.523	5.134	3.459	2.442
Jacutinga	1.123	1.826	2.134	2.573	5.409	4.481	2.114	1.060
Marcelino Ramos	3.116	3.028	3.087	2.722	4.653	4.052	3.021	2.412
Mariano Moro	591	848	1.070	1.153	2.754	2.149	1.404	1.057
Paulo Bento	-	-	-	594	-	-	-	1.602
Ponte Preta	-	-	397	512	-	-	1.756	1.238
Quatro Irmãos	-	-	-	916	-	-	-	859
São Valentim	2.620	1.589	1.573	1.744	13.175	6.120	2.536	1.888
Severiano de Almeida	494	957	1.165	1.399	3.936	3.473	2.988	2.443
Três Arroios	-	509	794	1.027	-	2.779	2.350	1.828
Viadutos	1.664	2.342	2.434	2.643	7.090	6.547	3.653	2.668
Total	81.269	111.032	140.354	155.135	111.408	94.731	76.504	59.989

5.3 Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra

O padrão espacial da Região Norte do Rio Grande do Sul está configurado pela presença de quatro (04) classes de usos da terra: Natural, Aquático, Antrópico Agrícola, e Antrópico Não-Agrícola, que foram, posteriormente, categorizadas em nove tipos de cobertura da terra: vegetação nativa, área úmida, corpos d'água, agricultura, pastagem, silvicultura, solo exposto, área urbanizada, e malha viária (**Quadro 4**). Com base nos valores dos Coeficientes Kappa, as cinco classificações do uso e cobertura da terra (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), apresentaram excelente exatidão (acima de 90% de precisão).

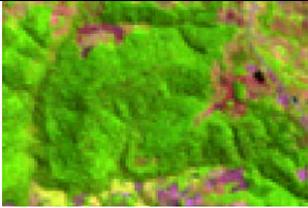
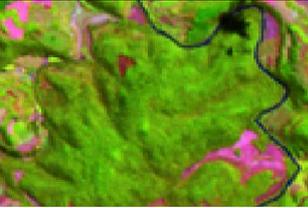
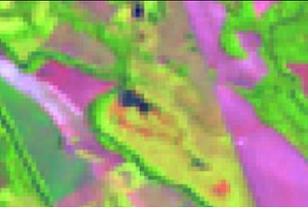
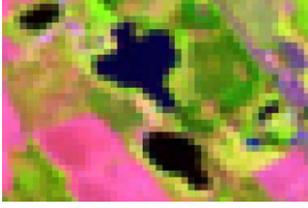
Quadro 4. Classes, tipos e descrição dos usos e cobertura da terra Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Adaptado de IBGE (2013).

Classes de Usos da Terra	Tipos de Cobertura da Terra	Descrição das Tipologias de Cobertura da Terra (Adaptado de IBGE, 2013)
Natural	Vegetação Nativa	Áreas com predomínio de vegetação arbustiva, arbórea e campestre nativas, nas formações vegetais de Floresta Atlântica com Araucárias, Floresta Atlântica Semidecidual e Pradarias.
Aquático	Área Úmida	Áreas que apresentam solos naturalmente alagados ou saturados permanente ou temporariamente de água, zonas de transição terrestre-aquáticas com fauna e flora típicas.
	Corpos D'Água	Áreas compostas por águas continentais, constituídas naturalmente ou artificialmente que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e represas.
Antrópico Agrícola	Agricultura	Áreas destinadas ao desenvolvimento de culturas temporárias, principalmente, de <i>Glycine max L.</i> (soja), <i>Zea mays</i> (milho) e <i>Triticum spp. L.</i> (trigo) e culturas permanentes, principalmente, de <i>Ilex paraguariensis A. St.-Hil.</i> (erva-mate), <i>Citrus sinensis L.</i> (citros) e <i>Vitis vinifera L.</i> (videiras).
	Pastagem	Áreas com predomínio de vegetação herbácea (exótica), utilizada para pecuária intensiva e extensiva de animais de pequeno, médio e grande porte.
	Silvicultura	Áreas de cultivo homogêneo, principalmente de <i>Eucalyptus spp.</i> e <i>Pinus spp.</i>
	Solo Exposto	Áreas sem nenhuma cobertura florestal, com solo em preparo e preparadas para o cultivo agrícola e em pousio (após o cultivo agrícola).
Antrópico Não-Agrícola	Área Urbanizada	Áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações, e sistema viário, com adensamento urbano, infraestruturas rurais, industriais, comerciais e aglomerados de residências em reservas indígenas.
	Malha Viária	Estradas ou rodovias federais, estaduais e municipais pavimentadas e sem pavimentação, ferrovias, caminhos e aceiros, utilizadas para deslocamento e transporte da população e produtos.

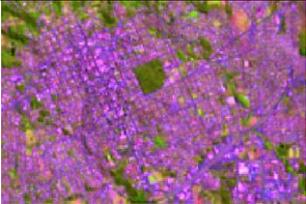
As áreas de uso natural contemplam os ambientes naturais sem influência humana direta, capazes de autorregulação, ambientes influenciados por seres humanos, capazes de autorregulação, e ambientes alterados pelas ações antrópicas, com necessidade de gestão. Ambientes aquáticos contemplam as áreas naturais e semi-naturais, influenciados por seres humanos, capazes de autorregulação, e alterados por ações antrópicas, com necessidade de gestão ambiental. Áreas antrópicas agrícolas contemplam os ambientes intencionalmente criados por seres humanos e totalmente dependentes de manejo e gestão humana. Por sua vez, as áreas antrópicas não-agrícola são representadas por ambientes intencionalmente criados por seres humanos para atividades industriais, econômicas ou culturais, dependentes da gestão humana sobre os ecossistemas naturais circundantes e intercalados.

Com base nas informações da verdade terrestre foi elaborado um banco de dados dos padrões amostrais dos usos e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (Quadro 5).

Quadro 5. Glossário imagético retratando os usos e cobertura da terra na imagem de satélite e no registro fotográfico (verdade terrestre), descrição e local de ocorrência na Região Norte do Rio Grande do Sul.

Área na Imagem	Registro Fotográfico	Descrição
 <p>Vegetação Nativa</p>		<p>Floresta Atlântica com Araucárias - Município de Erechim</p>
 <p>Vegetação Nativa</p>		<p>Floresta Atlântica Semidecidual - Município de Marcelino Ramos</p>
 <p>Vegetação Nativa</p>		<p>Pampa e Pradarias Alagáveis - Município de Quatro Irmãos</p>
 <p>Área Úmida</p>		<p>Área Úmida - “Banhado” - Município de Erechim</p>
 <p>Corpos D'Água</p>		<p>Represa - “Açude” - Município de Getúlio Vargas</p>
 <p>Corpos D'Água</p>		<p>Represa no Rio Uruguai - Usina Hidrelétrica Itá - Município de Aratiba</p>

 <p>Corpos D'Água</p>		<p>Rio - Apuaê - Município de Carlos Gomes</p>
 <p>Agricultura</p>		<p>Culturas Temporárias - <i>Glycine max</i> L. (Soja) e <i>Zea mays</i> (Milho) - Município de Ipiranga do Sul</p>
 <p>Agricultura</p>		<p>Culturas Permanentes - <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil. (Erva-Mate) - Município de Barão de Cotegipe</p>
 <p>Pastagem</p>		<p>Pastagem Artificial - "Potreiros" - Município de Três Arroios</p>
 <p>Silvicultura</p>		<p>Silvicultura - <i>Eucalyptus spp.</i> e <i>Pinus spp.</i> - Município de Erval Grande</p>
 <p>Solo Exposto</p>		<p>Áreas sem cobertura do solo, em preparo e preparado para o cultivo agrícola e em pousio (após o cultivo agrícola) - Município de Jacutinga</p>

 <p>Área Urbanizada</p>		<p>Área Urbanizada - Município de Erechim</p>
 <p>Malha Viária</p>		<p>Rodovia Federal Pavimentada - BR 153 - Município de Erechim</p>

* Fotografias registradas por Rovani, I. L. 2015, 2016 e 2017.

A trajetória espacial da cobertura da terra, configurada como composição da paisagem, está relacionada com mudanças na conversão e substituição de um tipo de cobertura da terra por outro, expressando a atuação das atividades antrópicas na determinação do tipo de uso da terra predominante, ao longo do período de 30 anos. A dinâmica dos valores das áreas das classes de uso (natural, aquático, antrópico agrícola e antrópico não-agrícola), e dos tipos de cobertura da terra (**Tabela 2**), evidenciam uma trajetória relacionada ao aumento da vegetação nativa em uma matriz predominantemente antrópica, com a agricultura e solo exposto como os tipos de cobertura da terra mais representativos (**Figura 14**). Este cenário de mudanças no padrão estrutural da paisagem da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do tempo, foi similar aos, anteriormente, relatados por Decian et al., (2009); Rovani (2015); Rovani et al., (2017), e Prandel (2018).

A Região Norte do Rio Grande do Sul apresentou um aumento de 81.332,85ha (13,75%) na área de vegetação nativa, ao longo de um período de 30 anos (1986 - 2016) (**Tabela 2**). Esta mudança resulta, principalmente, da substituição das áreas agrícolas e posterior recuperação da vegetação nativa. Denota uma característica de regiões em que os fatores socioeconômicos influenciam profundamente as mudanças de cobertura da terra (PIRAN, 2001; MELENDEZ-PASTOR et al., 2014). Este processo tornou-se, particularmente, marcante, a partir de 1990, principalmente, em áreas com maiores declividades ao Norte e a Leste da região (**Figura 14**). Resultados e considerações similares para a Região Norte do Rio Grande do Sul foram anteriormente relatados por Rovani et al., (2016). O aumento de áreas florestais, também foi relatado para regiões com solos de menor aptidão agrícola, e em gradientes acentuados de declividade (NAINGGOLAN et al., 2012).

Tabela 2. Valores das áreas (ha e %) para as classes de uso e tipos de cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), nos anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016.

Classes de Uso da Terra	Tipos de Cobertura da Terra	1986		1991		2001		2011		2016	
		Área (ha)	Área (%)								
Natural	Vegetação Nativa	68.970,05	11,66	92.829,37	15,69	129.758,77	21,93	138.542,50	23,42	150.302,90	25,41
	Subtotal	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
Aquático	Área Úmida	4.506,77	0,76	4.236,02	0,72	3.999,38	0,68	3.897,60	0,65	3.671,67	0,62
	Corpos D'Água	7.543,83	1,28	9.488,40	1,60	14.022,78	2,37	15.738,76	2,67	14.969,55	2,53
	Subtotal	12.050,60	2,04	13.724,42	2,32	18.022,16	3,05	19.636,36	3,32	18.641,22	3,15
Antrópico Agrícola	Agricultura	140.477,44	23,74	236.582,93	39,99	241.497,30	40,82	219.831,90	37,16	190.788,90	32,25
	Pastagem	35.645,64	6,03	44.330,64	7,49	61.431,55	10,38	83.675,90	14,14	80.180,35	13,55
	Silvicultura	10.151,95	1,72	12.726,92	2,15	8.669,50	1,47	8.230,80	1,39	11.056,79	1,87
	Solo Exposto	317.430,97	53,66	183.610,14	31,04	123.879,81	20,94	111.515,30	18,85	129.716,70	21,93
	Subtotal	503.706,00	85,14	477.250,63	80,67	435.478,20	73,61	423.254,00	71,54	411.742,70	69,60
Antrópico Não-Agrícola	Área 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
	Malha 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
	Subtotal	6.883,35	1,16	7.805,58	1,32	8.350,91	1,41	10.177,24	1,72	10.923,23	1,85
Total		591.610,00	100,00								

O aumento (13,75%) na área total de vegetação nativa resultou em um percentual ao redor de 25% da área total da Região Norte do Rio Grande do Sul (**Tabela 2**). Este valor pode ser considerado inferior ao limiar crítico de 30% de áreas naturais, para assegurar o equilíbrio entre a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento de fatores econômicos em uma paisagem biocultural (SANTOS et al., 2015). Além disso, paisagens com cobertura florestal abaixo deste limiar tem apresentado processos de isolamento de habitats, perda de espécies endêmicas, perda da integridade de comunidades, e da integridade filogenética, além da perda das funções ecológicas que apenas espécies especialistas florestais proveem (ANDRÉN, 1994; BANKS-LEITE et al., 2014). Este cenário foi similar ao observado para outras regiões do Brasil como relatado por Scariot et al., (2015); Fushita et al., (2016a), e Romanini et al., (2016).

Independente do valor do limiar crítico considerado, a quantidade de vegetação nativa tem sido considerada um indicador da naturalidade, contribuindo para a manutenção da biodiversidade local e regional (PÉRICO e CEMIM, 2006; PIROVANI et al., 2014). A manutenção do capital natural na forma de vegetação nativa tem possibilitado mais benefícios econômicos, do que aqueles obtidos diretamente da conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agrícolas (DE GROOT, 2013).

O aumento da área de ambientes aquáticos, equivalente a 6.590,62ha, no intervalo de tempo de 30 anos (1986 - 2016), está relacionado, principalmente, a inundação das áreas de alagamento das usinas hidrelétricas de Itá e Foz do Chapecó, ambas no Rio Uruguai, e da usina hidrelétrica do Monjolinho, no Rio Passo Fundo. De modo contrário, foi observada a redução de 835,10ha de áreas úmidas para a Região Norte do Rio Grande do Sul, no intervalo de tempo de 30 anos (1986 - 2016) (**Tabela 2**). As áreas úmidas, incluindo banhados e várzeas, no estado Rio Grande do Sul vêm sendo intensamente modificadas, ao longo do tempo, principalmente, em decorrência da expansão da agricultura (KLAMT et al., 1985). Áreas úmidas compreendem a zona de transição terrestre-aquática, desempenhando importantes funções ecológicas na manutenção e a conservação dos recursos hídricos, vida silvestre, e gestão ambiental (RIO GRANDE DO SUL, 2000; JUNK, et al., 2013; RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Áreas com usos antrópicos agrícolas (agricultura, solo exposto, pastagem e silvicultura) correspondem aos maiores percentuais de áreas de uso e cobertura da terra para a Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo dos últimos 30 anos (1986 – 2016). Embora tenha sido evidenciada a redução na área total do uso antrópico agrícola (137.402,85ha / 23,23%), de aproximadamente 85% a 70%, no período de 1986 a 2016, respectivamente, a matriz da paisagem continua sendo predominantemente agrícola (**Tabela 2**). A trajetória e a expansão da agricultura estão relacionadas ao contexto histórico do processo de colonização e ocupação regional, tornando-se vetores diretos das mudanças na Região Norte do Rio Grande do Sul. A pressão agropecuária na região ainda pode ser considerada intensa, resultando em uma paisagem fortemente alterada.

A intensificação da mecanização agrícola na região Sul do Brasil, a partir de 1980, tem sido apontada como o principal fator de pressão na redução das áreas agrícolas, com a consequente recuperação de áreas naturais (BENETTI, 2010; CASÃO JÚNIOR et al., 2012; PIRAN, 2015). Concomitantemente, acompanhado de um aumento na produtividade agrícola por unidade de área, uma vez que a mecanização complementa e subsidia o conjunto tecnológico agrícola (FEE, 2018; IBGE, 2018).

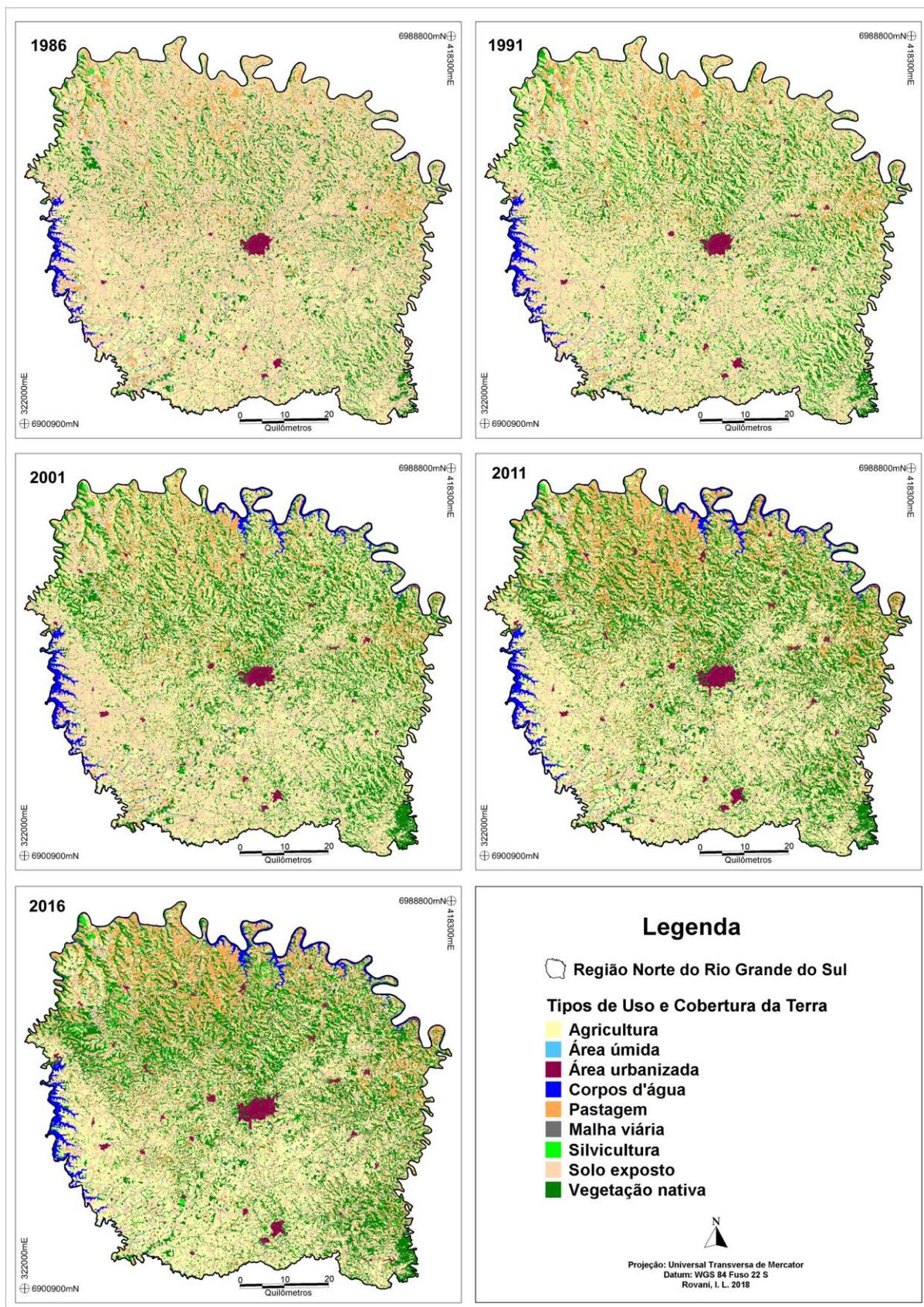


Figura 14. Representação espacial dos tipos de uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS) evidenciando uma trajetória em que a matriz predominantemente antrópica (agricultura e solo exposto) vem sendo substituída pela vegetação nativa, ao longo do período de 30 anos (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016).

O aumento em áreas de pastagens 44.534,71ha (7,52%), entre os anos de 1986 a 2016 (**Tabela 2**), pode estar relacionado ao processo de substituição de áreas com cultivos agrícolas anuais (soja, milho e trigo). Este processo tem sido observado, particularmente, nos municípios com tecnologia de produção associada à monocultura, com certas restrições à aplicação de seu máximo potencial produtivo, devido, principalmente, às acentuadas declividades e a extensão da área dos imóveis rurais (minifúndios). Este cenário, está ilustrado na **Figura 15**, que evidencia uma extensa área de pastagem utilizada na pecuária extensiva de animais de diferentes portes. Outra característica marcante nas áreas de pastagem da região é a presença de exemplares de vegetação nativa isolados e pequenos fragmentos, inseridos na matriz pecuária (**Figura 15**).

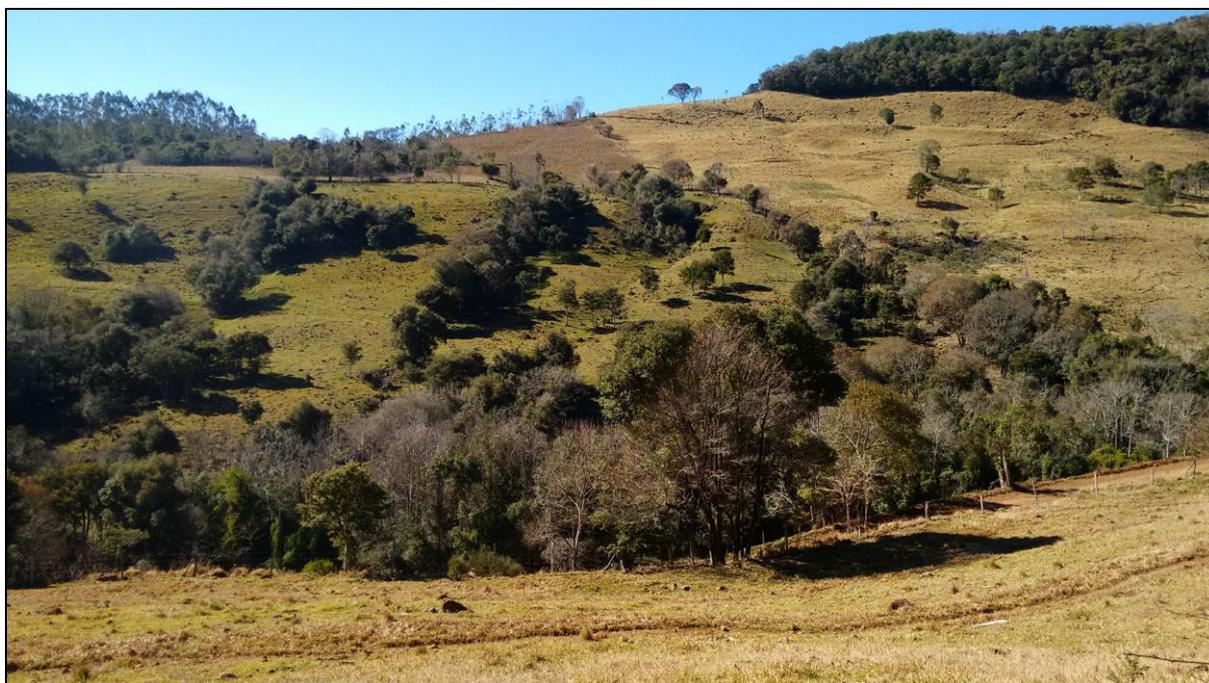


Figura 15. Área de pastagem “potreiro” com presença de vegetação nativa no município de Barra do Rio Azul, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2017.

Ao longo do tempo, caso estas áreas de pastagem não apresentarem atividades de manejo agropecuário (manutenção e manejo de atividades pecuárias, práticas adequadas em relação ao uso e cobertura da terra, controle de ervas daninhas, prevenção à invasão de espécies exóticas e estabelecimento de espécies nativas pioneiras), poderá ocorrer o processo natural de recuperação da vegetação nativa nestas áreas.

A substituição de áreas agrícolas também pode ser resultado da introdução de novas técnicas de produção e manejo que impulsionaram a mecanização agrícola associada à monocultura, plantio direto, intensificação do uso de insumos químicos, seleção e

melhoramento genético de sementes (BENETTI, 2010; CASÃO JÚNIOR et al., 2012). Este cenário é corroborado pelos dados disponíveis em FEE (2018) e IBGE (2018). Este processo é visto como um dos principais fatores da redução do desmatamento florestal e da recuperação da vegetação nativa (GRAU et al., 2003; PARSONS, 2014).

Estudo desenvolvido por Barretto et al., (2013) avaliou espacialmente as transições de uso e cobertura da terra, destacando que a intensificação agrícola tem reduzido a área utilizada para produção agrícola no Brasil, entre 1960 e 2006. Relataram ainda que em áreas agronomicamente consolidadas, principalmente, no Sudeste do e Sul do Brasil, em que está situada a área de estudo, a intensificação do uso da terra coincidiu com a redução de áreas de terras cultiváveis e pastagens. Os autores também relataram que as melhorias tecnológicas criaram incentivos para expansão de áreas de fronteira agrícola, influenciando na extensão da área manejada nas propriedades agrícolas.

As transições de uso e cobertura da terra têm revelado uma expansão e um movimento gradual da fronteira agrícola em direção ao interior (Centro-Oeste do Cerrado) do Brasil, a partir de 1960, bem como, a possível iniciação de uma tendência inversa, em consonância com a teoria da transição florestal; ou seja, a contração agrícola e florestas recorrentes em áreas marginalmente adequadas no Sudeste do Brasil, principalmente, para o bioma Mata Atlântica (BARRETTO et al., 2013).

Em terras agricultáveis da região Centro-Sul do país, mas, sobretudo no estado de São Paulo, desde a década de 1950, tem ocorrido o processo de expansão e aumento da produção canavieira, cuja intensificação e ampliação parecem resultantes do aquecimento do mercado interno, e ao desenvolvimento de novas técnicas de manejo agrícola, que proporcionaram maior produtividade, rentabilidade econômica e ganhos ambientais (RONQUIM e FONSECA, 2018). Estes autores também destacaram que, entre os anos de 1988 e 2016, as principais mudanças de uso e cobertura da terra verificadas em 125 municípios localizados na região nordeste do estado de São Paulo, devem-se ao aumento das áreas destinadas aos canaviais sobre as pastagens, culturas anuais (principalmente grãos), frutas cítricas, e a recuperação das áreas de vegetação nativa. As florestas nativas nesta região aumentaram, principalmente, nos municípios assentados em relevo mais declivoso. Nessas condições de declividade, áreas que apresentam menor aptidão à agricultura mecanizada, acabam sendo abandonadas ou pouco manejadas, e a vegetação florestal nativa recuperada.

A tendência da substituição das áreas agrícolas e posterior ocupação pela vegetação nativa, também se apresenta como uma característica para a Região Norte do Rio Grande do Sul (**Figura 16**). Este processo tornou-se marcante, a partir de 1990, principalmente em áreas

localizadas a norte e a leste da área de estudo, assentada em relevo mais declivoso. Embora tenha sido identificado um aumento da área de vegetação nativa, no período de 30 anos, a mesma encontra-se bastante devastada, principalmente no sul da Região, em decorrência da ocupação humana e da implantação da agricultura moderna; enquanto que ao norte da região, o êxodo rural, o relevo declivoso, e as restrições legais à utilização dos solos vêm contribuindo com o processo de recuperação da cobertura vegetal (PIRAN, 2015).



Figura 16. Processo de substituição da área agrícola (destaque) e posterior recuperação da vegetação nativa no município de Barão de Cotegipe, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2017.

A área total de usos antrópicos não-agrícolas (área urbanizada e malha viária) para a Região Norte do Rio Grande do Sul apresentou uma expansão de 4.039,88ha (**Tabela 2**), ao longo do período de 30 anos (1986-2016). Este aumento resultou, provavelmente, do processo de urbanização regional, bem como, do êxodo da população rural para os centros urbanos. Estes resultados são corroborados pelo aumento da população urbana e redução da população rural dos municípios da Região Norte do Rio Grande do Sul (IBGE, 1980; 1991; 2000; 2010 e 2017).

A área de malha viária da região (3.404,17ha), não apresentou alteração nos valores de área de cobertura, entre os anos de 1986 a 2016 (**Tabela 2**). Este valor resultou do mapeamento metodológico utilizado para a identificação e quantificação dos usos e cobertura da terra, no qual foram rasterizadas, somente, as principais estradas da região e maiores em largura (entre 3 e 10 metros de largura), em função da resolução das imagens Landsat (30m) não ser compatível com a largura média da maior parte das estradas da região.

5.4 Matriz de Transição do Uso e Cobertura da Terra

Ao longo do período de 30 anos (1986 - 2016), aproximadamente, entre 80 a 90% da área total da Região Norte do Rio Grande do Sul permaneceu inalterada com relação aos diversos tipos de usos e coberturas da terra (**Tabela 3**). Em todos os intervalos do período de estudo (fluxogramas da transição) a principal alteração foi relacionada à mudança de áreas antrópicas agrícolas para as áreas naturais (vegetação nativa) (**Figura 17**).

Os maiores valores de transição foram relacionados à mudança de áreas dos usos antrópico agrícola para o uso natural, que totalizou 7,15% no período entre 1986 a 1991, influenciando a recuperação da vegetação nativa da área de estudo. A segunda maior alteração foi relacionada com a transição de áreas naturais para antrópicas agrícolas, totalizando 3,13% da área de estudo (**Figura 17**).

No período entre 1991 e 2001, os principais valores de transição foram relacionados com a mudança de área antrópica agrícola para vegetação nativa, totalizando 9,72%, seguida da mudança de vegetação nativa para uso antrópico agrícola 3,39%. Neste período, a transição de uso antrópico agrícola para ambientes aquático totalizou 0,79% da Região Norte do Rio Grande do Sul (**Figura 17**). Este percentual está, principalmente, relacionado à instalação da Usina Hidrelétrica Itá, no Rio Uruguai, com início de operação em 1996, e inauguração em 2000 (CONSÓRCIO ITÁ, 2017).

Tabela 3. Matriz de transição dos usos e cobertura da terra e respectivos valores de áreas (ha e %) para a Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), no período entre 1986 a 2016.

Escala de Transição	1986 - 1991		1991 - 2001		2001 - 2011		2011 - 2016		1986 - 2016	
	Área (ha)	Área (%)								
Alterado para Antrópico Agrícola e Não-agrícola	20.182,90	3,41	22.454,81	3,80	38.797,63	6,56	32.119,54	5,43	17.558,67	2,97
Inalterado	526.769,76	89,04	506.050,53	85,54	505.338,62	85,42	515.737,94	87,18	471.853,83	79,76
Alterado para Natural e Aquático	44.657,34	7,55	63.104,66	10,67	47.473,75	8,02	43.752,52	7,40	102.197,50	17,27
Total	591610,00	100,00								

Entre o período de 2001 a 2011 os maiores valores de transição foram relacionados às conversões de 7,64% de áreas antrópicas agrícolas para natural, e de 6,08% de áreas naturais para antrópicas agrícola. Este cenário, durante este período, evidencia um aparente equilíbrio entre ganho e perda de naturalidade. Destaca-se ainda a transição de 0,32% de áreas

antrópicas agrícolas para antrópicas não-agrícolas resultante do processo de urbanização regional (**Figura 17**).

No período de 2011 a 2016 foram observadas para a Região Norte do Rio Grande do Sul a recuperação de áreas naturais (7,06%), em função da transição de áreas antrópicas agrícolas para naturais e a perda de áreas naturais (5,04%) para usos antrópicos agrícolas (**Figura 17**).

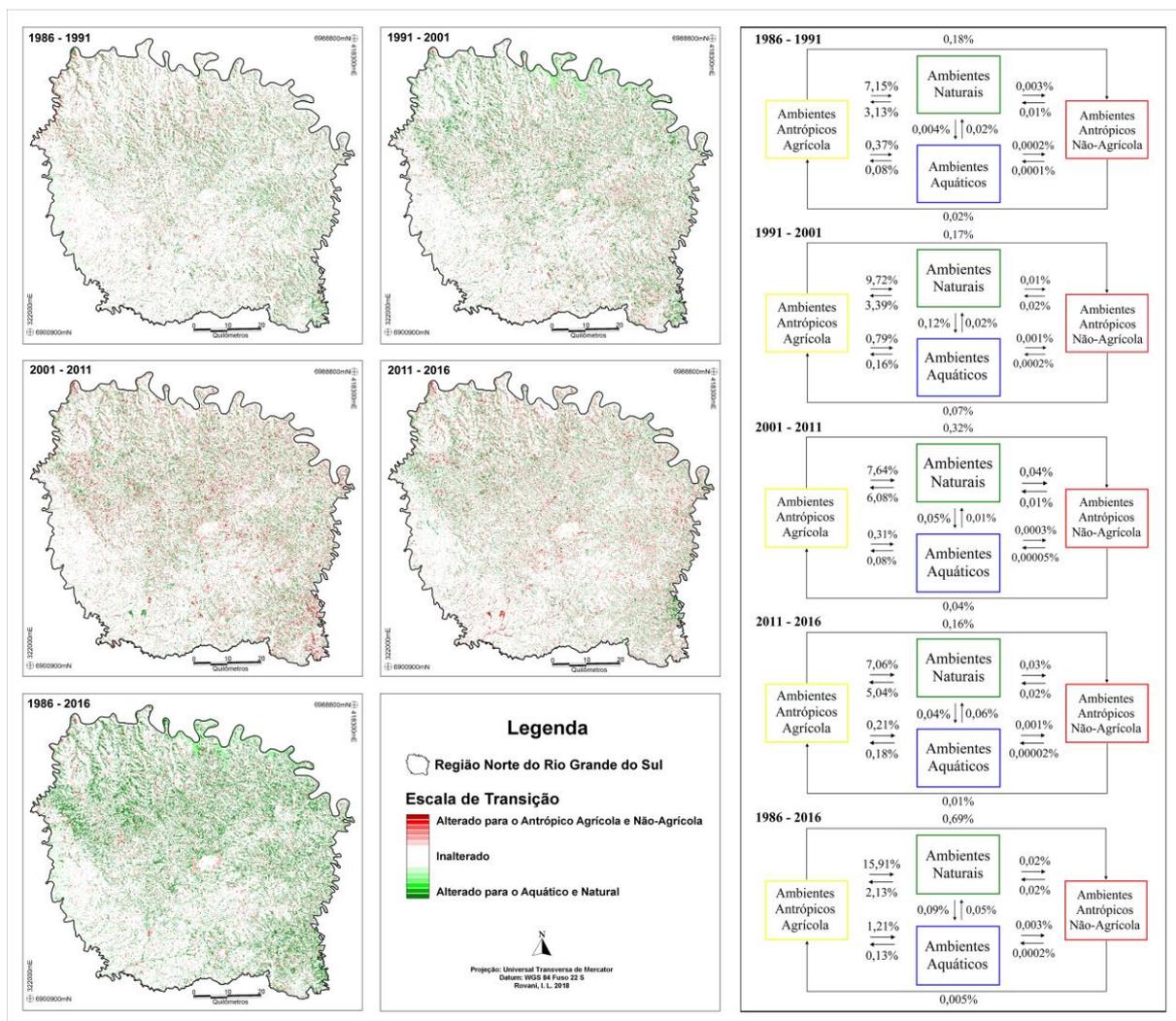


Figura 17. Representação espacial da matriz de transição dos usos e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), entre os períodos de 1986-1991, 1991-2001, 2001-2011, 2011-2016 e 1986-2016. Em destaque os fluxogramas da transição com os valores percentuais de mudanças dos usos e cobertura da terra para cada intervalo de tempo.

No período de 30 anos (1986 a 2016), a Região Norte do Rio Grande do Sul permaneceu inalterada em, aproximadamente, 80% de sua área total, com relação aos múltiplos usos e cobertura da terra. Este cenário evidenciou a predominância do uso antrópico agrícola, ao longo do período de 30 anos. A transição de áreas antrópicas agrícolas para

naturais foi a mais marcante, totalizando 15,91%, em contrapartida a conversão de áreas naturais em antrópicas agrícolas (2,13%) (**Figura 17**). Este cenário de transição é fundamental à manutenção e reposição da quantidade do estoque de capital natural. Estas áreas de recuperação natural estão distribuídas em toda a Região Norte do Rio Grande do Sul, porém com maior intensidade ao norte e a leste da Região (**Figura 18**). A transição de áreas antrópicas agrícolas para áreas naturais, ao longo do período de trinta anos (1986-2016), pode também ter sido influenciada pela intensificação da mecanização agrícola, êxodo rural, legislação ambiental, implementação de programas agrícolas e ambientais, bem como, à manutenção, incremento e manejo regional das áreas de vegetação nativa.

Durante o período de 1986 a 2016, destacaram-se ainda a transição de 1,21% de áreas antrópicas agrícolas para ambientes aquáticos, bem como, a conversão de 0,69% de áreas antrópicas agrícolas para antrópicas não-agrícola (**Figura 17**), decorrente da expansão do processo de urbanização (**Tabela 2**).

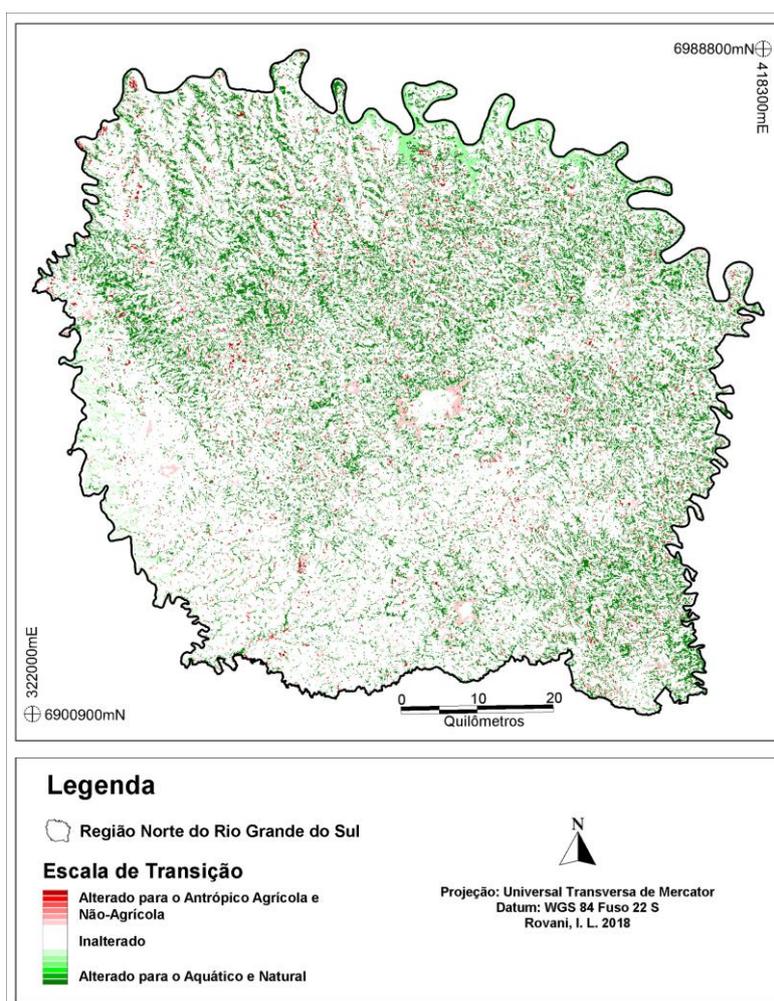


Figura 18. Representação espacial da transição com relação às alterações dos usos e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986-2016), com destaque para a continuidade de uma matriz, predominantemente, agrícola, em contrapartida ao aumento da vegetação nativa, particularmente, ao norte e a leste da região.

5.5 Aspectos Socioeconômicos da Região Norte do Rio Grande do Sul

A trajetória e expansão da agropecuária na Região Norte do Rio Grande do Sul integram a história da colonização e ocupação regional, atuando como um fator direto de pressão das mudanças do componente vegetação nativa da área de estudo, ao longo do tempo. Este histórico de uso e ocupação da terra tem início no século passado. Até a década de 1940 predominou a agropecuária tradicional, caracterizada pela produção de subsistência. Pós Segunda Guerra, ou seja, a partir dos anos de 1970, desenvolveu-se a agropecuária na forma policultora, com forte predomínio de produtos agrícolas (feijão, trigo, milho e soja) e atividades pecuárias (aves, suínos e gado leiteiro), com a redução da diversidade de produtos de subsistência (PIRAN, 2015).

A agricultura moderna dos anos 80, do século passado, aos dias atuais, expandiu progressivamente com a implementação da agricultura de precisão, introdução de tecnologias computadorizadas, insumos agrícolas e a transgenia (PIRAN, 2015). Atualmente, a área de estudo está caracterizada por uma matriz predominantemente agrícola, representada, em maior escala, pela agricultura intensiva, desenvolvida em propriedades rurais de médio e grande porte (porção sul), e em menor escala pela agricultura familiar (porção norte), bem como, na produção de leite, animais de pequeno porte (aves e suínos), e na produção de frutas (IBGE, 2006; FEE, 2018; IBGE, 2018). No entanto, a análise do uso e cobertura da terra da área de estudo, entre os anos de 1986 e 2016, mostrou uma redução de 15,54% nos usos agrícolas, e um incremento de 13,75% nas áreas de vegetação nativa.

No estado do Rio Grande do Sul, até a década de 1990, apresentou uma expansão das lavouras agrícolas, com a incorporação de diferentes formas de áreas para o cultivo agrícola (BENETTI, 2010; PIRAN, 2015). Porém, deste período (1990) até o atual, no estado do Rio Grande do Sul, incluindo a área de estudo, a efetivação e intensificação da mecanização agrícola e do sistema de plantio direto, influenciaram na redução das áreas agrícolas plantadas e no aumento na quantidade produzida (BENETTI, 2010; CASÃO JÚNIOR et al., 2012; PIRAN, 2015; FEE, 2018; IBGE 2018).

Durante o período de estudo, a região apresentou redução das áreas dos principais cultivos agrícola temporários (**Tabela 4**), simultaneamente, associado ao aumento da produtividade de cultivos agrícolas temporários (**Tabela 5**).

Tabela 4. Área plantada/cultivada (ha) dos principais cultivos temporários da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade ao período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016) e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Culturas Temporárias	1991		2001		2011		2015/2016	
	Área (ha)	Área (%)						
Alho	105	0,03	58	0,02	57	0,02	41	0,02
Amendoim	408	0,10	223	0,07	289	0,10	213	0,08
Arroz	2.601	0,66	678	0,22	145	0,05	21	0,01
Aveia	4.160	1,06	2.024	0,65	3.558	1,28	3.624	1,33
Batata Doce	861	0,22	183	0,06	243	0,09	290	0,11
Batata Inglesa	978	0,25	459	0,15	480	0,17	255	0,09
Cana de Açúcar	1.464	0,37	1.455	0,47	2.480	0,89	1.359	0,50
Cebola	423	0,11	241	0,08	348	0,12	249	0,09
Centeio	0	0,00	216	0,07	36	0,01	150	0,05
Cevada	2.945	0,75	12.602	4,04	3.705	1,33	5.684	2,08
Feijão	27.525	6,99	13.601	4,36	5.919	2,13	1.874	0,69
Fumo	527	0,13	465	0,15	2092	0,75	1.075	0,39
Mandioca	2.382	0,60	1.883	0,60	1.657	0,59	1.342	0,49
Melancia	168	0,04	170	0,05	258	0,09	275	0,10
Melão	99	0,03	102	0,03	134	0,05	118	0,04
Milho	162.950	41,38	144.684	46,38	63.190	22,69	45.390	16,62
Soja	157.100	39,89	106.671	34,19	165.305	59,35	182.430	66,82
Sorgo	54	0,01	100	0,03	0	0,00	155	0,06
Tomate	79	0,02	77	0,02	90	0,03	74	0,03
Trigo	29.510	7,49	26.340	8,44	28.870	10,37	28.668	10,50
Total	393.826	100,00	311.951	100,00	278.510	100,00	273.033	100,00

Tabela 5. Quantidade produzida (t) dos principais cultivos temporários da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016) e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Culturas Temporárias	1991		2001		2011		2015/2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
Alho	300	0,08	176	0,02	210	0,02	138	0,01
Amendoim	323	0,09	359	0,03	548	0,04	349	0,03
Arroz	469	0,13	1.160	0,10	336	0,03	56	0,00
Aveia	4.332	1,20	3.560	0,31	9.894	0,78	10.077	0,88
Batata Doce	9.992	2,76	1.688	0,15	3.561	0,28	4.603	0,40
Batata Inglesa	3.693	1,02	2.107	0,18	3.993	0,32	2.268	0,20
Cana de Açúcar	38.579	10,64	58.980	5,13	131.460	10,39	71.045	6,20
Cebola	1.763	0,49	1.454	0,13	4.362	0,34	2.867	0,25
Centeio	0	0,00	381	0,03	102	0,01	630	0,05
Cevada	1.876	0,52	26.827	2,33	11.461	0,91	19.889	1,74
Feijão	15.158	4,18	14.394	1,25	9.579	0,76	3.198	0,28
Fumo	654	0,18	810	0,07	3.696	0,29	1.804	0,16
Mandioca	27.547	7,60	31.078	2,70	31.388	2,48	28.404	2,48
Melancia	376	0,10	2.894	0,25	5.332	0,42	5.791	0,51
Melão	228	0,06	456	0,04	1.084	0,09	819	0,07
Milho	128.856	35,55	668.342	58,09	427.135	33,76	363.917	31,77
Soja	85.259	23,52	280.170	24,35	526.865	41,64	599.591	52,34
Sorgo	19	0,01	480	0,04	0	0,00	0	0,00
Tomate	681	0,19	1.050	0,09	1.814	0,14	1.926	0,17
Trigo	42.960	11,85	54.610	4,75	93.110	7,36	28.685	2,50
Total	362.442	100,00	1.150.441	100,00	1.265.172	100,00	1.145.570	100,00

Os cultivos temporários de milho e feijão foram os que mais contribuíram para esta redução, enquanto que as áreas de soja apresentaram um incremento de área plantada. Esta condição deve-se ao forte incentivo e financiamento de insumos para esta monocultura de

commodities, alta produtividade por área plantada, e valor pago por este produto. A intensificação agrícola (agricultura tecnificada) no Brasil reduziu a área utilizada para produção agrícola e as melhorias tecnológicas criaram incentivos para expansão em áreas de fronteira agrícola (BARRETTO et al., 2013; RONQUIM e FONSECA, 2018).

Por sua vez, os cultivos permanentes apresentaram aumento de área produzida e produtividade, durante o período deste estudo (**Tabela 6** e **Tabela 7**). Este aumento resultou, principalmente, do incremento em área plantada para os cultivos de citros e erva-mate. O incremento em área produzida foi favorecido pela implementação de programas de incentivos agrícolas, que contribuíram com o desenvolvimento da agricultura familiar (principalmente em municípios com relevo mais acentuado), e maior rentabilidade para os produtores. Este cenário, também foi identificado por Benetti (2010) no Estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1985 e 2008.

Durante o período deste estudo (1986 e 2016), foi destaque o aumento regional no cultivo e produção da erva-mate e laranja, representando os cultivos agrícola permanente predominantes na região. O predomínio e aumento de áreas cultivadas e produtividade de erva-mate na região, deve-se ao fortalecimento da cadeia produtora de erva-mate, incentivos agrícolas, número significativo de indústrias ervateiras e comercialização, bem como, a valorização e manutenção da cultura, costumes e tradições gaúchas.

Tabela 6. Área destinada à colheita (ha) dos principais cultivos permanentes da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Culturas Permanentes	1991		2001		2011		2016	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Abacate	47	1,05	27	0,26	23	0,23	1	0,01
Banana	0	0,00	11	0,11	23	0,23	10	0,10
Caqui	42	0,94	79	0,77	99	0,98	92	0,93
Erva-Mate	1.621	36,19	6.846	66,86	5.084	50,16	5.287	53,44
Figo	85	1,90	132	1,29	90	0,89	71	0,72
Laranja	648	14,47	1.459	14,25	2.736	26,99	2.710	27,39
Limão	47	1,05	36	0,35	37	0,37	5	0,05
Maça	52	1,16	4	0,04	7	0,07	12	0,12
Manga	17	0,38	8	0,08	7	0,07	0	0,00
Marmelo	20	0,45	6	0,06	0	0,00	0	0,00
Noz	76	1,70	19	0,19	32	0,32	19	0,19
Pêra	65	1,45	42	0,41	28	0,28	3	0,03
Pêssego	164	3,66	347	3,39	250	2,47	203	2,05
Tangerina	414	9,24	445	4,35	651	6,42	562	5,68
Uva	1.181	26,37	779	7,61	1.069	10,55	919	9,29
Total	4.479	100,00	10.240	100,00	10.136	100,00	9.894	100,00

Tabela 7. Quantidade produzida (t) dos principais cultivos permanentes da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Culturas	1991		2001		2011		2016	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
Permanentes								
Abacate	373	0,70	318	0,47	421	0,36	12	0,01
Banana	0	0,00	11	0,02	23	0,02	10	0,01
Caqui	377	0,70	755	1,12	939	0,81	284	0,21
Erva-Mate	30.624	57,14	38.527	57,38	38.262	33,03	44.641	33,09
Figo	523	0,98	712	1,06	532	0,46	310	0,23
Laranja	6.545	12,21	13.344	19,87	52.923	45,68	74.742	55,40
Limão	346	0,65	202	0,30	311	0,27	45	0,03
Maça	518	0,97	13	0,02	66	0,06	135	0,10
Manga	143	0,27	70	0,10	55	0,05	0	0,00
Marmelo	112	0,21	54	0,08	0	0,00	0	0,00
Noz	346	0,65	30	0,04	109	0,09	45	0,03
Pêra	632	1,18	470	0,70	281	0,24	40	0,03
Pêssego	897	1,67	2.444	3,64	2.184	1,89	1.123	0,83
Tangerina	1.325	2,47	2.816	4,19	6.887	5,94	8.351	6,19
Uva	10.834	20,21	7.383	10,99	12.857	11,10	5.183	3,84
Total	53.595	100,00	67.149	100,00	115.850	100,00	134.921	100,00

Deve ser destacado que os principais cultivos agrícolas (temporários e permanentes) da Região Norte do Rio Grande do Sul incluem a soja, milho, trigo, feijão, cevada, aveia, citros, uva e erva-mate (**Tabelas 4 e 6**).

A silvicultura também apresenta-se como uma atividade de destaque na Região Norte do Rio Grande do Sul, sendo os cultivos de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. os mais representativos. Entre 1986 e 2016, verificou-se um aumento no cultivo e na produção da silvicultura (**Tabela 8**), acompanhado de uma redução na extração vegetal (**Tabela 9**).

Tabela 8. Quantidade produzida (m³) referente à silvicultura da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Tipo de Silvicultura	1996		2001		2011		2015	
	m ³	%						
Lenha	102.655	92,67	92.527	88,90	261.639	91,35	201.014	85,77
Madeira (Tora)	8.120	7,33	11.557	11,10	24.768	8,65	33.344	14,23
Total	110.775	100,00	104.084	100,00	286.407	100,00	234.358	100,00

Tabela 9. Quantidade produzida (m³) referente à extração vegetal da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Tipo de Extração Vegetal	1996		2001		2011		2015	
	m ³	%						
Lenha	428.318	97,45	330.566	97,87	56.616	98,26	1.600	19,91
Madeira (Tora)	11.222	2,55	7.192	2,13	1.001	1,74	6.438	80,09
Total	439.540	100,00	337.758	100,00	57.617	100,00	8.038	100,00

Este cenário socioeconômico corrobora com resultados da dinâmica de usos e cobertura da terra identificados neste estudo, evidenciando a redução no desmatamento e um aumento das áreas de vegetação nativa. Segundo Barretto et al., (2013), a redução significativa do desmatamento ocorrida nos últimos anos no Brasil, apesar do aumento dos preços das commodities alimentícias, indica que as políticas públicas implementadas podem ser eficazes para conter a conversão da vegetação nativa em terras agrícolas. No Brasil, a tendência é que a extensão de florestas nativas aumente impulsionada, principalmente, para o cumprimento do Cadastro Ambiental Rural (CAR), um dos instrumentos mais relevantes do Código Florestal, Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (RONQUIM e FONSECA, 2018).

Com relação à pecuária regional podem ser destacadas as criações de aves, suínos e bovinos (IBGE, 2006; FEE, 2018; IBGE, 2018). Entre os anos de 1986 e 2016, foi observado um aumento de 8.779.116 cabeças de animais no rebanho pecuário (**Tabela 10**). Os dados relacionados à produção de origem animal mostram um aumento da quantidade regional de leite produzido (**Tabela 11**). Entre 1991 a 2016, o aumento de 9.209 cabeças de bovinos, 6.828 cabeças de ovinos, e o aumento na produção de leite, justificaram o incremento das áreas de pastagem, conforme identificado nos resultados da dinâmica de usos e cobertura da terra deste estudo.

Tabela 10. Pecuária referente ao efetivo dos rebanhos (n.º de cabeças) da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Tipo de Rebanho	1991		2001		2011		2015	
	N.º Cabeças	%	N.º Cabeças	%	N.º Cabeças	%	N.º Cabeças	%
Asininos	22	0,00	29	0,00	0	0,00	0	0,00
Aves	2.908.000	84,21	5.659.832	89,56	8.039.593	91,01	11.034.333	90,21
Bubalinos	511	0,01	85	0,00	144	0,00	63	0,00
Bovinos	256.405	7,43	260.244	4,12	268.889	3,04	265.614	2,17
Caprinos	3.865	0,11	1.581	0,03	1.890	0,02	1.894	0,02
Codornas	0	0,00	4.735	0,07	4.244	0,05	15.799	0,13
Coelhos	7.945	0,23	8.527	0,13	2.082	0,02	0	0,00
Equinos	7.740	0,22	3.155	0,05	2.462	0,03	3.553	0,03
Muare	1.272	0,04	241	0,00	8	0,00	0	0,00
Ovinos	10.150	0,29	6.438	0,10	10.062	0,11	16.978	0,14
Suínos	257.171	7,45	374.408	5,92	504.455	5,71	893.963	7,31
Total	3.453.081	100,00	6.319.275	100,00	8.833.829	100,00	12.232.197	100,00

Tabela 11. Pecuária referente à produção de origem animal da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Os anos foram selecionados com base na proximidade do período de tempo deste estudo (1986, 1991, 2001, 2011 e 2016), e da disponibilidade dos dados. Fonte: FEE (2018) e IBGE (2018).

Produção de Origem	1991		2001		2014	
	Litros	%	Litros	%	Litros	%
Animal						
Leite	77.235	100,00	97.141	100,00	277.434	100,00
Total	77.235	100,00	97.141	100,00	277.434	100,00

A redução das áreas agrícolas temporárias e extração vegetal, aumento das áreas dos cultivos permanentes, aumento da produção dos cultivos temporários e permanentes, aumento da pecuária, e a recuperação de áreas naturais resultaram, em parte, das influências dos programas de incentivo agrícola no âmbito regional, alguns dos quais descritos a seguir.

A expansão agrícola que ocorreu no estado do Rio Grande do Sul pode ter sido influenciada pelo Programa de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS). As várzeas se caracterizam por baixadas de solos hidromórficos e aluviais, geralmente, à margem de cursos d'água, terrenos planos com alta fertilidade, temporariamente inundados ou não. Em geral, constituem um lençol freático elevado, necessitam de uma adequada drenagem e posterior sistematização para permitir um aproveitamento agropecuário racional (BRASIL, 1982).

O programa Provárzeas Nacional foi oficializado pelo Decreto n.º 86.146, de 23 de junho de 1981, mantendo-se vigente até 1988 (BRASIL, 1983a; BRASIL, 1983b). O programa teve como finalidade promover o aproveitamento racional e gradativo de áreas de várzeas nacionais, em nível de propriedade rural. Tinha foco ainda na utilização econômica das várzeas, em todos os estados brasileiros, por meio do saneamento agrícola, drenagem, e irrigação, para obter maior produtividade agrícola, além da continuidade do processo de modernização agrícola (BRASIL, 1981; BRASIL, 1982).

Juntamente com o PROVÁRZEAS, foi criado o Programa de Financiamento e Equipamentos de Irrigação (PROFIR), Decreto n.º 86.912 de 10 de fevereiro de 1982. Estes programas possibilitaram a implantação de um milhão de hectares de várzeas drenadas e ou sistematizadas, beneficiando 40 mil produtores, e criando em torno de 150 mil empregos diretos no período de sua vigência (1981 a 1988). Como resultado, ocorreu o crescimento da área irrigada de quase 70%, durante os anos 80 do século passado (ESPIRITO SANTO, 2001).

Os recursos para a execução do Provárzeas foram destinados aos financiamentos para investimentos diretos pelo agricultor em sua várzea, custeando despesas como a preparação da área, pagamento de aluguel em horas-máquinas, pelo trabalho de drenagem e sistematização

necessária à exploração da terra, bem como, de recursos orçamentários para atendimento da preparação de técnicos em projetos de implantação de várzeas, recursos para as prefeituras e empresas, visando à aquisição de máquinas, e equipamentos necessários à drenagem e sistematização do uso das várzeas (BRASIL, 1982).

No estado do Rio Grande do Sul as várzeas estão associadas às áreas úmidas, também denominadas de “banhados”, com características físicas, químicas e ambientais peculiares, conforme descritas em RINGUELET, 1962; MITSCH e GOSSELINK, 1986; SCOTT e CARBONELL, 1986; JUNK, 1993; RAMSAR, 1993; RIO GRANDE DO SUL, 2000; JUNK, et al., 2013; RIO GRANDE DO SUL, 2015. Devido a importância e quantidade das áreas úmidas (banhados) no estado do Rio Grande do Sul, pode ser considerado que a implantação do programa Provárzeas Nacional, proporcionou grandes alterações no modelo de cultivo agrícola e proteção ambiental, modificando hábitos técnicos, sociais, econômicos, e ambientais de centenas de famílias no contexto estadual e regional.

Em escala nacional foram criados o Plano de Integração Nacional (PIN) pelo (Decreto-Lei n.º 1.106 de 16 de junho de 1970), que incentivou a ocupação das regiões Norte e Nordeste do Brasil, e o Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e do Nordeste (PROTERRA), Decreto-Lei n.º 1.179 de 6 de julho de 1971, que incentivou agricultores de outras regiões, principalmente da região Sul do país, a migrarem para as regiões Norte e Nordeste, onde a agricultura ainda não era amplamente desenvolvida (BENETTI, 1982; BENETTI, 2010). Esta migração provocou o abandono de muitas propriedades rurais no estado do Rio Grande do Sul, além da redução de áreas agrícolas, e a recuperação de florestas nativas, principalmente, em propriedades inseridas em relevo declivoso.

O Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo (1979), o Projeto Saraquá (1980), e o Programa de Microbacias Hidrográficas (1984), foram adotados pelo estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de reverter o processo de degradação dos recursos naturais. Estes projetos utilizaram um conjunto de práticas para eliminar as queimadas de resíduos de trigo, redução na frequência e intensidade do preparo do solo, cultivo mínimo, plantio direto, e o uso de novas tecnologias de mecanização agrícola (CASÃO JÚNIOR et al., 2012), contribuindo para a conservação dos recursos naturais regionais.

Em 1985, foi efetivado o programa de reestruturação das cadeias produtivas por pequenos agricultores que permaneceram na Região Norte do Rio Grande do Sul. Estes agricultores substituíram parte da atividade agrícola, principalmente de grãos, pela produção de animais, leite, frutas e fumo, em pequena escala. Este procedimento resultou em mudanças

no perfil de produção das pequenas propriedades, ocasionando a redução das áreas de produção agrícola intensiva e a recuperação de áreas com vegetação nativa (BENETTI, 2010). Na década de 80 do século passado, foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), (Decreto n.º 1.946 de 28 de junho de 1996), que fortaleceu ainda mais a reestruturação da cadeia produtiva das pequenas propriedades rurais (agricultura familiar).

A partir de 1990, foram criados os Programas Pró-Produtividade Agrícola (PPPA), Lei n.º 9.675 de 1992, e a Política Agrícola do Rio Grande do Sul, Lei n.º 9.861 de 20 de abril de 1993, que subsidiaram projetos do setor agropecuário visando o aumento e a modernização da produção primária no Rio Grande do Sul. No cenário nacional foram criados programas relacionados com a abertura do mercado brasileiro, o Plano de Estabilização e as Políticas Macroeconômicas, que permitiram a instalação de empresas multinacionais criadoras e produtoras de sementes geneticamente modificadas, que resultaram no incremento da produtividade de grãos.

A introdução de novas técnicas de produção e manejo dos solos (mecanização agrícola, plantio direto, rotação de culturas, maior racionalização no uso dos solos, uso de insumos químicos, seleção e melhoramento genético de sementes), que influenciaram a composição espacial da paisagem (BENETTI, 2010; CASÃO JÚNIOR et al., 2012). A principal delas, o plantio direto, teve início em 1972, com a consolidação somente a partir de 1992. Atualmente, esta prática agrícola é considerada amplamente desenvolvida, como uma técnica de manejo conservacionista do solo, na forma de uma alternativa para diminuir as emissões de CO₂, aumentar os estoques de carbono, matéria orgânica, umidade, atividade biológica, e a qualidade do solo (CASÃO JÚNIOR, et al., 2008).

Deve-se ressaltar que, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016), a área de estudo, esteve e continua submetida à vigência de legislação ambiental relacionada à preservação, conservação e manejo dos recursos naturais, como o Código Florestal (Lei n.º 4.771 de 15 de setembro de 1965), a Lei de Crimes Ambientais (Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998), a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), denominada como o Novo Código Florestal (Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012), e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) (Decreto n.º 7.830 de 17 de outubro de 2012), vinculado ao Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA). Estas leis trouxeram diversos regramentos de ordenação e uso da cobertura florestal, influenciando, indiretamente, a configuração espacial e temporal, do componente vegetação nativa da área de estudo, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016).

5.6 Condição Quantitativa da Vegetação Nativa

De modo geral, as paisagens bioculturais estão caracterizadas pela presença de áreas naturais, que ao longo do tempo, vêm sendo substituídas, predominantemente, por áreas agrícolas e urbanas, dentre outras, destinadas à exploração de recursos, formando mosaicos heterogêneos com manchas remanescentes de vegetação nativa em diferentes formas e tamanhos (FUSHITA et al. 2017).

O componente natural caracterizado por vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul evidenciou uma trajetória crescente na condição quantitativa, do mesmo, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016) (**Tabela 12** e **Figura 19**), embora tenha permanecido a continuidade de uma matriz predominantemente agrícola. Entre os anos de 1986 e 2016, diversas áreas de vegetação nativa da área de estudo, apresentaram um processo de recuperação espontânea, principalmente, nas bordas dos fragmentos e em terrenos declivosos e com menor aptidão à agricultura mecanizada. Esta característica de recuperação da vegetação nativa foi anteriormente relatada para a região nordeste do estado de São Paulo (RONQUIM e FONSECA, 2018).

Tabela 12. Classes, número e área (ha) dos fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016.

Classes (ha)	1986			1991			2001			2011			2016		
	Nº	%	Área	Nº	%	Área	Nº	%	Área	Nº	%	Área	Nº	%	Área
	Frag.	Frag.	(ha)	Frag.	Frag.	(ha)	Frag.	Frag.	(ha)	Frag.	Frag.	(ha)	Frag.	Frag.	(ha)
0 –1	9.135	49,89	3.850,71	11.494	52,34	4.438,62	12.178	54,42	4.483,98	11.728	55,22	4.156,37	13432	57,29	4.604,20
1 –2	3.050	16,66	4.439,68	3.411	15,53	4.963,09	3.185	14,23	4.602,34	2.931	13,80	4.274,60	3142	13,40	4.541,56
2 –5	3.078	16,81	9.888,33	3.394	15,45	10.820,04	3.206	14,33	10.236,39	2.937	13,83	9.375,35	3115	13,29	9.851,01
5 –10	1.565	8,55	10.947,34	1.700	7,74	11.909,20	1.577	7,05	10.973,75	1.471	6,93	10.376,84	1528	6,52	10.819,03
10 –25	1.012	5,53	15.301,58	1.270	5,78	19.361,89	1.227	5,48	19.213,74	1.163	5,48	17.966,11	1193	5,09	18.346,73
25 –50	313	1,71	10.576,00	422	1,92	14.616,42	483	2,16	16.655,44	449	2,11	15.566,77	479	2,04	16.761,59
50 –100	125	0,68	8.332,94	193	0,88	13.364,05	303	1,35	20.809,92	312	1,47	22.078,04	283	1,21	19.924,99
100 –250	31	0,17	4.401,29	67	0,31	9.561,65	180	0,80	26.672,54	187	0,88	28.682,23	201	0,86	31.068,28
250 –500	2	0,01	663,92	9	0,04	2.674,87	29	0,13	9.339,85	42	0,20	14.079,96	57	0,24	19.199,02
500 –1000	1	0,01	568,26	2	0,01	1.119,54	8	0,04	5.129,10	16	0,08	10.539,60	13	0,06	8.766,89
> 1000	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	1	0,00	1.641,72	1	0,00	1.446,58	2	0,01	6.419,55
Total	18.312	100,00	68.970,05	21.962	100,00	92.829,37	22.377	100,00	129.758,77	21.237	100,00	138.542,45	23.445	100,00	150.302,85

No período entre 1986 a 2016, foi identificado um aumento na área (ha) e no número de fragmentos de vegetação nativa (**Tabela 12**), corroborando com o aumento do estoque da vegetação nativa, com maior expressividade a Norte e a Leste da área de estudo (**Figura 19**). Estes resultados apontam para o desenvolvimento de dois processos ecológicos de mudança na composição espacial do componente vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do

Sul, ao longo do período entre 1986 a 2016: o aumento da área total (de 68.970,05 a 150.302,85ha), acompanhado do aumento do número de fragmentos de vegetação nativa (de 18.312 a 23.445), (**Tabela 12**). Estes resultados são similares a estudos anteriormente realizados que enfatizaram a fragmentação florestal da mesma área de estudo (PRANDEL, et al., 2017; PRANDEL, 2018).

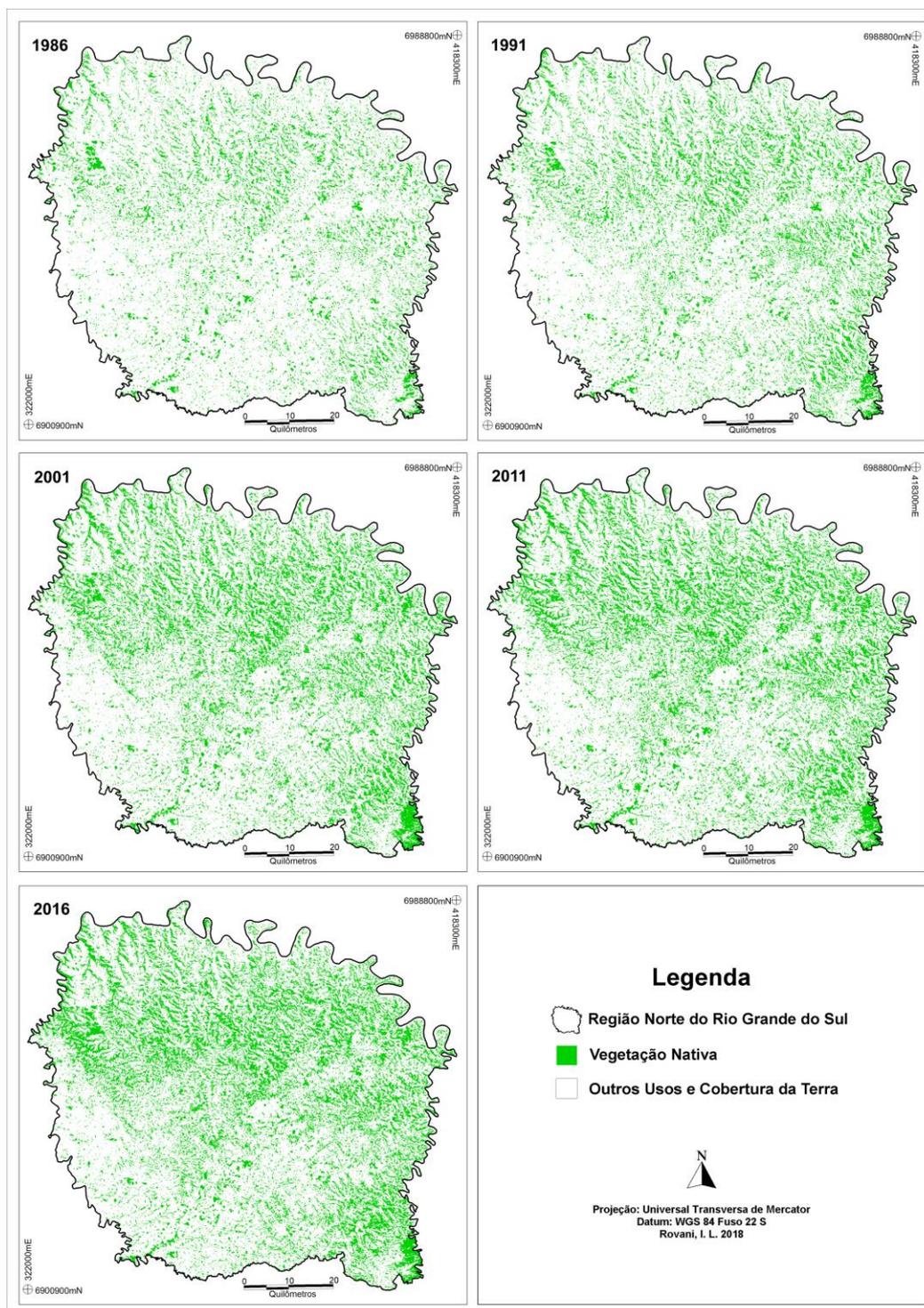


Figura 19. Representação espacial da trajetória associada ao aumento da área e do número de fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), ao longo do período de 30 anos (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016).

O aumento da quantidade da vegetação nativa e do número de fragmentos com maiores áreas, processos verificados ao longo do período de 30 anos, induziram mudanças na estrutura, composição e configuração da paisagem e resultaram na melhora da condição ambiental da região. Em 2016 (**Tabela 12**), destaca-se a presença de dois fragmentos de vegetação nativa com áreas superiores a 1.000,00ha. Um deles, com área de 4.929,91ha, inserido nas Terras Indígenas Votouro, Votouro/Kandoia e Guarani Votouro, tem seu entorno vinculado aos municípios de Benjamin Constant do Sul e Faxinalzinho (a noroeste da área de estudo). O outro, com área de 1.489,64ha, inserido na Terra Indígena Ligeiro, têm seu entorno vinculado ao município de Charrua (a sudeste da área de estudo). Estes fragmentos reforçam a importância destas áreas para a conservação ambiental, e para a conservação dos valores culturais das etnias indígenas.

Ao longo do período de 30 anos, foi observado o predomínio e aumento de pequenos fragmentos florestais para a classe 0|–1ha: 49,89% em 1986; 52,34% em 1991; 54,42% em 2001; 55,22% em 2011, e 57,29% em 2016. A predominância de pequenos fragmentos torna-se evidente quando considerado o intervalo de classe entre 0|–10ha, que contemplou cerca de 90% do número total de fragmentos, no período de 1986 a 2016 (**Tabela 12**), evidenciando uma paisagem bastante fragmentada, inserida em uma matriz antrópica agrícola. Paisagens que apresentam menores valores para o tamanho médio de fragmentos têm sido consideradas como as mais fragmentadas (MCGARIGAL et al., 2002).

A fragmentação florestal origina bordas e expõe o interior dos fragmentos às condições do seu entorno, acarretando alterações no microclima destes ambientes em relação à quantidade de luz, temperatura, vento e umidade (PRIMACK e RODRIGUES, 2001). Muitas investigações relatam que a fragmentação da vegetação e o isolamento dos fragmentos, são fatores importantes a se considerar, para o planejamento e manejo da biodiversidade (TANIZAKI e MOULTON, 2000).

Fragmentos florestais com menores áreas são considerados de frágil padrão de sustentabilidade, ao longo do tempo, dependendo da forma e da área (entre 1 a 10ha) dos mesmos. Quanto mais irregulares, são mais suscetíveis a apresentar efeito de borda, devido à maior interação com a matriz (SAUNDERS et al., 1991; FORMAN, 1997; MALINOWSKI et al., 2008; CEMIN et al., 2009). Fragmentos maiores possibilitam a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, enquanto que fragmentos menores promovem o aumento da heterogeneidade da matriz, servindo como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares (FORMAN e GODRON, 1986). Tem sido considerado ainda que quanto maior a distância entre as extremidades (bordas) e o centro do fragmento

(interior), melhor a proteção das espécies do interior destas áreas em relação às ameaças externas. Neste sentido, a forma e o tamanho dos fragmentos, atuam sobre os padrões de diversidade específica e sobre a dinâmica temporal das populações no interior das manchas (PIRES e SANTOS, 1995).

Fragmentos menores em área e desconexos podem não suportar grandes populações da fauna e da flora, mas podem abrigar metapopulações e funcionar como “trampolins ecológicos” ou pontos de ligação (*stepping stones*), atuando como suporte para áreas fontes e facilitando os fluxos entre os remanescentes de algumas espécies (GHERARDI, 2007; SAURA et al., 2014). Estes fragmentos podem ainda desempenhar importante função no deslocamento animal, formando áreas funcionalmente ligadas, permitindo a persistência das espécies em paisagens antropizadas (RIBEIRO et al., 2009), e assumindo a função de conectividade entre os remanescentes (METZGER, 1997; MALINOWSKI et al., 2008).

Considerando a distância de 100 metros de borda entre os fragmentos de vegetação nativa, e 500 metros para o raio de busca dos fragmentos, correspondente ao deslocamento de pequenos mamíferos e aves florestais da Mata Atlântica (MALINOWSKI et al., 2008; BOSCOLO e METZGER, 2009; CROUZEILLES et al., 2010), foi identificado por meio dos parâmetros métricos de Índice de Proximidade (PROX), Índice da Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo (ENN), e do Índice de Conectividade (CONNECT), um aumento da proximidade, a redução da distância do vizinho mais próximo, e aumento da conectividade entre os fragmentos de vegetação nativa da área de estudo, no período de 1986 a 2016 (**Tabela 13**).

Tabela 13. Valores das métricas de configuração da classe de vegetação nativa: Índice de Proximidade (PROX_MN), Índice da Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo (ENN_MN), e Índice de Conectividade (CONNECT) entre os fragmentos de vegetação nativa da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), referente aos anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e 2016 e valores de p ao nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$).

Índices	1986	1991	2001	2011	2016	Valor de p ($p < 0,05$)
PROX_MN	23,27	53,41	177,44	278,32	484,42	0,009475
ENN_MN (m)	146,46	122,79	110,18	110,01	104,41	0,04818
CONNECT (%)	0,0038	0,0045	0,0056	0,0061	0,0064	0,00294

As métricas de configuração medem o grau de conectividade ou isolamento entre as manchas em uma paisagem (MALINOWSKI et al., 2008). O Índice de Proximidade (PROX) indica a perda de eventuais “trampolins ecológicos”, apresentando relação positiva com os valores da Densidade de Fragmentos. A proximidade e a disponibilidade de diferentes tipos

de habitats, também, podem afetar a dinâmica populacional e a persistência de espécies individuais e a diversidade das comunidades (RICKETTS et al., 2006). Desta forma, quanto menor for a densidade dos fragmentos, menor será o valor do índice de proximidade. Entre os anos de 1986 a 2016 foi observado um aumento na média da proximidade dos fragmentos de vegetação nativa de 461,15 metros (**Tabela 13**). Este resultado ressalta a importância para a condição de manutenção da biodiversidade da área de estudo, ressaltando que durante o período deste estudo, os fragmentos de vegetação nativa apresentaram menor grau de isolamento na paisagem, favorecendo a persistência de espécies e a diversidade biológica.

A distância média do vizinho mais próximo corresponde à soma de todas as distâncias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe (MCGARIGAL e MARKS, 1995). Este índice avalia o nível de isolamento dos fragmentos florestais na paisagem; isto é, quanto maior o valor de ENN_MN maior será o isolamento dos fragmentos (MCGARIGAL et al., 2012). No período de 1986 a 2016, foi observada uma redução na distância média do vizinho mais próximo de 42,05 metros (**Tabela 13**), apontando a formação de novos fragmentos de vegetação nativa, e corroborando com o aumento da proximidade entre os fragmentos.

A conectividade da paisagem é considerada como a capacidade em facilitar ou impedir os fluxos biológicos (TISCHENDORF e FAHRIG, 2001; SAURA et al., 2011). Mesmo apresentando baixos valores percentuais, foi evidenciado um aumento de 0,0026% entre os anos de 1986 e 2016 (**Tabela 13**). O aumento da conectividade é um indicativo do maior deslocamento de espécies animais, e dispersão de sementes e pólen das espécies vegetais. A redução do grau de isolamento dos fragmentos de vegetação foi, particularmente, beneficiada ao sul e a oeste da área de estudo. A manutenção deste cenário é fundamental para a conservação da biodiversidade, pois o isolamento dos fragmentos de vegetação diminui o deslocamento de espécies animais e dispersão de sementes e pólen das espécies vegetais, causando ainda a perda de eventuais “trampolins ecológicos” e conseqüentemente da sua biodiversidade.

Os resultados da análise de Regressão Linear mostram diferenças significativas entre os valores observados para as métricas (Índice de Proximidade, Índice da Distância Euclidiana do Vizinho Mais Próximo, e Índice de Conectividade) para os cinco períodos analisados ($p < 0,05$) (**Tabela 13**). Entre os anos de 1986 a 2016, a análise de Regressão Linear apresentou valores para os índices de PROX_MN de $F(1;3) = 35,45$ e $p = 0,009475$; para o índice de ENN_MN de $F(1;3) = 10,44$ e $p = 0,04818$, e para o índice de CONNECT $F(1;3) = 80,17$ e $p = 0,00294$ (**Tabela 13**).

Entre todos os períodos deste estudo (1986-1991, 1991-2001, 2001-2011, 2011-2016 e 1986-2016), foi identificado o aumento da proximidade e conectividade entre os fragmentos de vegetação nativa, e a redução da distância do vizinho mais próximo (**Tabela 13**). Estes resultados estão diretamente relacionados ao aumento da área e do número de fragmentos de vegetação nativa, sobretudo, nas porções norte e leste da Região (**Figura 19**). Os maiores valores de PROX_MN e CONNECT, e os menores valores de ENN_MN foram verificados para o ano de 2016 (**Tabela 13**), resultando no maior índice de proximidade e conectividade, e menor índice da distância do vizinho mais próximo, durante o período de estudo. Este cenário também foi, anteriormente, relatado para a mesma área de estudo por Decian et al., (2016) e Prandel (2018).

A dinâmica da transição da vegetação nativa para condição de degradação, inalterada e de recuperação identificou a recuperação de 94.541,37ha de vegetação nativa, em contrapartida a perda de 13.208,58ha para outros usos e cobertura da terra, equivalentes a 15,98 e 2,23%, respectivamente, da área total da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 – 2016) (**Tabela 14**).

Tabela 14. Matriz de transição com os valores de áreas (ha e %) de vegetação nativa para condição de degradação, inalterada e de recuperação da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 - 2016).

Condição da Classe de Transição	Área (ha)	Área (%)
Degradação	13.208,58	2,23
Permaneceu Antrópico e Aquático	428.098,58	72,36
Permaneceu Natural	55.761,47	9,43
Recuperação	94.541,37	15,98
Total	591.610,00	100,00

O cenário de transição (**Figura 20**) identificou que ao redor de 25% de vegetação nativa, resultante da somatória das áreas dos remanescentes naturais e recuperados, está inserida em uma matriz antrópica, com extensão ao redor de 75%, resultante da somatória das áreas de remanescentes antrópicos e aquáticos, e degradados, com relação à área total da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 – 2016) (**Tabela 14**).

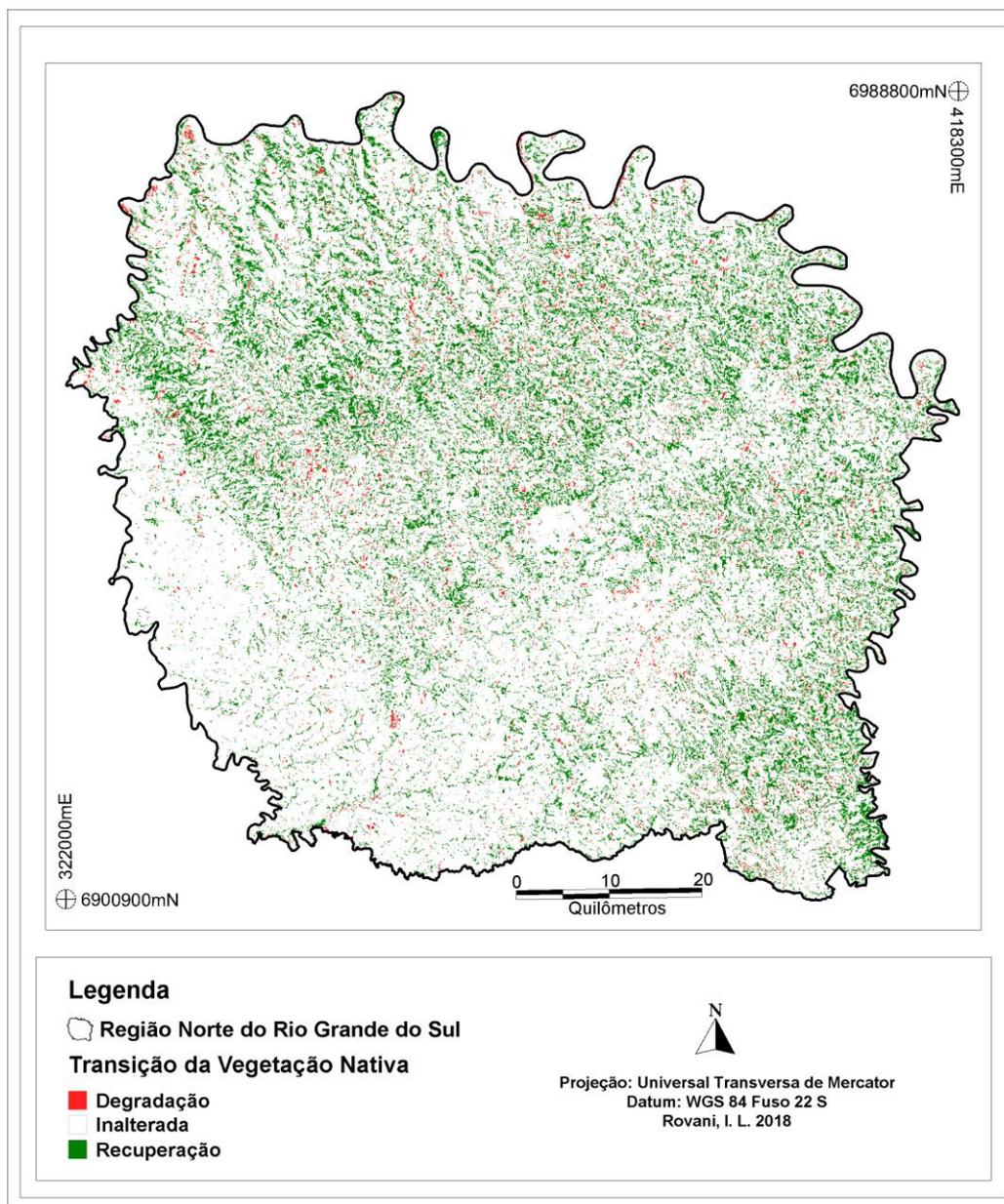


Figura 20. Representação espacial da transição da área de vegetação nativa para a condição de degradação, inalterada, e de recuperação da Região Norte do Rio Grande do Sul, no período de 30 anos (1986 - 2016).

A recuperação da vegetação nativa ocorreu de maneira espontânea e generalizada em toda Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos, com a ocorrência de fragmentos de diversas formas e tamanhos. Entretanto, em muitas áreas este processo foi relacionado com a rede de drenagem, configurando a manutenção e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) (**Figura 21**). A recuperação espontânea da vegetação nativa e maior conservação das APPs margem de rios que cruzam as propriedades agrícolas, foram anteriormente destacadas para a região nordeste do estado de São Paulo por Ronquim e Fonseca (2018).

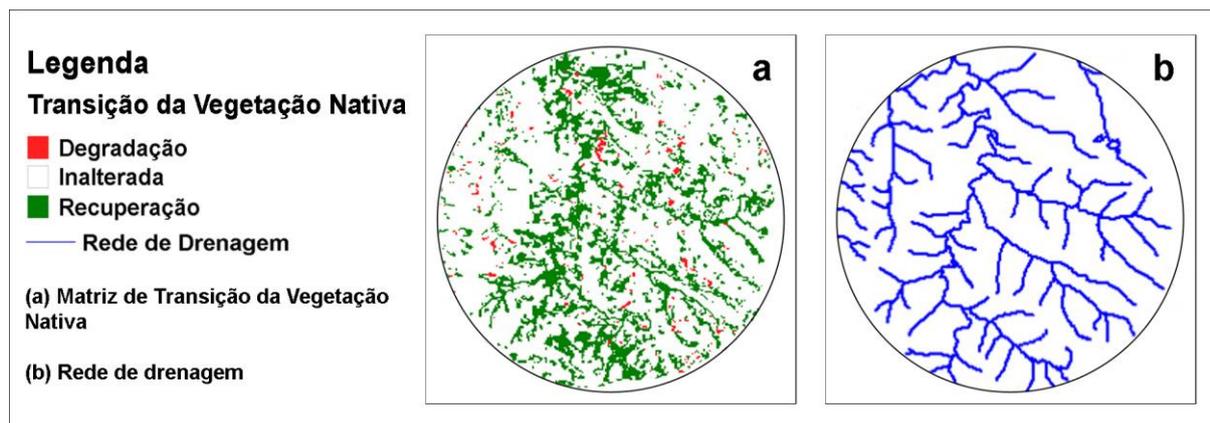


Figura 21. Destaque do processo de recuperação da vegetação nativa (a) associada à rede de drenagem (b) em região específica da área de estudo, entre os anos de 1986 e 2016.

A recuperação de áreas de vegetação nativa em relação às áreas declivosas e nas margens de rios, observada a norte e a leste da área de estudo (**Figura 22**), foi mais expressiva que aquela verificada, ao sul e a oeste da área de estudo, assegurando somente a manutenção de APPs (**Figura 23**).



Figura 22. Áreas de Preservação Permanente (APPs) margem de rio com borda de vegetação nativa em área declivosa, no município de Aratiba, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).
Fonte: Rovani, I. L. 2016.

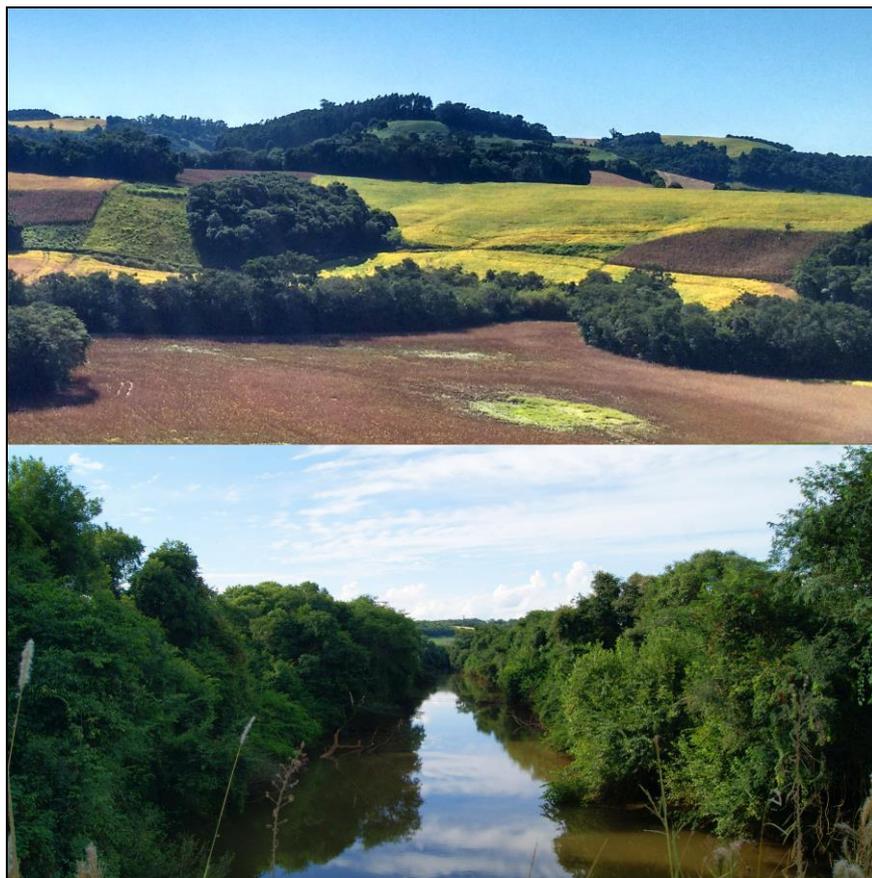


Figura 23. Áreas de Preservação Permanente (APPs) margem de rio com borda de vegetação nativa em área plana, no município de Jacutinga, Região Norte do Rio Grande do Sul (RS). Fonte: Rovani, I. L. 2016.

Embora as métricas de configuração dos fragmentos de vegetação nativa tenham evidenciado uma tendência na melhoria da condição quantitativa, da naturalidade da área de estudo, os remanescentes de vegetação nativa continuam submetidos à pressão antrópica, ao longo do tempo, principalmente, pela expansão urbana e pela atividade agropecuária. Estes fragmentos remanescentes estão sujeitos aos impactos provocados pelo efeito de borda, principalmente os pequenos fragmentos em área, que poderiam funcionar como eventuais “trampolins ecológicos” na paisagem.

5.7 Dinâmica do Índice de Urbanidade

Os valores de áreas do IU (ha e %) da Região Norte do Rio Grande do Sul foram organizados em dez classes (0,0|–0,1 / 0,1|–0,2 / 0,2|–0,3 / 0,3|–0,4 / 0,4|–0,5 / 0,5|–0,6 / 0,6|–0,7 / 0,7|–0,8 / 0,8|–0,9 / 0,9|–1,0). Para quantificar a dinâmica, temporal e espacial, foram categorizadas 04 níveis de naturalidade da área de estudo: Alta naturalidade (áreas naturais sem ou com a mínima interferência antrópica); Média/Alta naturalidade (áreas naturais com influência antrópica); Média/Baixa naturalidade (áreas antrópicas agrícolas intencionalmente estabelecidas pelas atividades humanas, e com capacidade de autorregulação reduzida), e Baixa naturalidade (predominância de áreas antrópicas não-agrícolas, e com capacidade de autorregulação reduzida). Os valores de área (ha / %) ocupada para cada nível de naturalidade, e a dinâmica, temporal e espacial, dos níveis de naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016), estão representados na **Tabela 15** e **Figura 24**, respectivamente.

Tabela 15. Quantificação temporal dos níveis de naturalidade com base nos valores de áreas (ha e %) para as diferentes classes do Índice de Urbanidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, para os anos de 1986, 1991, 2001, 2011 e, 2016. Em destaque os valores de área (%) para cada nível de naturalidade para os anos de 1986 e 2016.

Classes dos valores de IU	Condição de Naturalidade	1986		1991		2001		2011		2016		Total da Área de Estudo (%)	
		Área (ha)	Área (%)	1986	2016								
0,0 –0,1	Alta	5.184,79	0,88	7.139,74	1,21	14.625,13	2,47	15.015,66	2,54	15.548,89	2,63	0,94	2,63
0,1 –0,2	Naturalidade	362,76	0,06	721,55	0,12	940,487	0,16	968,64	0,16	0,00	0,00		
0,2 –0,3	Média/Alta Naturalidade	2.880,25	0,49	3.267,72	0,55	1.711,13	0,29	8.116,44	1,37	3.101,19	0,52	13,33	26,29
0,3 –0,4		4.151,42	0,70	11.104,33	1,88	10.081,66	1,70	17.407,77	2,94	14.505,99	2,45		
0,4 –0,5		71.795,63	12,14	87.239,71	14,75	122.945,76	20,78	118.925,82	20,10	137.960,74	23,32		
0,5 –0,6	Média/Baixa Naturalidade	388.397,93	65,64	369.955,97	62,53	325.579,25	55,03	254.288,03	42,98	299.107,57	50,56	85,35	70,51
0,6 –0,7		107.489,92	18,17	101.730,20	17,20	103.495,13	17,49	131.229,60	22,18	111.680,46	18,88		
0,7 –0,8		9.094,10	1,54	8.058,87	1,36	9.841,01	1,66	39.365,50	6,65	6.324,78	1,07		
0,8 –0,9	Baixa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.259,65	0,55	0,00	0,00	0,38	0,57
0,9 –1,0	Naturalidade	2.253,20	0,38	2.391,91	0,40	2.390,44	0,40	3.032,89	0,51	3.380,38	0,57		
Total		591.610,00	100,00	100,00	100,00								

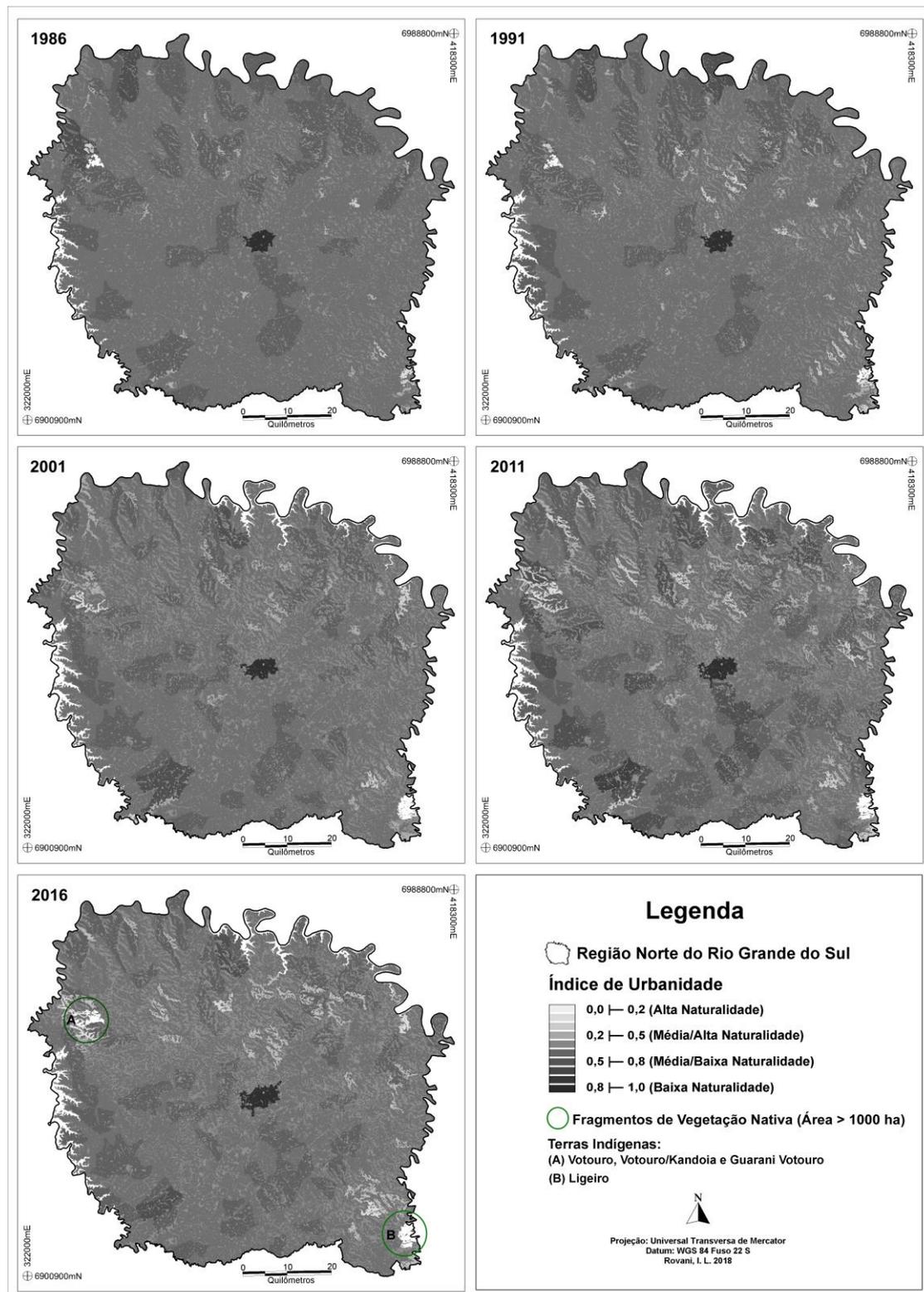


Figura 24. Representação temporal e espacial dos níveis de naturalidade, com base nos valores das classes de áreas do Índice de Urbanidade, da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS, Brasil), ao longo do período de 30 anos (1986 - 2016), evidenciando o aumento das áreas de alta (vegetação nativa) e baixa naturalidade (áreas urbanas). As áreas com alta naturalidade se destacam ao norte e a leste da área de estudo. Em destaque dois fragmentos remanescentes de vegetação nativa (**Figura 24, 2016**), com áreas superiores a 1.000ha, localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia (A) e Guarani Votouro e Terra Indígena Ligeiro (B), respectivamente, a noroeste e a sudeste da área de estudo.

Ao longo do período de 30 anos, foram identificadas três trajetórias relacionadas aos níveis de (alta, média/alta, média/baixa e, baixa) naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul:

- 1) Aumento da naturalidade (associado às áreas de alta e média/alta naturalidade) resultante, respectivamente, do aumento de áreas naturais, sem ou com a mínima interferência antrópica, e de áreas naturais com influência antrópica, equivalentes as mudanças de 0,94 para 2,63% e, de 13,33 para 26,29%, do total da área estudo (**Tabela 15**). Áreas com alta naturalidade estão associadas à presença de fragmentos de vegetação nativa, ao Norte e a Leste da Região Norte do Rio Grande do Sul, particularmente, suportada por dois fragmentos de vegetação nativa, com áreas superiores a 1.000ha, localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia e Guarani Votouro e Terra Indígena Ligeiro, respectivamente, a noroeste e a sudeste da Região Norte do Rio Grande do Sul (**Figura 24, 2016**).
- 2) Redução da naturalidade (áreas de baixa naturalidade), especificamente, relacionada à expansão do processo de urbanização, equivalente a mudança de 0,38 para 0,57%, do total da área de estudo (**Tabela 15**).
- 3) Redução da extensão da matriz antrópica agrícola, de 85,35 para 70,51% do total da área de estudo, suportando, principalmente, a substituição das áreas agrícolas por áreas de vegetação nativa (**Tabela 15**).

As alterações do nível de naturalidade da área de estudo, durante as últimas décadas, resultaram dos diversos cenários de mudanças do uso e cobertura da terra. Valores de áreas de IU para o intervalo de classe 0,0 - 0,2 foram relacionados à maior condição da naturalidade; valores no intervalo entre 0,2 - 0,8 à condição média de naturalidade, e valores entre 0,8 - 1,0 a condição crítica da naturalidade (**Tabela 15**).

As áreas de IU associadas com alta e média/alta naturalidade ocuparam 14,27%, enquanto que áreas associadas com baixa e média/baixa naturalidade ocuparam 85,73% da área total de estudo, em 1986. Em 2016, os percentuais de áreas ocupadas foram de 28,92% (alta e média/alta naturalidade), e 71,08% (baixa e média/baixa naturalidade) (**Tabela 15**). Esta trajetória evidenciou uma tendência para a melhoria da condição de naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos. A melhoria da condição de naturalidade foi suportada, parcialmente, por dois fragmentos remanescentes de vegetação nativa, com áreas superiores a 1000 ha, correspondentes às áreas categorizadas no intervalo de classes de IU entre 0,0|—0,2, e localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia

e Guarani Votouro e Terra Indígena Ligeiro, respectivamente, a noroeste e a sudeste da Região Norte do Rio Grande do Sul (**Figura 24**).

Mesmo considerando a tendência para a melhoria na condição de naturalidade a Região Norte do Rio Grande do Sul continua fortemente alterada, sob a influência de fatores de pressão relacionados às mudanças de usos da terra, diante da continuidade das atividades agrícolas e da expansão da urbanização, suportada pela predominância de áreas com média/baixa e baixa naturalidade, categorizada para as classes de valores de IU entre $> 0,5$ à $1,0$ (**Tabela 15**). A predominância de áreas antrópicas agrícolas revertendo em paisagens com baixa naturalidade, foram tendências relatadas em outros estudos desenvolvidos (ALMEIDA et al., 2018; FUSHITA et al., 2016a,b; MORAES, 2017; ROMANINI et al., 2016).

5.8 Matriz de Transição do Índice de Urbanidade

A transição da condição de naturalidade, entre os anos de 1986 a 2016, identificou que ao redor de 80% da área de estudo manteve-se inalterada, em função da continuidade dos múltiplos usos da terra. Em contrapartida, foi observado aumento de naturalidade, ao redor de 17%, envolvendo o intervalo das condições desde baixa - média/alta até média/alta - alta, e uma perda, ao redor de 3%, envolvendo o intervalo das condições desde média/baixa - baixa até alta - baixa (**Tabela 16**).

Tabela 16. Matriz de transição da condição de naturalidade, em valores de áreas (ha e %), no período de 30 anos (1986 - 2016). Em destaque os intervalos que configuram um aumento (desde baixa – média/alta à média/alta – alta) e perda (desde média/baixa – baixa à alta – baixa) de área (ha / %), totalizando 17 e 3%, respectivamente, de naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS).

Condição de Naturalidade	Área (ha)	Área (%)
Inalterada	473.907,04	80,11
Baixa - Média/Alta	83,46	0,01
Baixa - Média/Baixa	17,55	0,003
Média/Baixa - Alta	7.030,54	1,19
Média/Baixa - Média/Alta	92.961,92	15,72
Média/Alta - Alta	3.061,74	0,52
Média/Baixa - Baixa	1.151,48	0,19
Média/Alta - Média/Baixa	13.228,62	2,24
Média/Alta - Baixa	76,71	0,01
Alta - Média/Alta	14,76	0,002
Alta - Média/Baixa	76,18	0,01
Alta - Baixa	0,0017	0,00
Total	591.610,00	100,00

As principais alterações foram relacionadas à transição de áreas com média/baixa para média/alta naturalidade (15,72%), representando a principal classe relacionada ao aumento de

naturalidade. A transição de áreas com média/alta para média/baixa naturalidade totalizou 2,24% do total da área de estudo, representando a classe com maior perda de naturalidade (**Tabela 16**). As áreas com alta e média/alta naturalidade (0,0|–0,2 e 0,2|–0,5) foram relacionadas com ambientes naturais e aquáticos, enquanto que áreas com média/baixa e baixa naturalidade (0,5|–0,8 e 0,8|–1,0) às áreas antrópicas agrícolas e não-agrícolas.

Áreas que configuraram um aumento de naturalidade estão situadas, principalmente, ao norte e a leste da área de estudo, relacionadas a fragmentos de vegetação nativa e a corpos d'água (represa da UHE Itá), no rio Uruguai. Áreas com redução de naturalidade foram relacionadas ao aumento de áreas de pastagens e antrópicas não-agrícolas (**Figura 25**).

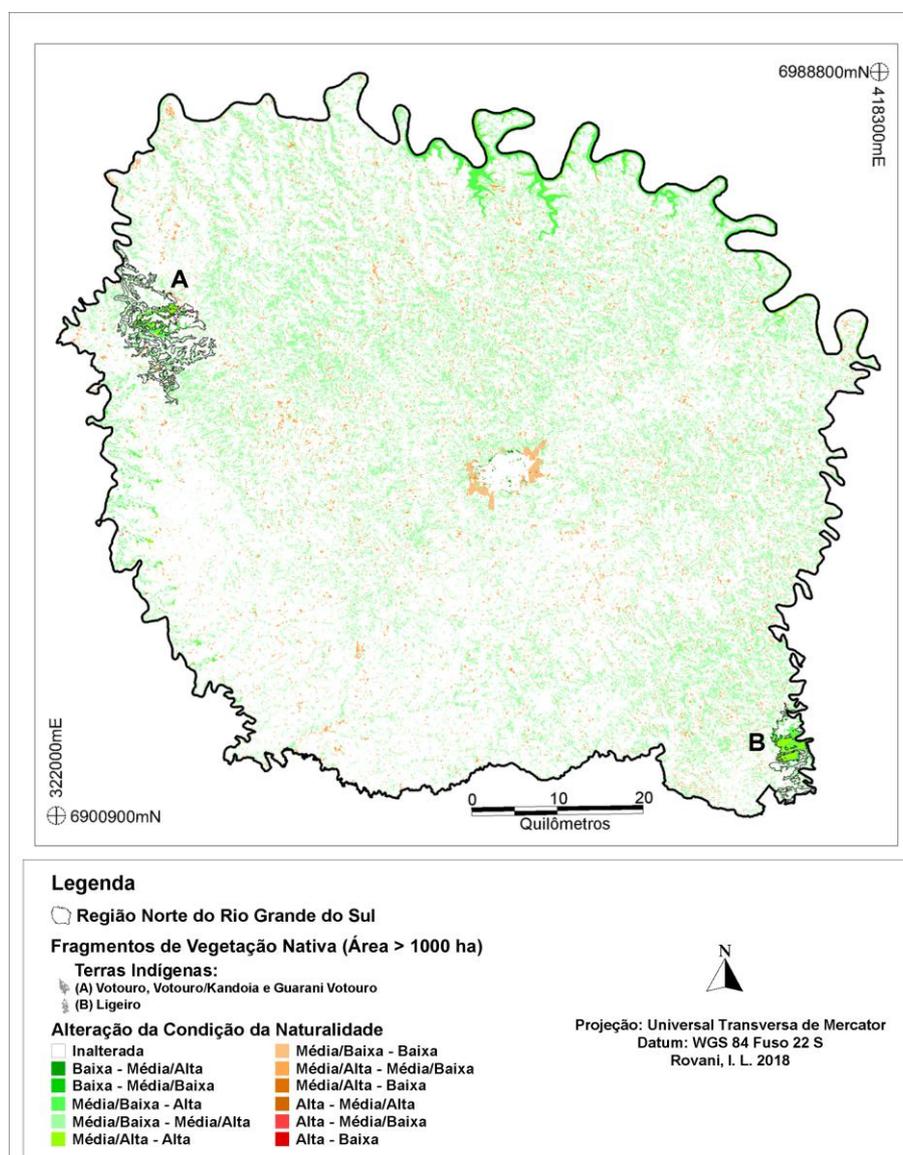


Figura 25. Dinâmica espacial da alteração da condição de naturalidade, com base nos valores do Índice de Urbanidade, da Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), no período de 30 anos (1986 – 2016). Em destaque dois fragmentos remanescentes de vegetação nativa, com áreas superiores a 1000 ha, localizados nas Terras Indígenas de Votouro, Votouro/Kandoia e Guarani Votouro (A) e Terra Indígena Ligeiro (B), respectivamente.

5.9 Cenários de Sustentabilidade Ecológica

A análise de agrupamento entre os valores das áreas de uso da terra, associados às condições naturalidade, e o período de tempo analisado (1986, 1991, 2001, 2011, e 2016), identificou dois cenários de sustentabilidade ecológica para a Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos. Um cenário de menor sustentabilidade ecológica relacionado aos valores das áreas de usos antrópicos agrícolas, e de menor naturalidade (0,5|–0,8 e 0,8|–1,0), particularmente para os anos 1986 e 1991; e um outro, com maior sustentabilidade ecológica relacionado ao aumento das áreas dos usos naturais e aquáticos, e de maior naturalidade (0,0|–0,2 e 0,2|–0,5), ao longo dos anos de 2001, 2011 e 2016 (**Figura 26**).

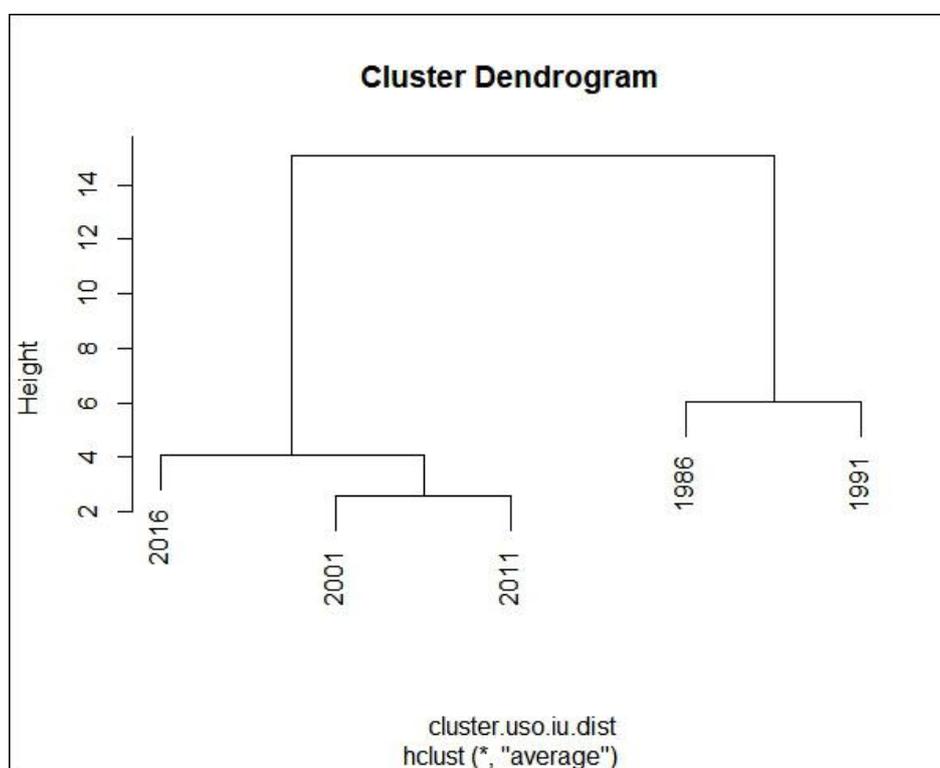


Figura 26. Análise de agrupamento entre os valores das áreas de uso e cobertura da terra, associados às condições de naturalidade (IU), nos anos de 1986, 1991, 2001, 2011, e 2016, identificando cenários de maior e menor sustentabilidade ecológica, para os agrupamentos 2001-2011-2016 e 1986-1991, respectivamente, para a Região Norte do Rio Grande do Sul (RS), ao longo do período de 30 anos.

O agrupamento do primeiro cenário (1986 e 1991) deve-se a redução das áreas antrópicas agrícolas em relação aos demais anos, enquanto que o segundo cenário (2001, 2011 e 2016) está relacionado ao aumento das áreas de vegetação nativa e de ambiente aquático em relação aos períodos anteriores.

Cenários críticos à sustentabilidade ecológica (0,5|−1,0) foram relacionados às áreas agrícola e urbana, enquanto que cenários favoráveis à sustentabilidade ecológica (0,0|−0,5) foram relacionados às áreas naturais (vegetação nativa) e aquáticas, sobretudo, em função dos maiores fragmentos de vegetação nativa da região (**Tabela 15**). Estes cenários suportam a relevância das áreas úmidas (banhados), corpos d'água e vegetação nativa para a manutenção da condição de naturalidade e da sustentabilidade ecológica da área de estudo.

A transição de usos antrópicos agrícolas em vegetação nativa resultou no ganho do estoque de capital natural e no aumento da naturalidade, responsáveis em promoverem a melhoria da sustentabilidade ecológica e a provisão dos serviços ecossistêmicos ao bem-estar humano da Região Norte do Rio Grande do Sul.

6 CONCLUSÕES

Ao longo do período de 30 anos (1986 – 2016), foi observado um processo de apropriação do espaço relacionado às mudanças de uso da terra, com o uso antrópico agrícola (agricultura e solo exposto) constituindo o principal fator direto de pressão, responsável em gerar mudanças na composição estrutural da paisagem da Região Norte do Rio Grande do Sul.

A trajetória espacial da composição da paisagem da região, resultante da conversão e substituição de um tipo de cobertura da terra por outro, configurou a atuação das atividades agrícolas na determinação do tipo de uso da terra predominante, bem como, evidenciou o aumento do estoque de vegetação nativa imerso em uma matriz predominantemente antrópica, com a agricultura e solo exposto como os tipos de cobertura da terra mais representativos.

As transições dos usos e cobertura da terra destacaram que a intensificação agrícola (desenvolvimento da agricultura mecanizada) reduziu a área utilizada para produção agrícola, embora, aproximadamente, entre 80 a 90% da área total da região tenha permanecido inalterada com relação aos diversos tipos de usos e coberturas da terra.

A tendência da substituição das áreas antrópicas agrícolas e posterior ocupação pela vegetação nativa (aumento de naturalidade), para a região, tornou-se marcante, a partir de 1990, principalmente em áreas localizadas a norte e a leste da área de estudo, assentadas em relevo mais declivoso. O aumento da quantidade de vegetação nativa, foi acompanhado do aumento do número de fragmentos, na redução da distância do vizinho mais próximo, e do ganho de proximidade e conectividade entre os fragmentos de vegetação nativa da área de

estudo. A condição quantitativa da vegetação nativa ainda é preocupante, desde que os fragmentos remanescentes continuam submetidos à grande pressão antrópica, devido à expansão urbana e a continuidade das atividades agrícolas.

A conversão de áreas antrópicas agrícolas em áreas naturais resultou em um aumento da condição de naturalidade da paisagem. A utilização do Índice de Urbanidade constituiu uma ferramenta essencial para determinar a condição de naturalidade, como um indicador da extensão e intensidade com que a paisagem da região vem sendo influenciada por sistemas fortemente alterados pelo homem.

Foram identificadas três trajetórias relacionadas às condições de (alta, média/alta, média/baixa e, baixa) naturalidade da Região Norte do Rio Grande do Sul, ao longo do período de 30 anos:

1. Aumento de naturalidade (áreas de alta e média/alta naturalidade) resultante, respectivamente, do aumento de áreas naturais, sem ou com a mínima interferência antrópica, e de áreas naturais com influência antrópica. Áreas de alta naturalidade estão associadas à presença de fragmentos de vegetação nativa, ao Norte e a Leste da região, particularmente, suportada por dois fragmentos de vegetação nativa, com áreas superiores a 1.000ha, localizados nos limites de Terras Indígenas;

2. Redução de naturalidade (áreas de baixa naturalidade), especificamente, relacionada à expansão do processo de urbanização;

3. Redução da extensão da matriz antrópica agrícola suportando, principalmente, a substituição das áreas agrícolas por áreas de vegetação nativa.

Os valores das áreas de uso da terra, associados às condições de naturalidade, identificaram dois cenários de sustentabilidade ecológica para a Região Norte do Rio Grande do Sul, entre os anos de 1986 e 2016. Um cenário de menor sustentabilidade ecológica relacionado aos altos valores das áreas de usos antrópicos agrícolas e de menor condição de naturalidade, particularmente para os anos 1986 e 1991; e outro de maior sustentabilidade ecológica relacionado ao aumento das áreas dos usos naturais (vegetação nativa) e aquáticos e de maior condição de naturalidade, ao longo dos anos de 2001, 2011 e 2016. O agrupamento do primeiro cenário (1986 e 1991) resultou da redução das áreas antrópicas agrícolas em relação aos demais anos, enquanto que o segundo cenário (2001, 2011 e 2016) resultou do aumento das áreas de vegetação nativa e de ambiente aquático em relação aos períodos anteriores. Cenários críticos à sustentabilidade ecológica foram relacionados às áreas agrícolas e urbanas, enquanto que cenários favoráveis à sustentabilidade ecológica foram

relacionados às áreas aquáticas e vegetação nativa, sobretudo, em função dos maiores fragmentos de vegetação nativa em área e inseridos em terras indígenas da região.

Estes resultados proporcionam informações essenciais para identificar as prioridades para a conservação ambiental, seleção de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (UCs), em especial, a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) na região, por se tratarem de UCs que são utilizadas de forma sustentável.

Torna-se fundamental a identificação de alternativas socioeconômicas adequadas para o planejamento ambiental da região. Particularmente, destaca-se a implementação de ações socioeconômicas e ambientais, voltadas às comunidades indígenas da região, que asseguram a sustentabilidade dos maiores fragmentos de vegetação nativa, favorecendo inclusive a conectividade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

É essencial também, a implementação de ações na Região Norte do Rio Grande do Sul, em relação ao planejamento e ordenamento territorial, a reformulação e implementação de políticas e planos ambientais existentes junto aos órgãos públicos municipais, estaduais e federais. Em adição, que estas ações viabilizem a conservação e recomposição dos remanescentes de vegetação nativa, bem como, a intensificação na fiscalização com relação ao cumprimento da legislação vigente, contribuindo com o aumento de áreas destinadas à conservação ambiental, assegurando a sustentabilidade ecológica e a provisão dos serviços ecossistêmicos ao bem-estar humano.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D.; ANDRÉ, M.; SCARIOT, E. C.; FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E.; BOGAERT, J. Temporal change of Distance to Nature index for anthropogenic influence monitoring in a protected area and its buffer zone. **Ecological Indicators**, v.91, p.189-194, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”**. Texto para Discussão. Campinas: IE/UNICAMP, n.159, 2009.

ANDRÉN, H. Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review. **Oikos**, v.71, p.355-366, 1994.

BANKS-LEITE, C.; PARDINI, R.; TAMBOSI, L. R.; PEARSE, W. D.; BUENO, A. A.; BRUSCAGIN, R. T.; CONDEZ, T. H.; DIXO, M.; IGARI, A. T.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. **Science**, v.345, p.1041-1045, 2014.

BARRETTO, A. G. O. P.; BERNDES, G.; SPAROVEK, G.; WIRSENIUS, S. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975-2006 period. **Global Change Biology**, v.19, p.1804-1815, 2013.

BEIER, C. M.; PATTERSON, T. M.; CHAPIN, F. S. Ecosystem services and emergent vulnerability in managed ecosystems: a geospatial decision-support tool. **Ecosystems**, v.11, n.6, p.923-938, 2008.

BENETTI, M. D. **Origem e formação do cooperativismo empresarial no Rio Grande do Sul: uma análise do desenvolvimento da Cotrijuí, Cotrisa e Fecotrigo, 1957-1980**. Porto Alegre: FEE, 1982.

BENETTI, M. D. **O agronegócio gaúcho entre os anos 1980 e 2008**. In: CONCEIÇÃO, O. A. C.; GRANDO, M. Z.; TERUCHKIN, S. U.; FARIA, L. A. E. (Org.). *Três décadas de economia gaúcha: O movimento da produção*. Porto Alegre: FEE, 2010.

BOSCOLO, D.; METZGER, J. P. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales? **Landscape Ecology**, v.24, p.907-918, 2009.

BRASIL. Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial da União. Brasília, DF; 1965.

BRASIL. Ministério da Agricultura - Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico n.º 30).

BRASIL. Decreto n.º 86.146, de 23 de junho 1981. **Dispõe sobre a criação do Programa Nacional para Aproveitamento de várzeas Irrigáveis - Provárzeas Nacional**. Diário [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 jun. 1981. Seção 1, p. 11781.

BRASIL. Ministério da agricultura. **Provárzeas Nacional: Resumo**. Folder explicativo, 1982. (Biblioteca da Epagri).

BRASIL. Ministério da agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Provárzeas Nacional: informação técnica n.1**. Brasília, março/1983a. (Biblioteca da Epagri).

BRASIL. Ministério da agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. **Provárzeas Nacional: informação técnica n.2**. Brasília, dezembro/1983b. (Biblioteca da Epagri).

BRASIL. Lei n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. **Dispõem sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e da outras providências**. Brasília DF, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 25 ago. 2018.

BRASIL. Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades Conservação – SNUC**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, MMA, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BRASIL. Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393 de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF; 2012.

BRASIL. Decreto n.º 7.830 de 17 de outubro de 2012. **Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF; 2012.

BRUM, A. J. **Modernização da Agricultura: Trigo e Soja**. Ijuí: FIDENE, 1985.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Sistema Plantio Direto no Sul do Brasil: Fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Londrina: FAO/IAPAR, 2008. 100p.

CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: FAO/IAPAR, 2012. 77p.

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.

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

CONSÓRCIO ITÁ. **UHE Itá**. 2017. Disponível em: <http://www.consorcioita.com.br/uhe>. Acessado em 12 de jun. 2018.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v.26, p.152–158, 2014.

CREDENOR. Conselho Regional de Desenvolvimento do Norte. **Plano estratégico de desenvolvimento regional Corede Norte - RS 2015-2030**. Porto Alegre: EdiFAPES, 2017. 314p.

CROUZEILLES, R.; LORINI, M.L. GRELLE, C.E.V. Deslocamento na matriz para espécies da Mata Atlântica e a dificuldade da construção de perfis ecológicos. **Oecologia Australis**, v.14, p.875-903, 2010.

DAVIS, A. J. S.; THILL, J. C.; MEENTEMEYER, R. K. Multi-temporal trajectories of landscape change explain forest biodiversity in urbanizing ecosystems. **Landscape Ecology**, v.32, p.1789-1803, 2017.

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. S.; ZANIN, E. M.; HENKE-OLIVEIRA, C.; QUADROS, F. R.; FERRARI, C. Uso e ocupação da terra na região Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e obtenção de banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. **Perspectiva**, v.33, n.121, p.165-176, 2009.

DECIAN, V. S.; 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. **Ciência e Natura**, v.32, n.1, p.119-134, 2010.

DECIAN, V. S.; ZANIN, E. M.; KRAUSE, P.; ROSSET-QUADROS, F.; 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**, v.40, n.149, p.21-32, 2016.

DE GROOT, R. S.; BLIGNAUT, J.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; ELMQVIST, T.; FARLEY, J. Benefits of Investing in Ecosystem Restoration. **Conservation Biology**, v.27, p.286-1293, 2013.

EASTMAN, J. R. **IDRISI Selva Manual**. Clark Labs. Clark University. Worcester, MA. 2012. 322p.

EEA. European Environment Agency. **Environmental indicators: Typology and overview**. Technical report. n.25, 1999.

ELLIS, E. C. Ecology in an Anthropogenic Biosphere. **Ecological Monographs**, v.85, n.3, p.287-331, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solo. 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solo, 2006. 306p.

ESPIRITO SANTO, B. R. Uso e conservação dos recursos hídricos e importância da irrigação. **Anais... III. Encontro das Águas**. Santiago: IICA, Governo do Chile, 2001.

FATH, B. D. Quantifying economic and ecological sustainability. **Ocean & Coastal Management**, v.108, p.13-19, 2015.

FEE. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. **FEE Dados abertos**. Porto Alegre/RS: FEE, 2018. Disponível em: < <http://dados.fee.tche.br/>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; STUART CHAPIN, F.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; COLIN PRENTICE, I.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v.309, n.5734, p.570-574, 2005.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.35, p.557-581, 2004.

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

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

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. **Índios No Brasil/Terras Indígenas**. Brasília-DF: FUNAI, 2018. Disponível em: <[http:// www.funai.gov.br/index.php/índios-no-brasil/terras-indígenas](http://www.funai.gov.br/index.php/índios-no-brasil/terras-indígenas)>. Acesso em: 15 fev. 2018.

FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E.; SOUZA, I. M. M.; ROMANINI, E.; COSTA, R. T. Landscape Structural Indicators as a Tool to Assess Land Use Changes in Planning for Sub-Basin Sustainability (Southeastern Brazil). **Journal of Water Resource and Protection**, v.8, p.482-492, 2016a.

FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E.; SOUZA, I. M. M.; COSTA, R. T.; ROMANINI, E.; ANDRADE, V. A. D.; AMORIM, L. M. Detection in Land Cover Change Trajectories Using Remote Sensing. A Case Study of Southeast Brazil Region. **International Journal of Applied Science and Technology**, v.6, p.58-66, 2016b.

FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E.; ROCHA, Y. T.; ZANIN, E. M. Historical Land Use/Cover Changes and the Hemeroby Levels of a Bio-Cultural Landscape: Past, Present and Future. **Journal of Geographic Information System**, v.09, p.576-590, 2017.

GHERARDI, D. F. M. Modelos de metapopulação. **Megadiversidade**, Belo Horizonte. v.3, n.1, p.56-63, 2007.

GOODLAND, R. The concept of environmental sustainability. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.26, p.1-24, 1995.

GRAU, H. R.; AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; THOMLINSON, J.; HELMER, E.; ZOU, X. The ecological consequences of socioeconomic and land use change in postagriculture Puerto Rico. **Bioscience**, v.12, p.1159-1168, 2003.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS - Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3).

HERZ, R.; DE BIASI, M. **Crítérios e legendas para macrozoneamento costeiro**. Ministério da Marinha. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Brasília, DF, 1989.

HOOPER, D. U.; CHAPIN, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; LAVOREL, S.; LAWTON, J. H.; LODGE, D. M.; LOREAU, M.; NAEEM, S.; SCHMID, B.; SETA, H.; SYMSTAD, J.; VANDERMEER, J.; WARDLE, D. A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological Monographs**, v.75, n.1, p.3-35, 2005.

HÖRTENHUBER, S.; PIRINGER, G.; ZOLLITSCH, W.; LINDENTHAL, T.; WINIWARTER, W. Land use and land use change in agricultural life cycle assessments and carbon footprints - the case for regionally specific land use change versus other methods. **Journal of Cleaner Production**, v.73, p.31-39, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 1980**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 1980.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 1991**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geologia**. Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C; Chapecó SG.22-Y-C e Passo Fundo SH.22-V-B. Rio de Janeiro: IBGE, 2003a. Escala: 1/250.000. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/mapas/escala_250_mil/>. Acesso em: 02 fev. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geomorfologia**. Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C; Chapecó SG.22-Y-C e Passo Fundo SH.22-V-B. Rio de Janeiro: IBGE, 2003b. Escala: 1/250.000. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil/>. Acesso em: 02 fev. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2006. 146p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª edição. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Terras indígenas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em:

ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2016/shapefile. Acesso em: 09 fev. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em 2017**. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE cidades**. 2018. Rio de Janeiro/RJ - IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 de mar. 2018.

IFC. **Inventário Florestal Contínuo**. Santa Maria: UFSM/SEMA-RS, 2002. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

IPBES. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. **Report of the Plenary of the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on the work of its sixth session**. Medellín: Colombia, 2018, 33p.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspect**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In C. B. FIELD, V. R. BARROS, D. J. DOKKEN, K. J. MACH, M. D. MASTRANDREA, T. E. BILIR, M. CHATTERJEE, K. L. EBI, Y. O. ESTRADA, R. C. GENOVA, B. GIRMA, E. S. KISSEL, A. N. LEVY, S. MACCRACKEN, P. R. MASTRANDREA, L. L. WHITE, (Eds.), (1132p). United Kingdom and New York, NY, USA - Cambridge University Press, Cambridge. 2014.

JANSEN, F.; ZERBE, S.; SUCCOW, M. Changes in Landscape naturalness derived from a historical land use register – a case study from NE Germany. **Landscape Ecology**, v.24, n.185, 2009.

JUNK, W. J. **Wetlands of Tropical South America**. In: Whigham, D.; Hejný, S.; Dykyjová, D. (Eds.). *Wetlands of the World I: inventory, ecology and management*. Dordrecht: Dr. W. Junk Publ. p.679-739, 1993.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v.24, p.5-22, 2013.

KLAMT, E.; KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no estado do Rio Grande do Sul**. Boletim técnico 04. UFRGS: Departamento de Solos. 1985. 42p.

KLEEMANN, J.; BAYSAL, G.; BULLEY, H. N. N.; FÜRST, C. Assessing driving forces of land use and land cover change by a mixed-method approach in north-eastern Ghana, West Africa. **Journal of Environmental Management**, v.196, p.411-442, 2017.

LEE, J. S.; GRUNES, M. R. **Feature classification using multi-look polarimetric SAR imagery**. In: IGARSS, Houston. *International Space Year: space remote sensing*. IEEE. v.1, p.77-79, 1992.

LI, H.; WU, J. Use and misuse of landscape índices. **Landscape Ecology**, v.19, p.389-399, 2004.

LIU, Y. Introduction to land use and rural sustainability in China. **Land Use Policy**, v.74, p.1-4, 2018.

MAGLIOCCA, N. R.; RUDEL, T. K.; VERBURG, P. H.; MCCONNELL, W. J.; MERTZ, O.; GERSTNER, K.; HEINIMANN, A.; ELLIS, E. C. Synthesis in land change science: methodological patterns, challenges, and guidelines. **Regional Environmental Change**, v.15, n.2, p.211-226, 2015.

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, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS v2: Spatial Patterns Analysis Program for Quantifying Landscape Structure**. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, 1995.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. **FRAGSTATS v3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2002. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Acesso em: 27 ago. 2018.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2012. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Acesso em: 16 set. 2018.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC. 2005.

MELLENDEZ-PASTOR, I.; HERNÁNDEZ, E. I.; NAVARRO-PEDREÑO, J.; GÓMEZ, I. Socioeconomic factors influencing land cover changes in rural areas: The case of the Sierra de Albarracín (Spain). **Applied Geography**, v.52, p.34-45, 2014.

METZGER, J.P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of southeast Brazil. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v.37, p.29-35, 1997.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/item?tematic-review>. **Biota Neotropica**, v.1, n.1/2, p.1-9, 2001.

MITSCHE, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. Van Nostrand Reinhold Co. New York. 1986. 539p.

MORAES, M. C. P. C. Vetores de mudança dos usos da terra e naturalidade da área de entorno da Floresta Nacional de Três Barras (SC). **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

MURCIA, C. Edge Effects in Fragmented Forests: Implications for Conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v.10, n.2, p.58-62, 1995.

NAINGGOLAN, D.; DE VENETE, J.; BOIX-FAYOS, C.; TERMANSEN, M.; HUBACEK, K.; REED, M.S. Afforestation, agricultural abandonment and intensification: Competing trajectories in semi-arid Mediterranean agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.159, p.90-104, 2012.

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**, v.8, n.3, p.242-260, 2015.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R. G., SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.3-0**. 2015. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 11 maio. 2018.

O'NEILL, R. V.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. Resource utilization scales and landscape pattern. **Landscape Ecology**, v.2, p.63-69, 1988.

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, p.357-366, 2014.

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.

PIRAN, N. **Agricultura Familiar: Lutas e Perspectivas no Alto Uruguai**. Erechim/RS: EdiFAPES, 2001.

PIRAN, N. Contribuição à caracterização do Alto Uruguai (RS): breve releitura e novos desafios. **Perspectiva**, v.39, p.53-64, 2015.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. Bacias Hidrográficas: Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v.19, n.110, p.40-45, 1995.

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

PRANDEL, J. A.; BRANDALISE, M.; ROVANI, I. L.; QUADROS, F. R.; BACKES, J. C.; DECIAN, V. S. Estudo da trajetória da fragmentação florestal na Região Norte do Rio Grande do Sul com o uso de imagens de satélite. **Anais... XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos. 2017.

PRANDEL, J. A. Estudo da dinâmica da fragmentação florestal como subsídio para a conservação da biodiversidade no Norte Do Rio Grande Do Sul. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões, URI, Erechim. 2018.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 327p.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. 2017. Disponível em: <http://www.Rproject.org/>. Acesso em: 19 mar. 2018.

RADAMBRASIL. Projeto RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia. **Levantamento dos Recursos Naturais: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro. 1978.

RAMSAR BUREAU STAFF. **The Annotated Ramsar List: Brazil**. 1993. Disponível em: http://www.ramsar.org/profiles_brazil.htm. Acesso em: 28 mar. 2018.

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**, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.

RICKETTS, T. H.; WILLIAMS, N. M.; MAYFIELD, M. M. **Connectivity and ecosystem services: crop pollination in agricultural landscapes**. In: CROOKS, K. R.; SANJAYAN, M (Org.). **Connectivity Conservation**. Cambridge University Press, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 11.520, de 03 de agosto de 2000**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre. 2000.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n.º 52.431, de 23 de junho de 2015**. Dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural e define conceitos e procedimentos para a aplicação da Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015.

RINGUELET, R. A. **Ecologia acuática continental**. EUDEBA (Ed.). Buenos Aires. 1962. 138p.

ROMANINI, E.; FUSHITA, A. T.; SANTOS, J. E. An Approach to Environmental Planning and Sustainable Management of Watersheds and Municipalities in Southeastern Brazil. **Open Journal of Ecology**, v.6, p.667-685, 2016.

RONQUIM, C. C.; FONSECA, M. F. **Avanço das áreas de cana-de-açúcar e alterações em áreas de agropecuária no interior paulista**. 1ª edição. Documentos 123. Campinas: Embrapa Territorial, 2018.

ROVANI, I. L. Análise do uso da terra e fluxo de CO₂ na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Dissertação de Mestrado**. 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. **Anais... II Simpósio Internacional de Ecologia: Ecologia no Antropoceno**. Universidade Federal de São Carlos, SP, Brasil, 2016.

ROVANI, I. L.; BRANDALISE, M.; PRANDEL, J. A.; BACKES, J. C.; QUADROS, F. R.; ZANIN, E. M.; DECIAN, V. S.; SANTOS, J. E. Uso e cobertura da terra e declividade na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Anais... XXVI Semana Alto Uruguai do Meio Ambiente (SAUMA) - I Encontro Internacional de Ecologia e Conservação - II Workshop sobre Gestão e Conservação Ambiental do PPG Ecologia**. Erechim: EdiFAPES. 2017.

RUTLEDGE, D. **Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?** Doc Science Internal Series 98. Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 2003. 27p.

SANTOS, J. E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J. S. R.; OBARA, A. T.; PIRES, A. M. Z. C. R. The value of the Ecological Station of Jataí's ecosystem services and natural capital. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, p.171-190, 2001.

SANTOS, J. E.; FUSHITA, A. T.; DE SOUZA, I. M. M.; AMORIM, L. A.; ANDRADE, V. A. D. Agriculture and Forest Transition: Understanding of Land Use Change in a Cultural Landscape. **Open Journal of Applied Sciences**, v.5, p.797-807, 2015.

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.

SAURA, S., ESTREGUIL, C., MOUTON, C., RODRÍGUEZ-FREIRE, M. Network analysis to assess landscape connectivity trends: application to European forests (1990–2000). **Ecological Indicators**, v.11, p.407-416, 2011.

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

SCARIOT, E. C.; ALMEIDA, D.; SANTOS, J. E. Connectivity dynamics of Araucaria forest and grassland surrounding Passo Fundo National Forest, southern Brazil. **Natureza & Conservação**, v.13, p.54-59, 2015.

SCOTT, D.; CARBONELL, M. **Directorio de los Humedales de la Región Neotropical**. IWRB, Slimbridge; IUCN, Gland, 1986, 325p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª edição. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. 2008, 222p.

TALLIS, H.; KAREIVA, P. Ecosystem Services. **Current Biology**, v.15, n.18, p.746-748, 2005.

TANIZAKI, K.; MOULTON, T. P. A Fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a Perda de Biodiversidade. In: BERGALLO, H. G.; ROCHA, C. F. D.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M. (Orgs.). **A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ/FAPERJ. 2000.

THEOBALD, D. M. Exploring the functional connectivity of landscapes using landscape networks. Pages 416-443 in CROOKS, K. R. e SANJAYAN, M. A. (editores). **Connectivity conservation: maintaining connections for nature**. Cambridge University Press. 2006.

TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the use of connectivity measures in spatial ecology. **Oikos**, v.95, p.152-155, 2001.

TURNER II, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; MCCARTHY, J. J.; CORELL, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N.; KASPERSON, J. X.; LUERS, A.; MARTELLO, M. L.; POLSKY, C.; PULSIPHER, A.; SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.100, p.8074-8079, 2003.

VIANA, V. M. Biologia e Manejo de Fragmentos de Florestas Naturais. **Anais... VI Congresso Florestal Brasileiro**. SBS/SBEF: Campos do Jordão, p.113-118. 1990.

VOLOTÃO, C. D. S. **Trabalho de análise espacial: Métricas do FRAGSTATS**. São José dos Campo: Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE), 1998. 48p.

World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford University Press, Oxford. 1987.

WRBKA, T.; ERB, K. H.; SCHULZ, N. B.; PETERSEILA, J.; HAHNA, C.; HABERL, H. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. **Land Use Policy**, v.21, p.289-306, 2004.

WU, J. Key Concepts and Research Topics in Landscape Ecology Revisited: 30 Years after the Allerton Park Workshop. **Landscape Ecology**, v.28, p.1-11, 2013a.

WU, J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. **Landscape Ecology**, v.28, p.999-1023, 2013b.