

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**BARRAGENS E AÇUDES NO BIOMA PAMPA: VARIAÇÃO ESPACIAL ENTRE
OS ANOS DE 1985 E 2015**

FERNANDO PIRES PINTO

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

**PORTO ALEGRE
JANEIRO, 2020**

**BARRAGENS E AÇUDES NO BIOMA PAMPA: VARIAÇÃO ESPACIAL ENTRE
OS ANOS DE 1985 E 2015**

FERNANDO PIRES PINTO

**Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em
Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

**PORTO ALEGRE
JANEIRO, 2020**

CIP - Catalogação na Publicação

Pinto, Fernando Pires
Barragens e açudes no bioma Pampa: variação
espacial entre os anos de 1985 e 2015 / Fernando Pires
Pinto. -- 2020.
155 f.
Orientador: Luís Alberto Basso.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Barragens. 2. Pampa. 3. Geoprocessamento. 4.
Impactos ambientais. 5. Uso e cobertura da terra. I.
Basso, Luís Alberto, orient. II. Título.

FERNANDO PIRES PINTO

**BARRAGENS E AÇUDES NO BIOMA PAMPA: VARIAÇÃO ESPACIAL ENTRE
OS ANOS DE 1985 E 2015**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

Aprovada em ____ de _____ de 2020.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Eliana Lima da Fonseca

Prof. Dr. Gabriel Selbach Hofmann

Prof. Dr. Heinrich Hasenack

**PORTO ALEGRE
JANEIRO, 2020**

AGRADECIMENTOS

São tantas as pessoas a quem gostaria de agradecer. Então, desde já, peço desculpas caso esqueça alguém. Em primeiro lugar gostaria de mencionar meus familiares que sempre confiaram nos meus objetivos e me apoiaram sempre que precisei para alcançar o final de mais um processo. À minha mãe Eliane, minha irmã Andreza e minha tia Carla, o meu muito obrigado.

É importante também mencionar a importância dos amigos e colegas ao longo desta trajetória que sempre estiveram presentes em momentos de stress e que souberam ajudar uns aos outros complementando seus conhecimentos e atenuando o cansaço com encontros que tinham como objetivo dar algumas risadas, colocar o papo fora do meio acadêmico em dia e também dar suporte quando alguma situação parecia desesperadora. À Bruna Zanatta, Bruna Bianchi, Cátia, Carine, Monique, Júlia e Carmen, o meu muito obrigado.

Essa trajetória também não seria a mesma sem o apoio e ajuda de professores e colegas de trabalho do LabGeo que sempre estiveram dispostos a ajudar e, de certa forma, contribuir para o crescimento desta pesquisa com suas colocações, sugestões e apontamentos de melhorias. Aos professores Hasenack, Eliseu, Marcos, Gabriel e Ulisses, o meu muito obrigado.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Luís Alberto Basso que desde o início acreditou no potencial da pesquisa e sempre que pôde, contribuiu para o crescimento da mesma, estando sempre presente quando necessário. Muito obrigado pelo processo e espero que tenha sido um bom orientando.

Por fim, gostaria de citar o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PosGea), a CAPES e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul que sempre foram acolhedoras e, com suas políticas públicas, permitiram que este processo se encerrasse da melhor forma possível, com a conclusão da dissertação e já entrada no doutorado. A todos os envolvidos o meu muito obrigado.

RESUMO

O bioma Pampa vem ao longo do tempo sofrendo grande degradação devido às ações antrópicas e sua conservação é constantemente ameaçada. Deste modo, o objetivo geral deste trabalho é analisar a influência da área ocupada por barragens e açudes no bioma Pampa entre 1985 e 2015 e seus impactos negativos no que diz respeito à conversão de sua vegetação nativa em uso agrícola. Para isso, foram utilizados dados de uso e cobertura da terra e bases cartográficas. Com apoio do levantamento teórico, foram definidas nove variáveis com intuito de integrá-las através da atribuição de valores (1 a 3) conforme seu risco ou o grau de impacto por barragens e açudes. Como resultado, foram gerados três mapas temáticos com a regionalização pelo grau de impacto sofrido na cobertura vegetal, paisagem e meio físico do bioma ao longo dos períodos analisados (1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015). A validação foi feita através da interpretação visual aproximada de cada região e tabelas de dados, o que permitiu distinguir as áreas mais descaracterizadas em relação à vegetação nativa ao longo dos 30 anos. No período de 1985-2000 as áreas mais impactadas negativamente foram encontradas na região litorânea, COREDE Centro-Sul e próximo à divisa com a Argentina, correspondendo a uma área superior a 40 mil km². O período de 2000-2015 foi o que apresentou a menor área com alto grau de impacto negativo do recuo da vegetação nativa do bioma, com cerca de 37 mil km² e a sub-região com a área mais representativa localiza-se no centro-norte do bioma. Ao longo dos 30 anos, foi encontrada a maior média de valores atribuídos para o grau de impacto negativo (2,05), e maior representatividade dentro da área do bioma com 29%. Isto demonstra elevadas mudanças de uso e ocupação da terra no período decorrente do surgimento de novas barragens e açudes que não só aumentaram em área, mas também em número. Estas áreas estão distribuídas ao longo da fronteira com a Argentina na bacia do Rio Uruguai, boa parte do que corresponde a Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, áreas litorâneas, as áreas dos COREDEs Central, Alto Jacuí e Noroeste Colonial, parte do Centro-Sul e uma área significativa na Campanha.

Palavras-Chave: Regionalização, recursos hídricos, impacto ambiental, conversão, modelagem.

ABSTRACT

The Pampa Biome has been suffering great degradation for a very long time due to anthropic actions, and its conservation is constantly threatened. Thus the general goal of this paper is to analyze the influence of the area occupied by dams and WEIRS over the Pampa biome between the years of 1985 and 2015, and its negative impacts concerning the conversion of its native vegetation in agricultural use. For that, land use and land cover data were used, as well as cartographic bases. With the support of a theoretical research, nine variables were determined in order to integrate them through the assignment of values (1 to 3) according to risk or rate of impact caused by dams and weirs. As a result, three theme maps were generated and regionalized according to the rate of impact inflicted upon the vegetation coverage, the landscape and the physical environment of the biome along the analyzed periods (1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015). The validation was made through the approximate visual interpretation of each region and the data tables, which allowed to distinguish the most uncharacterized areas concerning the native vegetation along the 30 years. During the period of 1985-2000, the most negatively impacted areas were found in the coastal region, in the COREDE South Center and close to the border with Argentina, an area larger than 40 thousand km². The 2000-2015 time range was the one that presented the smallest area with a high negative impact rate regarding the conversion of the native vegetation in the biome. The extent is approximately 37 thousand km², and the most represented sub-region is located in the north center of the biome. The period of 1985 to 2015 presented the highest average of distributed values regarding the negative impact rate (2,05), and the greatest representativeness within the biome area (29%), which demonstrates a big change in the use and occupation of the land after the emergence of new dams and weirs, that not only increased in area but also in number. These areas are distributed along the border with Argentina in the Uruguay River Basin, much of which is representative of the Peripheral Depression of Rio grande do Sul. Also the coastal, the COREDEs Centro, the Alto Jacuí and Noroeste Colonial, part of the Centro-Sul areas, and a significative part of the Campanha.

Keywords: Regionalization, water resources, Pampa, conversion, modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Biomas do Rio Grande do Sul. Fonte: IBGE.	5
Figura 2: A) Grandes conjuntos fisionômicos referentes à vegetação natural do Pampa. B) Sistemas ecológicos campestres e florestais do Pampa. Adaptado de Hasenack (2017).	7
Figura 3: Sequências de alterações causadas pela construção de barragens em rios. Fonte: PORTO, 1991 apud PIMENTEL, 2004, p. 50.	22
Figura 4: Fluxograma do modelo metodológico proposto.	39
Figura 5: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 1985.	56
Figura 6: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 2000.	57
Figura 7: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 2015.	58
Figura 8: Geomorfologia: Tipologias e Valores.	66
Figura 9: Declividade: Tipologias e Valores.	67
Figura 10: Solos: Tipologia e Valores.	68
Figura 11: Valores para Aumento de Barragens e Açudes para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.	69
Figura 12: Valores para o Aumento de Barragens e Açudes para o período de 1985-2015 e para Disponibilidade x Uso das Águas Superficiais.	70
Figura 13: Valores para o Aumento da Área Agrícola para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.	71
Figura 14: Valores para o Aumento da Área Agrícola para o período de 1985-2015 e para a Perda de Área da Vegetação Nativa para o período de 1985-2000.	72
Figura 15: Valores para a Perda de Área da Vegetação Nativa para os períodos de 2000-2015 e 1985-2015.	73
Figura 16: Valores para a Diminuição da Área de Pecuária para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.	74
Figura 17: Valores para a Diminuição da Área de Pecuária para o período de 1985-2015 e para a VAB Pecuária por municípios.	75
Figura 18: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 1985-2000.	78
Figura 19: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	80

Figura 20: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	81
Figura 21: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	82
Figura 22: Zoom da Sub-Região 3 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.....	83
Figura 23: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	84
Figura 24: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	85
Figura 25: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	85
Figura 26: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	86
Figura 27: Zoom da Sub-Região 1 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.....	87
Figura 28: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	88
Figura 29: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	89
Figura 30: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	90
Figura 31: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	91
Figura 32: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	91
Figura 33: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	92
Figura 34: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	93
Figura 35: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.	94
Figura 36: Zoom da Sub-Região 4 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.....	95
Figura 37: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 2000-2015.	97

Figura 38: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	98
Figura 39: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	99
Figura 40: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	99
Figura 41: Zoom da Sub-Região 2 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.....	100
Figura 42: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	101
Figura 43: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	102
Figura 44: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	103
Figura 45: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	103
Figura 46: Zoom da Sub-Região 3 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.....	104
Figura 47: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	105
Figura 48: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	106
Figura 49: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	107
Figura 50: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.....	108
Figura 51: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	108
Figura 52: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	109
Figura 53: Zoom da Sub-Região 2 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.....	110
Figura 54: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	111
Figura 55: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.	112

Figura 56: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 1985-2015.	114
Figura 57: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	115
Figura 58: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	116
Figura 59: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	117
Figura 60: Zoom da Sub-Região 2 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2015.	117
Figura 61: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	118
Figura 62: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	119
Figura 63: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	120
Figura 64: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	121
Figura 65: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	122
Figura 66: Zoom da Sub-Região 2 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2015.	122
Figura 67: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	123
Figura 68: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	124
Figura 69: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	125
Figura 70: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1- Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	126
Figura 71: Zoom da Sub-Região 1 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.	126
Figura 72: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	127
Figura 73: Zoom da Sub-Região 2 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.	128

Figura 74: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	129
Figura 75: Zoom da Sub-Região 3 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.....	129
Figura 76: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.	130
Figura 77: Zoom da Sub-Região 4 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipologias campestres encontradas no Pampa. Adaptado de Hasenack, 2017, p. 29.	8
Tabela 2: Características dos Impactos Ambientais. Fonte: Rohde (1989, p. 12).	21
Tabela 3: Problemas ambientais decorrentes da construção de barramentos. Fonte: CANTER & VLACHOS, 1991, apud PIMENTEL, 2004, p. 51-52.	22
Tabela 4: Resumo dos tipos de modelos. Fonte: Pedrosa & Câmara, 2003, p. 17 ...	28
Tabela 5: Classificação da Declividade segundo a EMBRAPA (1979)	42
Tabela 6: Reclassificação dos solos segundo Hasenack (2017).	43
Tabela 7: Classificação dos resultados do balanço hídrico. Retirada de ECOPLAN ENGENHARIA, 2013, p. 101.	46
Tabela 8: Classificação da Coleção 3 do uso e cobertura da terra. Adaptado de: < http://mapbiomas.org/pages/legenda >	51
Tabela 9: Classificação da Coleção 3 do uso e cobertura da terra existente no bioma Pampa. Adaptado de: < http://mapbiomas.org/pages/legenda >	51
Tabela 10: Reclassificação 1 dos dados do MapBiomas.	53
Tabela 11: Reclassificação 2 dos dados do MapBiomas.	53
Tabela 12: Reclassificação final dos dados de uso e cobertura da terra do Mapbiomas integrados com os dados de barragens e açudes da FEPAM.	54
Tabela 13: Valores conforme grau de impacto de barragens e açudes no bioma Pampa.	59
Tabela 14: Valores para a variável Geomorfologia.	60
Tabela 15: Valor para a variável Declividade.	61
Tabela 16: Valores para a variável Solos.	61
Tabela 17: Valores para a variável Aumento da Área de Barragens e Açudes (%). .	62
Tabela 18: Valores para a variável Disponibilidade/Uso da Água.	62
Tabela 19: Valores para a variável Perda de Área da Vegetação Nativa (%)	62
Tabela 20: Valores para a variável Aumento da Área Agrícola (%).	63
Tabela 21: Valores para a variável Diminuição da Área de Pecuária (%).	64
Tabela 22: Valores para a variável VAB Pecuária.	64
Tabela 23: Parâmetros para classificação dos mapas de regionalização do grau de impacto por barragens e açudes.	76
Tabela 24: Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 1985-2000 (km ²).	79

Tabela 25: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 1985-2000.....	79
Tabela 26: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	81
Tabela 27: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	82
Tabela 28: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	83
Tabela 29: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	84
Tabela 30: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	86
Tabela 31: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	88
Tabela 32: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	89
Tabela 33: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	90
Tabela 34: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	92
Tabela 35: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	93
Tabela 36: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	94
Tabela 37: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	94
Tabela 38:Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 2000-2015 (km ²).....	96
Tabela 39: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 2000-2015.....	96
Tabela 40: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	98
Tabela 41: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	100
Tabela 42: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).....	101

Tabela 43: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	102
Tabela 44: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	104
Tabela 45: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	105
Tabela 46: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	106
Tabela 47: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	107
Tabela 48: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	109
Tabela 49: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	110
Tabela 50: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	111
Tabela 51: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	112
Tabela 52: Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 1985-2015 (km ²).	113
Tabela 53: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 1985-2015.	113
Tabela 54: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	116
Tabela 55: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	117
Tabela 56: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	118
Tabela 57: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	120
Tabela 58: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	121
Tabela 59: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	122
Tabela 60: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	123

Tabela 61: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	124
Tabela 62: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	127
Tabela 63: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	128
Tabela 64: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	129
Tabela 65: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CLUE - *Conversion of Land Use and it's Effects*

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

COREDE – Conselho Regional de Desenvolvimento

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRH – Conselho de Recursos Hídricos

DRH – Departamento de Recursos Hídricos

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LabGeo – Laboratório de Geoprocessamento/Departamento de Ecologia/UFRGS

MUCT – Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PSB – Plano de Segurança de Barragens

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SERH – Sistema Estadual de Recursos Hídricos

SIRH – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UHE – Usina Hidrelétrica

USLE – *Universal Soil Loss Equation* (Equação Universal de Perda do Solo)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Problema	2
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo Geral.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos	3
1.3	Justificativa	3
2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	5
2.1	Geomorfologia e Vegetação	6
2.2	Clima	9
2.3	Uso e Cobertura da Terra	11
3	PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	13
3.1	Recursos Hídricos	13
3.1.1	Geomorfologia e Bacias Hidrográficas.....	14
3.1.2	Barragens e Açudes	15
3.1.3	Legislação	17
3.2	Impactos Ambientais	20
3.2.1	Barragens e Açudes: Impactos Negativos	21
3.2.2	Mudanças de Uso e Cobertura da Terra (MUCT): Impactos Negativos	24
3.3	Análise Espacial em SIG	26
3.3.1	Sistemas de Informação Geográfica e Geoprocessamento	29
3.3.2	SIG Aplicado ao Planejamento de Recursos Hídricos e MUCT	30
3.4	Regionalização como Metodologia de Análise.....	31
3.4.1	Concepções de Região	31
3.4.2	Regionalização e Divisão Regional.....	34
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
4.1	Definição das Variáveis Utilizadas	40
4.1.1	Geomorfologia	41
4.1.2	Declividade	41
4.1.3	Solos	43
4.1.4	Aumento da Área de Barragens e Açudes (%)	44
4.1.5	Disponibilidade/Uso da Água.....	44
4.1.6	Perda de Área da Vegetação Nativa (%)	46
4.1.7	Aumento da Área da Agrícola (%)	47
4.1.8	Diminuição da Área de Pecuária (%)	48

4.1.9	VAB Pecuária	48
4.2	Levantamento de Dados e Mapeamentos	49
4.2.1	Mapas e Dados Utilizados	49
4.2.2	Sistematização dos Dados e Mapeamentos	50
4.3	Atribuição de Valores para o Grau de Impacto	59
4.4	Regionalização	64
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
5.1	Período de 1985 a 2000	77
5.1.1	Baixo Grau de Impacto	80
5.1.2	Grau de Impacto Moderado	85
5.1.3	Elevado Grau de Impacto	90
5.2	Período de 2000 a 2015	95
5.2.1	Baixo Grau de Impacto	98
5.2.2	Grau de Impacto Moderado	102
5.2.3	Elevado Grau de Impacto	107
5.3	Período de 1985 a 2015	112
5.3.1	Baixo Grau de Impacto	115
5.3.2	Grau de Impacto Moderado	120
5.3.3	Elevado Grau de Impacto	124
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	136
	ANEXOS	147
	Anexo A: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomias por tipologias campestres e florestais (nº de pixels)	147
	Anexo B: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomias por bacias hidrográficas (nº de pixels).....	148
	Anexo C: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomias por COREDE (nº de pixels)..	149
	Anexo D: Dados para a Reclassificação 2 do MapBiomias por COREDE (nº de pixels)..	150
	Anexo E: Dados de disponibilidade/uso de águas superficiais por bacia hidrográfica (ECOPLAN, 2013).....	151
	Anexo F: Mapas de Barragens e Açudes para os anos de 1985 e 2000 (aproximar para melhor visualização).....	152
	Anexo G: Mapas de Barragens e Açudes para os anos de 2000 e 2015 (aproximar para melhor visualização).....	153
	Anexo H: Contagem de Barragem e Açudes por Bacias Hidrográficas Maiores e Menores que 1 pixel para os anos de 1985, 2000 e 2015 e a Soma das suas Áreas.....	154

1 INTRODUÇÃO

As barragens surgiram ao longo da história para ampliar o aproveitamento e controle dos recursos hídricos pelas civilizações. Dentre a

s finalidades para sua criação e utilização, podemos citar a geração de eletricidade, a necessidade de abastecimento da população, a irrigação agrícola visando uma melhoria no processo de produção, o controle de cheias de rios, entre outras. No Brasil, a barragem mais antiga que se tem registro foi construída onde hoje é a área urbana de Recife, no estado de Pernambuco na segunda metade do século XVI, antes da chegada dos holandeses à cidade. Este açude, hoje conhecido como Apipucos, está presente em um registro cartográfico de 1577 elaborado pelos holandeses depois de sua chegada à capital pernambucana (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2011, p.21). Segundo o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), as primeiras grandes barragens foram construídas no Nordeste, devido à Grande Seca, que durou três anos (1877-1879) e levou o governo federal a tomar certas medidas. Sendo assim, em 1887, através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), açudes foram planejados e construídos para a irrigação e abastecimento de água das cidades e pequenos núcleos populacionais do semiárido nordestino (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2011, p.19).

Na década 1950 iniciou-se o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro e o surgimento das primeiras grandes barragens para essa finalidade. No estado do Rio Grande do Sul, as primeiras barragens destinadas à produção energética foram construídas a partir de 1911 e entraram em operação em 1912 em Cruz Alta (barragem Inglês) e Dois Irmãos (barragem Picada 48). O estado do Rio Grande do Sul é conhecido por ser um grande produtor agrícola e pecuário sendo bastante representativo o uso dessas estruturas também para a agricultura irrigada, principalmente para a produção de arroz (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2011, p.95).

Com uma riqueza considerável no que diz respeito a recursos hídricos, o estado possui, em seu território, o maior complexo lacustre-lagunar do mundo (ANDRADE et al, 2012, p.6) abrangendo a Laguna dos Patos, Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira (Sistema Patos-Mirim-Mangueira). Contudo, essas barragens acabam por representar

um desequilíbrio de ecossistemas locais, além de uma alteração drástica das paisagens em um curto espaço de tempo. Uma barragem ou açude construído pode se expandir sobre diversos hectares de vegetação nativa convertida futuramente em áreas agrícolas. Importante salientar que a pecuária sobre o campo nativo é ainda, mesmo que não praticada de forma ecológica, uma atividade que permite a regeneração da vegetação nativa, prevenindo a inserção do monocultivo. Também é fundamental o controle, gerenciamento e estudo com geração de cenários envolvendo esse tipo de empreendimento e seus impactos.

O bioma Pampa, que já perdeu mais da metade de sua área de cobertura vegetal original conforme dados do Ministério do Meio Ambiente em 2002 e recentemente do projeto MapBiomas que abrangem as MUCT entre 1985 e 2017, vem sofrendo constantemente com impactos referentes às ações antrópicas. Uma forma de monitorar e analisar esse tipo de impacto é a utilização de modelos espaciais dinâmicos de mudanças de uso e cobertura da terra (MUCT) atrelados ao uso de tecnologias como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto, que permite o trabalho com diferentes escalas e tipos de dados.

1.1 Problema

O bioma Pampa ao longo dos anos vem sofrendo com forte transformação devido às ações antrópicas voltadas à agropecuária, produção de energia, entre outras atividades. O possível aumento da área ocupada por barragens nos rios e de açudes para essas atividades contribui para a descaracterização do bioma nas regiões onde esses reservatórios se inserem?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a influência da área ocupada e número de barragens e açudes no bioma Pampa entre 1985 e 2015 e seus impactos negativos no que diz respeito à conversão de sua vegetação nativa em uso agrícola.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Cartografar a superfície ocupada e número por barragens e açudes na área correspondente ao bioma Pampa ao longo de 30 anos (1985,2000 e 2015);
- II. Regionalizar os dados referentes às barragens e açudes tomando como critério os sistemas ecológicos campestres e florestais, bacias hidrográficas e conselhos regionais de desenvolvimento que o bioma abrange.
- III. Elaborar mapas temáticos com base no grau de impacto decorrente da variação da área ocupada por barragens e açudes em três períodos: 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015.
- IV. Analisar os principais processos de MUCT ocorridos em cada período e região por grau de impacto negativo de barragens e açudes.

1.3 Justificativa

O domínio morfoclimático de Pradarias, definido e caracterizado por Ab'Sáber (2012), está inserido em sua totalidade no bioma Pampa. Segundo o autor,

A região é altamente beneficiada por cenários naturais. Trata-se talvez da mais bela área de colinas do território brasileiro. A Campanha é uma espécie de "país" de horizontes distendidos e desdobrados, a perder de vista na direção das fronteiras "castelhanas" do Uruguai e da Argentina. (AB'SABER, 2012, p.22).

Conforme Overbeck et al. (2009), pelo Pampa não ser caracterizado por espécies arbóreas, parece não ter o mesmo valor de conservação para a sociedade que biomas florestais. Portanto, sua conservação é constantemente ameaçada pela conversão de seus campos, banhados e matas de galeria em culturas anuais, tendo a orizicultura maior expressão, seguido ultimamente pela expansão das lavouras de soja, ou perenes, caso da silvicultura, além da degradação associada à invasão de

espécies exóticas como o capim-annoni e o manejo agrícola inadequado. Os dados de pecuária, lavoura e agroindústria referentes ao Pampa são, muitas vezes, retirados dos censos agrícolas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2006 e 2017, havendo ainda uma grande potencialidade nos dias atuais de estudos acerca deste bioma visando a sua preservação. Embora haja uma gama de estudos e trabalhos que envolvem seus ecossistemas, este bioma permanece negligenciado pela sociedade e pelo Estado.

O crescimento da área ocupada por barragens e açudes para fins tanto de abastecimento, quanto de irrigação ou para energia é evidente até mesmo pelo fato do aumento da população e produção agrícola do estado do Rio Grande do Sul. Não existem dados sobre a evolução dessas estruturas ao longo do tempo relacionando-as às suas finalidades, assim como não há a quantificação do número e superfície dessas estruturas e, os possíveis impactos ambientais negativos que podem vir a causar ao meio natural.

As tecnologias geoespaciais permitem construir uma coleção de dados sistemáticos, tais como censos apenas para base dos setores; também se mostram importantes na elaboração de atlas e mapeamentos visando uma melhor administração pública destacando áreas que mais demandam atenção sobre determinado assunto. Dentre outras funcionalidades destacam-se planejamento urbano e rural, cartografia, inteligência militar, gerenciamento florestal, serviços postais, estudos socioeconômicos, transportes e mobilidade, análises de mercado, entre outros. Segundo Rigaux et al. (2002), o trabalho com SIG permite desenvolver estudos acerca das MUCT onde pode-se perceber as conversões e onde a cobertura vegetal mais retraiu. Permite a identificação dos recursos hídricos e sua influência futura nas MUCT devido a sua dinâmica através de análises estatísticas de dados geoespaciais e temporais.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os biomas (bio, vida; oma, proliferação) terrestres são em sua maioria caracterizados e denominados “segundo suas principais características físicas ou climáticas e sua vegetação predominante. [...] Cada bioma é também caracterizado por microrganismos, fungos e animais adaptados ao ambiente em particular” (REECE et al, 2015, p. 1165). Contudo, o número de subdivisões em qualquer lista de biomas é definido pelo pesquisador de modo arbitrário conforme o objetivo específico da lista.

Devido à sua ampla extensão geográfica, muitas vezes cobrindo regiões em mais de um continente, os biomas normalmente consistem em vários tipos de ecossistemas, que refletem gradientes e interações. [...] As definições do bioma geralmente não se relacionam com o tipo de uso da terra que ocorre nos seus limites. Os biomas podem, no entanto, ser considerados indicadores da prática agrícola ou florestal com potencial econômico em uma determinada região (CRAMER, 2002, p.167, tradução nossa).

Um dos seis biomas brasileiros e o segundo menor em relação à proporção territorial ocupada, o Pampa está presente apenas no estado do Rio Grande do Sul, onde ocupa 63% do seu território conforme a Figura 1. Abrange uma área de 176.496 km², referentes a 2,07% do território brasileiro (IBGE, 2004).

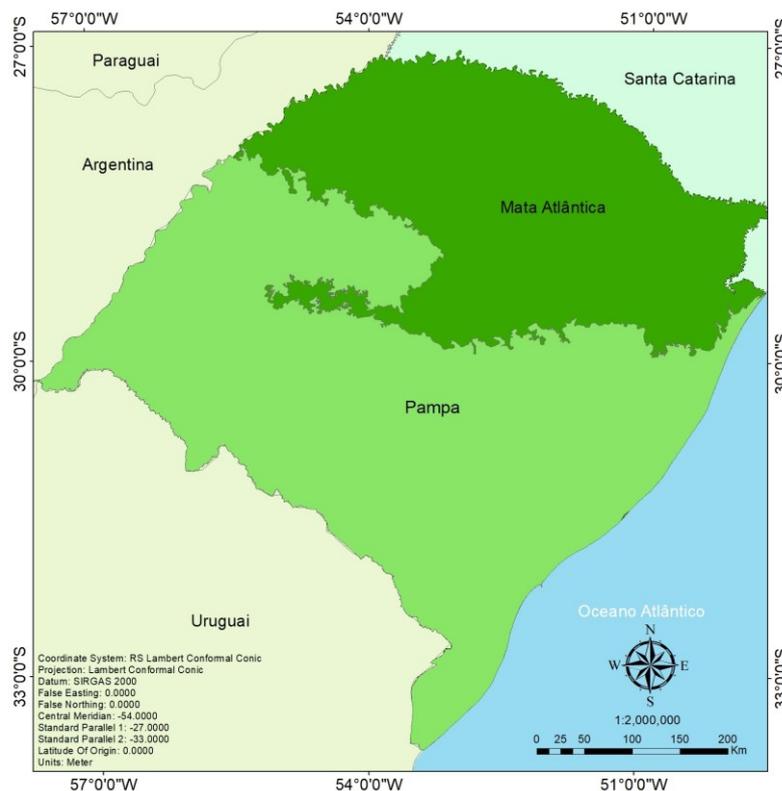


Figura 1: Biomas do Rio Grande do Sul. Fonte: IBGE.

O Pampa, também está presente no Uruguai e na Argentina, países vizinhos ao Rio Grande do Sul, que também compartilham da agropecuária como uma das principais atividades econômicas. A vegetação herbácea, característica do bioma, é resultado das condições paleoclimáticas que remetem ao último período glacial, cerca de 18 mil anos atrás (BEHLING et al., 2005).

É caracterizado por diversos ecossistemas que garantem a conservação dos recursos hídricos, disponibilidade de polinizadores, provimento de recursos genéticos, além de ser utilizado como fonte forrageira para a pecuária. O bioma abriga também uma grande biodiversidade, o que lhe confere um enorme valor paisagístico e turístico (PILLAR et al., 2009, p.8).

2.1 Geomorfologia e Vegetação

O bioma está associado às paisagens com extensas planícies cobertas de vegetação rasteira. Possui como principais formações os campos, banhados, matas ciliares (de galeria), capões de mato e matas de encostas. Em seu "relevo suave [...] se destacam os tabuleiros (cerros, na denominação local) e as coxilhas, dominantes formas mamelonares compondo suaves ondulações" (SUERTEGARAY & SILVA, 2009, p.43-44).

Todas as unidades geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul estão presentes no Pampa: Planalto Meridional, *Cuesta* de Haedo (relevo planáltico de declive suave, com front a leste e reverso em direção ao Uruguai), Depressão Periférica, Escudo Sul-riograndense e Planície Costeira demonstrando sua diversidade paisagística (RIO GRANDE DO SUL, 2019). Em decorrência disto, é importante não pensar tal área como homogênea, visto sua proximidade a outros biomas, além de apresentar diferentes condições físico-químicas ao longo de sua extensão como diversas tipologias pedológicas e litológicas, formas de relevo, variações climática e paisagística entre outros aspectos.

Conforme levantamento da geodiversidade realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em 2010 onde foram classificados aspectos físicos e socioeconômicos do estado do Rio Grande do Sul, o Pampa apresenta em sua abrangência áreas de campos de dunas próximo ao litoral, morros e serras baixas na região centro sul e parte do oeste, superfícies aplainadas degradadas ou

conservadas próximas à fronteira com a Argentina, colinas amplas e suaves na área correspondente à Depressão Periférica, planícies fluviais ou lacustres nas áreas de várzea, colinas dissecadas e morros baixos distribuídas entre a sua área de transição para a Mata Atlântica, com o Uruguai e noroeste do bioma, além de terraços lagunares e planícies flúvio-marinhas ao redor do complexo lacustre-lagunar Patos-Mirim-Mangueira (VIERO & SILVA, 2010, p. 40).

Uma das formas de regionalização do bioma diz respeito à tipologia campestre ou florestal. Com base nos mapas do MapBiomias, Hasenack (2017) identificou primeiramente três grandes conjuntos fisionômicos referentes à vegetação natural da área correspondente ao Pampa: mosaicos campo-floresta, campos de terras baixas e campos de solos bem drenados (ver Figura 2A).

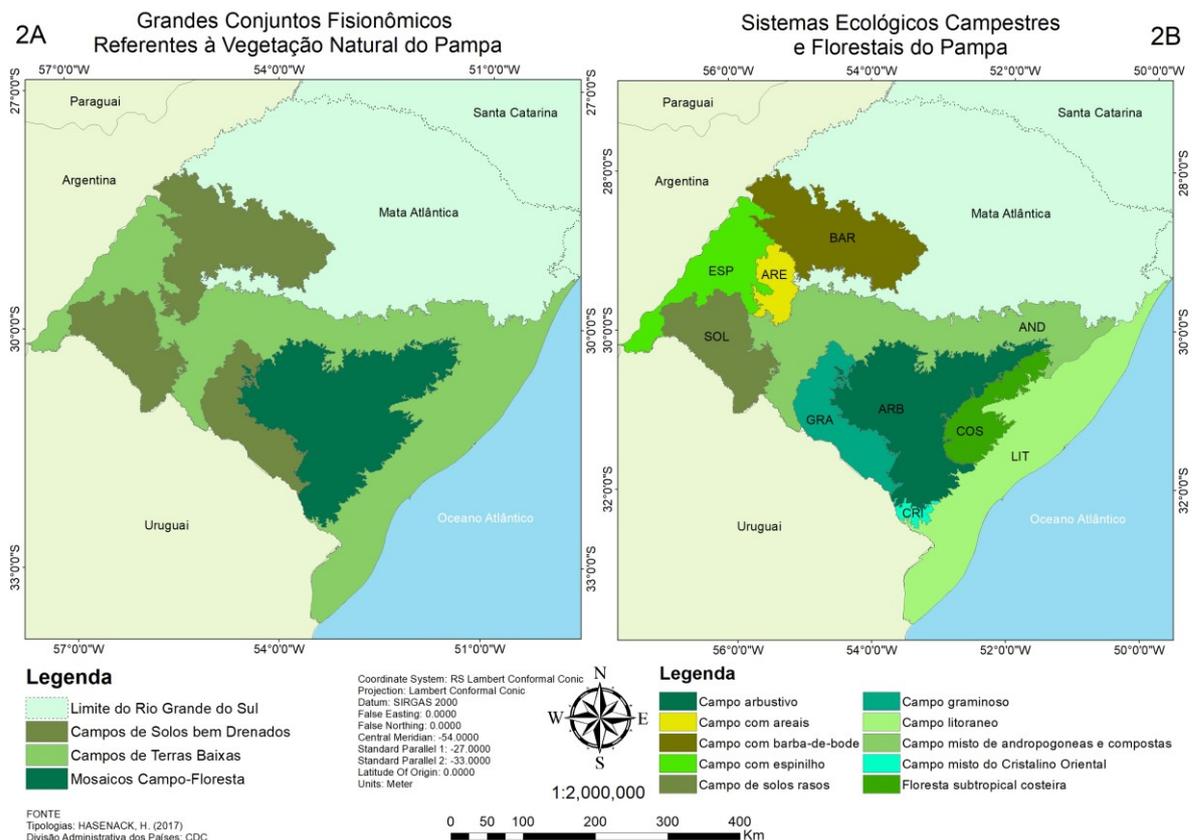


Figura 2: A) Grandes conjuntos fisionômicos referentes à vegetação natural do Pampa. B) Sistemas ecológicos campestres e florestais do Pampa. Adaptado de Hasenack (2017).

Os mosaicos campo-floresta encontram-se sobre as formações graníticas do Escudo Sul-rio-grandense, os campos de terras baixas sobre os depósitos sedimentares da Planície Costeira e Depressão Central e, os campos de solos bem drenados nas demais áreas. As florestas correspondem às matas ciliares, também

ocupando as faces sul de encostas. A vegetação campestre é caracterizada por gramíneas e cactáceas (HASENACK, 2017, p.7).

Com o objetivo de elaborar uma classificação mais detalhada identificando a área ocupada destes sistemas ecológicos, conforme Figura 2B, o autor toma como critérios a altitude, declividade e tipo de solo do bioma para delimitar os sistemas ecológicos campestres do Rio Grande do Sul dos quais nove aparecem no Pampa, além da Floresta Subtropical Costeira (COS), como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Tipologias campestres encontradas no Pampa. Adaptado de Hasenack, 2017, p. 29.

Tipologias Campestres	Classes de Altitude	Classes de Declividade	Grupos de Solos
Campo Litorâneo (LIT)	Terras Baixas	Suave	Hidromórficos
Campo Arbustivo (ARB)	Sub-Montano	Ondulado	Profundos com Baixa Fertilidade
Campo Misto do Cristalino Oriental (CRI)	Sub-Montano	Suave	Profundos com Baixa Fertilidade
Campo Misto de Andropogôneas e Compostas (AND)	Sub-Montano	Suave	Profundos com Baixa Fertilidade
Campo Graminoso (GRA)	Sub-Montano	Suave	Profundos com Baixa Fertilidade
Campo com Barba-de-Bode (BAR)	Montano e Alto Montano	Suave	Rasos ou Profundos com Baixa Fertilidade
Campo com Areais (ARE)	Sub-Montano	Suave	Profundos com Baixa Fertilidade
Campo com Espinilho (ESP)	Sub-Montano	Suave	Hidromórficos
Campo de Solos Rasos (SOL)	Sub-Montano	Suave	Rasos

Com base em dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do IBGE, o autor define como Terras Baixas, altitudes entre 0 e 30 metros; Sub-montano entre 30 e 400 metros; Montano entre 400 e 1.000 metros; e Alto Montano acima de 1.000 metros. Em relação à declividade define como Suave de 3 a 8% e Ondulado de 8 a 20%. Para os solos, considerou os dados do IBGE como critério de classificação (HASENACK, 2017, p. 26).

Os campos litorâneos possuem como características gramíneas radicantes de porte baixo que promovem uma boa cobertura do solo. Os campos arbustivos além das formações graminosas que aqui são mais comuns as cespitosas (multicaules) eretas, são caracterizados também por formações arbustivas e espécies leguminosas tanto entre os campos quanto próximo às beiras de estrada. Os campos mistos do cristalino oriental são formados em sua grande maioria por espécies de gramíneas estivais (crescem no verão) e pouquíssimas hibernais (crescem no inverno) que sofrem alta pressão de pastejo. Os campos mistos com andropogôneas (tribo de gramíneas) e compostas também são caracterizados pelo sobrepastejo com vegetação rala e solo exposto em determinadas áreas onde se sobressaem as compostas. No campo graminoso se destacam as gramíneas hibernais e algumas leguminosas. Os campos com barba-de-bode costumam apresentar dois estratos: o superior com o predomínio da barba-de-bode (*Aristida jubata* e *A. laevis*) e o inferior com gramíneas rizomatosas (caules subterrâneos). Nos campos com areais as gramíneas são adaptadas a ambientes áridos com folhas coriáceas (semelhantes ao couro), brilhosas ou reduzidas com seu sistema subterrâneo bem desenvolvido. O campo com espinilho é caracterizado por espécies gramíneas, também em muitas vezes apresentando dois substratos, juntamente com espécies leguminosas lenhosas. Por último, os campos de solos rasos possuem a peculiaridade de baixa retenção de umidade devido o déficit hídrico e suas gramíneas cespitosas de porte baixo se desenvolvem sobre solos basálticos pouco desenvolvidos e pedregosos (HASENACK, 2017, p. 30-35).

2.2 Clima

Rossato (2011) reconhece as classificações climáticas em escala global já consagradas, onde o estado do Rio Grande do Sul, localizado em latitudes médias, está situado no domínio climático subtropical úmido (Strahler, Trewartha) ou temperado úmido Cf sem estação seca e com temperaturas amenas (Köppen). Contudo, a autora propõe uma classificação mais detalhada e com importantes distinções regionais acerca destes climas.

Sendo assim, o Rio Grande do Sul apresenta quatro variações climáticas de clima subtropical, sendo duas destas divididas em outras duas classificações: Subtropical Ia e Ib, II, III, IVa e IVb, além das áreas de transição climática (Rossato,

2011). Destes, apenas o IVb, subtropical muito úmido com inverno frio e verão fresco, não ocorre na área ocupada pelo Pampa. O clima Subtropical Ia caracteriza-se por ser pouco úmido com inverno frio e verão seco com precipitação entre 1200-1500 mm anuais e temperatura média anual entre 17-20°C. Este clima é predominante sobre todo Escudo Sul-riograndense e Litoral Sul da Planície Costeira. O clima Subtropical Ib, também pouco úmido, apresenta invernos frios e verões quentes, com precipitação média anual entre 1400-1700 mm e temperatura média anual entre 20-23°C sendo característico da *Cuesta do Haedo*.

O Clima Subtropical II, medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, ocorre ao longo de toda Depressão Central e Litoral Médio da Planície Costeira. Apresenta precipitação média anual entre 1500-1700 mm e a temperatura média anual varia entre 17-20°C.

O Clima Subtropical III, úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, ocorre sobre o Litoral Norte da Planície Costeira e ao longo da escarpa do Planalto Meridional, apresentando chuvas médias anuais oscilando entre 1700-1800 mm e temperatura média anual variando entre 17-20°C.

O último clima existente no Pampa é o Subtropical IVa, muito úmido com inverno fresco e verão quente. Este clima é característico do norte-noroeste do Planalto Meridional, no vale do Rio Uruguai. Com precipitação média anual entre 1700-1900 mm e temperatura média anual variando entre 20-23°C, é a região que apresenta maior média de temperatura anual do estado devido a sua continentalidade e atuação dos sistemas climáticos tropicais (ROSSATO, 2011, p. 199).

Com esta diversidade climática, conclui-se que a área correspondente ao bioma não se apresenta de forma homogênea. Desta forma, a disponibilidade hídrica também é diferenciada onde a Bacia do Alto Uruguai, norte-noroeste do Planalto Meridional, é a área do bioma que mais recebe chuvas ao longo do ano e a região correspondente ao Escudo Sul-Riograndense é a menos úmida.

Cabe salientar também os eventos climáticos que são recorrentes no estado do Rio Grande do Sul e logo, no Pampa. O *El Niño* e o *La Niña* são partes do mesmo fenômeno denominado *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) decorrente do aquecimento (*El Niño*) ou resfriamento (*La Niña*) das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial

afetando diretamente as médias de temperatura e precipitação globais. Sendo assim, cada região do planeta é afetada diferentemente de outra por cada um desses eventos. No caso do Rio Grande do Sul e do bioma Pampa, nos anos de *El Niño* ocorre o aumento das médias e dos índices pluviométricos, ou seja, mais calor e mais chuva. No caso do *La Niña* ocorre longos períodos de estiagem (INPE, 2016). Isto afeta diretamente na produção e uso da terra onde já foram perdidas diversas safras devido a estes eventos que tendem se alternar a cada 3-7 anos. Nos últimos 40 anos, conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020), os anos mais severos de *El Niño* foram de 1982/1983, 1987/1988, 1991/1992, 1997/1998 e 2015/2016. O *La Niña* não apresentou eventos severos dentro deste período.

2.3 Uso e Cobertura da Terra

Por se tratar de uma região com predominância de relevos planos, planícies e planaltos, e clima subtropical pouco úmido, médio, úmido ou muito úmido, um dos grandes impactos ambientais que o bioma sofre em relação aos seus recursos hídricos relaciona-se à agricultura irrigada, mais especificamente à orizicultura. Tal atividade é bastante representativa do Pampa, estando presente principalmente nas áreas de várzea de quase todas as principais bacias hidrográficas do bioma. (BASSO, 2012, p.90).

Cerca de 90% da biomassa das matas ciliares da área correspondente às Pradarias, oeste-sudoeste do Pampa, foram eliminadas e convertidas em lavouras de arroz (AB'SABER, 2012, p.22). A paisagem sofreu enorme transformação onde açudes e barragens foram criados para irrigação e dessedentação animal, além de talhões simétricos de eucaliptos e pinus que surgem a todo o momento se sobressaindo como florestas antrópicas isoladas em meio às coxilhas.

. Desde 1975, o bioma perdeu cerca de 26% de área ocupada pelos seus campos nativos convertidos em áreas agrícolas (OLIVEIRA et al, 2017, p. 394). A cultura da soja expandiu-se muito e está cada vez mais presente no bioma. Ela aparece em regiões que, até poucas décadas atrás, não estava presente. A inserção de novas culturas juntamente ao manejo agrícola inadequado viabilizou o surgimento de dunas devido à forte erosão eólica em determinadas áreas. Como consequência, estes sítios são abandonados e, como atividade econômica alternativa, as florestas plantadas ganharam espaço. Esse crescimento de mostrou notável entre os anos de

1995 e 2005 segundo dados dos Censos Agropecuários realizados pelo IBGE passando assim, a fazer parte da paisagem do bioma alterando sua configuração nativa (OLIVEIRA et al, 2017, p. 394-365).

Nesta conjuntura, a pecuária sobre o campo nativo se apresenta como uma das atividades econômicas mais compatíveis e que mais permitem a regeneração do Pampa (HANSENACK, 2017, p.12). Através de uma utilização sustentável respeitando a capacidade de gado suportada pela área, reduz a necessidade de conversão da cobertura original em cultivo de pastagem, mesmo que infelizmente essas práticas sustentáveis sejam pouco frequentes. Contudo, nas últimas décadas a pecuária vem se desvalorizando, perdendo espaço para a produção de grãos, como a soja, a qual oferece maior retorno econômico (OVERBECK et al., 2009, p.35).

Uma das formas de analisar esse recuo espacial de certas atividades econômicas e o avanço de outras é através das MUCT. Até o presente ano a plataforma MapBiomas classifica o uso e cobertura da terra de todo território nacional, abrangendo uma série de 33 anos (1985 a 2017). Segundo estes dados, o grupo de classes correspondente ao uso agropecuário foi o que apresentou o maior crescimento, com 8%, na área do bioma Pampa ao longo dos 33 anos analisados. As classes oriundas do grupo de Formações Naturais Não-Florestais, onde estão inclusos os campos, foram as que sofreram maior perda, cerca de 9% da área originalmente ocupada em 1985. Outra cifra expressiva é o aumento do território abrangido pela silvicultura, que inexistia em 1985 e alcançou 2% em 2017 (PROJETO MAPBIOMAS, 2018).

Sendo assim, o Bioma vem sofrendo ao longo dos anos forte conversão de sua vegetação nativa em áreas antropizadas. “Em termos relativos, o Pampa é o segundo bioma brasileiro com maior descaracterização das suas paisagens naturais” (HANSENACK, 2017, p.9). Nesse contexto, cerca da metade da superfície coberta pelos campos naturais do bioma já havia sido convertida em outros tipos de cobertura (MMA, 2002).

3 PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

3.1 Recursos Hídricos

As primeiras civilizações instalaram-se nas margens ou próximas a rios, nascentes, lagos, etc. Isto permitia fácil acesso à água tanto para utilização pessoal quanto para o desenvolvimento da agricultura e criação de animais. Isto demandava certo gerenciamento, pois a prosperidade de determinada civilização dependia da boa gestão de seus recursos hídricos originando, por exemplo, a criação da roda d'água e aquedutos que permitiam desviar água de rios e lagos para poços e canais de irrigação, desenvolvendo também a agricultura local (CECH, 2013, p.16-17). Caso contrário, impactava negativamente em sua população, pois afetava diretamente na saúde e bem-estar e, em último caso, causava a sua extinção (CECH, 2013, p.1-3).

Primeiramente é importante diferenciar os termos “Água” e “Recurso Hídrico”. O primeiro refere-se ao “elemento natural desvinculado de utilização, já o termo recurso hídrico considera a água como bem econômico utilizável para diversos fins” (TELLES, 2013, p.28). Desta forma, o conceito de recurso hídrico está diretamente ligado ao uso que damos à água, sendo a mesma um recurso renovável. Pode-se, assim, citar como usos da água: a agricultura, pecuária, geração de energia elétrica, diluição de esgotos, navegação, paisagismo, aquicultura, turismo, recreação, microclima, mineração, indústria, entre outros (TELLES & GÓIS, 2013, p.178). Entre estes usos, destacam-se a agropecuária, o uso industrial e o abastecimento doméstico. Isto se dá pelo fato de juntos, utilizarem quase 100% de toda captação de águas doces no planeta (TELLES & GÓIS, 2013, p.178).

Levando em consideração a água existente na Terra, 97,5% representa a água salgada presente nos mares e oceanos. Dos 2,5% restantes que representam as águas doces, 68,7% estão em geleiras e calotas polares, 30,1% nos aquíferos e 0,8% no permafrost (PINTO-COELHO & HAVENS, 2016, p.11-13). Com isto, rios, lagos, áreas úmidas, vapor de água, umidade do solo e a biota representam apenas 0,4% de toda a água doce disponível no planeta, sendo estes 0,4% os mais utilizados pela sociedade devido sua disponibilidade na superfície e fácil acesso e tratamento para o uso (PINTO-COELHO & HAVENS, 2016, p.11-13). Sendo assim, o ser humano, devido a sua necessidade, acaba por reordenar os recursos hídricos superficiais buscando uma otimização e controle dos mesmos, visto sua importância vital.

“Perfuramos poços, construímos cisternas e reservatórios, represamos e desviamos rios para direcionar a água, tanto espacial (geograficamente, de uma área para outra) como temporalmente (ao longo do tempo, de uma parte do calendário a outra)” (CHRISTOPHERSON, 2012, p.244).

Contudo, mesmo que este recurso seja classificado como renovável, sua disponibilidade para o uso humano vem se tornando cada vez mais escassa (D’ISEP, 2006, p. 38). O mau manejo, monitoramento e gerenciamento dos recursos hídricos pode ocasionar poluição, eutrofização e, por fim, a inutilização dos mesmos. Isto se deve, também, às mudanças climáticas globais, em que calotas de gelo, que representam a maior parcela da água doce do planeta, estão derretendo e se diluindo em águas salgadas oceânicas (MOLION, 2008, p. 9). Concomitante a isto, tem-se o esgoto doméstico das áreas urbanizadas que são despejados diretamente nos corpos d’água e uso exacerbado e sem consciência ambiental de setores da economia como o agronegócio e a indústria, que juntos representam cerca de 90% do uso da água doce captada (TELLES & GÓIS, 2013, p.178). Diversos ecossistemas, aquáticos e terrestres, podem ser deteriorados devido à má gestão, podendo ser evitado com a aplicação de uma legislação adequada e rigorosa e um gerenciamento eficaz.

O Brasil, por sua vez, é um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo no que diz respeito a águas doces (LIBANIO, CHERNICHARO & NASCIMENTO, 2005, p. 222). Possui os climas tropical, subtropical, equatorial e semiárido, onde mais de 90% de seu enorme território recebe médias de precipitação entre mil e 3 mil mm/ano, consideradas como médias elevadas (CONTI & FURLAN, 2005, p.100-108). Isto permite que os recursos hídricos do país sejam perenes em sua grande maioria e bem abastecidos e alimentados ao longo do ano. Todo este potencial representa mais da metade da descarga/produção hídrica da América do Sul e cerca de 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2006, p. 27). O país também é um dos maiores produtores agrícolas do mundo e um dos únicos do mundo que possui a energia hidráulica como principal matriz de energia, representando 88% (KELMAN et al., 2006, p. 510).

3.1.1 Geomorfologia e Bacias Hidrográficas

Segundo Coelho Netto (2012), a geomorfologia está diretamente ligada à água e sua disponibilidade em determinado local é o principal fator modelador do relevo

através de processos como intemperismo, pedogênese e erosão. Por isso o reconhecimento, localização e quantificação dos fluxos de água para a compreensão da dinâmica dos processos geomorfológicos são importantes.

Um dos conceitos mais relacionados à Geomorfologia no que diz respeito aos recursos hídricos é o de “bacia hidrográfica”. Existem diversas definições para este conceito, alguns mais embasados nas condições físicas e naturais de uma determinada área, outros que também englobam características socioeconômicas.

Para Guerra (1993), bacia hidrográfica é o

[...] conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. [...] A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede potâmica e a água escoar normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. [...] O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia (GUERRA, 1993, p.48).

Levando em conta aspectos socioeconômicos, Barbosa et al. (1997, p.258) definem bacias hidrográficas como “sistemas terrestres e aquáticos geograficamente definidos, compostos por sistemas físicos, econômicos e sociais”. Ou seja, os autores defendem a bacia hidrográfica como um espaço ambiental e social, uma sobreposição de sistemas naturais e sociais, sendo uma unidade de análise para o planejamento, visto que fatores econômicos, políticos e culturais influenciam na sua dinâmica e comportamento. No Brasil, as bacias hidrográficas são, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o território de planejamento ambiental para os recursos hídricos.

3.1.2 Barragens e Açudes

Um dos meios encontrados para otimizar a utilização dos recursos hídricos é a construção de barragens e açudes. As barragens são obstáculos artificiais com objetivo de reter água, rejeitos e detritos, para fins de armazenamento ou controle (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2013). São geralmente usadas para fins de abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, controle de sedimentação, controle de cheias e geração de energia elétrica. Essas estruturas permitem coletar e armazenar água nos períodos de cheia para utilizá-la posteriormente em épocas de seca. (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2013).

Barragens para controle de cheias são construídas a montante de uma área ocupada com intuito de proteger a população situada a jusante de possíveis inundações (CECH, 2013, p. 173). Para a geração de energia hidrelétrica, normalmente são construídas onde haja um grande desnível entre o reservatório a montante e a saída do rio a jusante, sendo este desnível compatível com as turbinas de geração de energia elétrica (CECH, 2013, p. 173).

Contudo, esse tipo de construção gera impactos socioambientais que muitas vezes não são considerados, visto os benefícios que eles proporcionam à sociedade. Dentre os principais impactos negativos causados estão a "afetação de outros proprietários devido à extensão do reservatório, a sedimentação do reservatório, o crescimento de plantas aquáticas, a redução significativa dos escoamentos para jusante e a circulação de peixes." (BRASIL, 2015, p.146). Dentre outros impactos destacam-se a alteração da temperatura da água, de variáveis químicas como oxigênio dissolvido, fósforo, gás carbônico, entre outros, além da composição e produção de plâncton, fitoplâncton e zooplâncton (TUNDISI et al., 2006, p.210).

Define-se como açude,

[...] qualquer estrutura artificial de terra, de alvenaria, de concreto simples ou de armado, com ou sem escavação, para acumulação de águas pluviais diretamente incidentes na respectiva bacia de contribuição ou as oriundas de cursos d'água de característica efêmera ou desvio de parte da vazão de curso d'água, devendo ser constituído de mínimo maciço e vertedouro. (RIO GRANDE DO SUL, 2016, Art. 2º, item I).

Os açudes são geralmente construídos nos setores médios e baixos de vertentes, principalmente em relevos com geometrias côncavas; podem ocorrer raramente nos setores superiores da vertente e estão associados a usos não urbanos e, no geral, são desprovidos de vegetação ciliar (VENEZIANI, 2014, p.40). Possuem grande importância para a manutenção e a dinâmica da bacia hidrográfica, servindo como reservatório de águas pluviais em épocas chuvosas, para serem utilizadas no período de estiagem (VENEZIANI, 2014, p.40). São pequenos barramentos que formam espelhos d'água, na sua grande maioria, perenes ao longo do ano. A declividade padrão do vale para a construção do barramento é entre 10 e 15% na seção transversal e de 0,5 a 2% na seção longitudinal (MOLLE & CADIER, 1992, p. 65). Áreas mais planas ou muito íngremes tornam a construção de açudes inviável para o pequeno agricultor, pelo seu custo elevado.

No que diz respeito aos problemas decorrentes à criação de açudes, Ramalho (2009, p. 192-193) aponta como principal, a alteração do escoamento para o rio principal. Esta alteração causa impactos em todo o ambiente da bacia hidrográfica que se refletem a montante do açude, em torno do mesmo e a jusante visto que parte da água da chuva fica retida neste reservatório. Áreas a montante e a jusante são afetadas na competência e capacidade de transporte de sedimentos dos rios principais e seus afluentes, podendo alterar sua dinâmica e posteriormente e afetando a fauna e flora locais (RAMALHO, 2009, p.192-193).

3.1.3 Legislação

É muito citado que o arcabouço legal brasileiro no âmbito ambiental é muito bem estruturado e segundo menciona o próprio Ministério do Meio Ambiente, “as leis que tratam do meio ambiente no Brasil estão entre as mais completas e avançadas do mundo”. Dentre estas leis estão a Lei das Florestas nº 4.771 de 15/09/1965, a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente nº 6.938 de 17/01/1981, a Lei da Área de Proteção Ambiental nº 6.902 de 27/04/1981, a Lei dos Agrotóxicos nº 7.802 de 10/07/1989, a Lei da Política Agrícola nº 8.171 de 17/01/1991, a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) nº 9.433 de 08/01/1997 e a Lei de Crimes Ambientais nº 9.605 de 12/02/1998.

Devido à necessidade de uma melhor gestão e controle dos recursos hídricos no Brasil, foi criada a Lei Nacional de Águas nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. O Art. 2º dispõe de seus objetivos:

[...] assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 1997a, Art. 2º).

Dentre os seus principais instrumentos para garantir sua efetividade, destacam-se o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH) e os Planos de Recursos Hídricos, que orientam e fundamentam a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo a PNRH, uma das atribuições do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, colegiado responsável pela implementação e gestão dos recursos hídricos no país, ocupando a estância mais alta na hierarquia do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH), é de “zelar

pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)" e "estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)". (BRASIL, 1997, Art. 34º, inciso XI e XII).

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a PNSB. Nela são descritas as classificações para as barragens, seus usos, dispõe que a fiscalização é realizada pelos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), cita os itens que devem aparecer no Plano de Segurança de Barragens (PSB), entre outros importantes aspectos. Um de seus fundamentos declara que "a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais" (BRASIL, 2010b, Art. 4º, inciso V). Sendo assim, a construção de uma barragem de maior porte deve levar em conta todos os seus impactos ambientais, sendo todos informados e discriminados em seu PSB, em seu Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e no respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima), mantendo a ética, e não apenas considerando o aspecto econômico do empreendimento (BRASIL, 1986).

No âmbito do Rio Grande do Sul, temos a Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994 que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH). Ela define a Política Estadual dos Recursos Hídricos (PERH) com seus objetivos, princípios e diretrizes. Compõem o SERH o Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (CRH), os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica e as Agências de Região Hidrográfica. Também dispõe sobre o CRH e suas atribuições, sendo este o órgão deliberativo que ocupa a estância mais alta na hierarquia do SERH. Posteriormente foi instaurado o Decreto Estadual nº 37.033, de 21 de novembro de 1996 que regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado. Segundo o mesmo, entende-se como uso da água "qualquer utilização, serviço ou obra em recurso hídrico, independentemente de haver ou não retirada de água, barramento ou lançamento de efluentes, que altere seu regime ou suas condições qualitativas ou quantitativas" (RIO GRANDE DO SUL, 1996, Art. 2º). Este decreto dispõe de todas as etapas e condições necessárias para a obtenção da outorga para uso da água respeitando previamente as leis nacionais.

Procurando uma melhor gestão de seus recursos hídricos, o CRH do Estado elaborou a Resolução nº 141, de 21 de março de 2014 que institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, instrumento de planejamento estratégico que fundamenta e orienta a PERH. Discorre sobre os conceitos necessários para entendimento acerca de recursos hídricos, além de seus objetivos, diretrizes e metas. Segundo a resolução, o PERH deve ser atualizado a cada quatro anos ou quando o CRH achar necessário. Prioriza a uso da água sendo o item mais importante o abastecimento humano urbano e em seguida o abastecimento rural.

Posterior a isso, foi criado o Decreto Estadual nº 52.931, de 07 de março de 2016 que dispõe sobre os procedimentos para a outorga do direito de uso da água e obtenção de alvará de obra de reservatórios. Ele está diretamente relacionado a barragens e açudes e sua outorga para construção e funcionamento. Ele institui que

Os reservatórios artificiais outorgados ou com alvará destinados à irrigação, podem também ser utilizados para dessedentação animal e esta atividade agregada não importa em nova outorga ou alvará, devendo apenas ser informada ao órgão ambiental no requerimento da outorga (RIO GRANDE DO SUL, 2016a, Art. 1º, par.1º).

A resolução discorre sobre a reserva de disponibilidade hídrica e outorga do direito de uso da água, autorização prévia para construção, regularização quanto à outorga do direito de uso de água, alvará da construção, segurança de barragens com o plano de segurança das barragens elencando os principais itens que devem estar neste documento, e a conservação, funcionamento e baixa das obras. Conforme o Art. 5º deste documento, um empreendimento precisa passar pelas seguintes etapas:

1. Autorização para Supressão de Vegetação Nativa, quando existente;
2. Reserva de Disponibilidade Hídrica ou Dispensa de Outorga de Uso da Água;
3. Licença Prévia do empreendimento;
4. Autorização Prévia para Construção;
5. Outorga do Direito de Uso da Água;
6. Licença de Instalação do empreendimento;
7. Alvará da Obra; e
8. Licença de Operação do empreendimento.

Segundo o Art. 7º desta resolução, é concedida a dispensa de outorga do direito do uso da água, sem necessidade de cadastro junto ao órgão ambiental, os empreendimentos de irrigação que utilizarem açudes com volume de água armazenado de até 5.000.000m³ e barragens com volume armazenado de até 3.000.000m³. Os demais empreendimentos que utilizam reservatórios de maior volume não estarão isentos.

Também em 2016, foi aprovada a Resolução do CONSEMA nº 323/2016 que dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de irrigação. A mesma classifica os empreendimentos como: irrigação pelo método superficial com barragens; irrigação pelo método superficial com açudes; irrigação pelo método superficial sem uso de reservatórios; irrigação pelo método de aspersão ou localizado com barragens; irrigação pelo método de aspersão ou localizado com açudes; irrigação pelo método de aspersão ou localizado sem uso de reservatórios; barragem para irrigação – apenas para fornecimento de água, e; açude para irrigação – apenas para fornecimento de água.

O Capítulo VI dispõe sobre a Supressão de Vegetação Nativa onde, no seu Art. 18º, menciona que

Os empreendimentos de irrigação onde seja necessária supressão de vegetação nativa deverão incluir em seus procedimentos a obtenção de autorização para supressão de vegetação nativa junto ao órgão competente do sistema nacional de meio ambiente – SISNAMA (RIO GRANDE DO SUL, 2016b, Art 18º).

Por fim, em 2018, foi aprovada a Resolução CRH nº 274 de 06 de junho de 2018 que estabelece critérios gerais de outorga de açudes e barragens. Dispõe sobre os Art. 7º e 15º do Decreto Estadual nº 52.931, de 07 de março de 2016.

3.2 Impactos Ambientais

Conforme o Art. 1º da Resolução do CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, considera-se impacto ambiental

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p.1).

Contudo é importante frisar que não existem apenas impactos relacionados a problemas, mas também a benefícios tanto quanto para o meio físico, fauna e flora quanto para a sociedade (ROHDE, 1989, p. 12). Desta forma, Rohde (1989) propõe uma classificação acerca de elementos dos impactos ambientais e suas respectivas possibilidades, permitindo melhorar sua análise e descrição resultando, por exemplo, em Estudos e Relatórios de Impactos Ambientais (EIA/RIMA) mais elaborados, conforme é apresentado na Tabela 2. Com estes elementos, é possível realizar uma análise mais detalhada de cada impacto.

Tabela 2: Características dos Impactos Ambientais. Fonte: Rohde (1989, p. 12).

Elementos dos Impactos	Possibilidades
Desencadeamento	Imediato; Diferenciado; Escalonado
Frequência ou Temporalidade	Contínua; Descontínua; Época do Ano
Extensão	Pontual; Areal-Extensivo; Linear; Espacial
Reversibilidade	Reversível/Temporário; Irreversível/Permanente
Duração	1 ano ou mais; 1 a 10 anos; 10 a 50 anos
Magnitude (escala)	Grande; Média; Pequena
Importância	Importante; Moderada; Fraca; Desprezível, etc. (significado local)
Sentido	Positivo; Negativo
Origem	Direta: efeitos primários; Indireta: efeitos secundários e terciários, etc.
Acumulação	Linear; Quadrática; Exponencial, etc.
Sinergia	Presente; Ausente
Distribuição dos ônus/benefícios	Socializados; Privatizados

3.2.1 Barragens e Açudes: Impactos Negativos

A grande maioria dos impactos ambientais negativos da construção de barragens e açudes relaciona-se ao meio natural: relevo, fauna, flora e mudanças das condições hídricas. Tanto em trechos de rios quanto em novos açudes, o problema central é a alteração da vazão do rio principal e seus afluentes. A água da chuva que deveria escoar para a rede de drenagem, acaba por ficar retida, o que afeta

diretamente a qualidade da água, como por exemplo, a sua salinidade, condutividade ou acidez.

A partir da mudança física causada pela construção da barragem e enchimento do lago, efeitos de primeira ordem que se iniciam com o fechamento da barragem, são os de alteração do regime de vazões, de transportes de sedimentos, de qualidade da água e das espécies planctônicas. Os efeitos de segunda ordem resultam das consequências dos de primeira ordem e podem ser as alterações de produtividade primária após a formação do lago e as alterações nas características do canal a jusante. Esses impactos requerem períodos por vezes longos, de até 100 anos, para que uma nova forma de equilíbrio seja encontrada. Os impactos de terceira ordem refletirão as consequências conjuntas de todos os impactos de primeira e segunda ordem, e se farão sentir sobre as cadeias alimentares. Haverá um ajustamento das espécies às novas condições físicas do local (PORTO, 1991, apud PIMENTEL, 2004, p. 50).

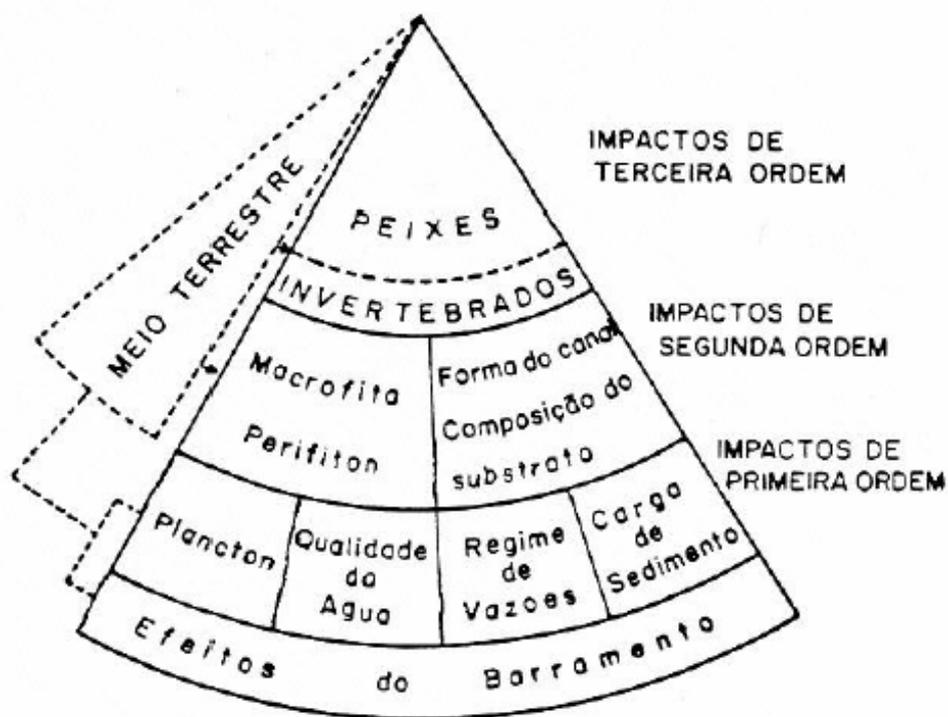


Figura 3: Sequências de alterações causadas pela construção de barragens em rios. Fonte: PORTO, 1991 apud PIMENTEL, 2004, p. 50.

Estes problemas podem ser observados nos meios físico, biótico e antrópico conforme Tabela 3. Os impactos podem se tornar cumulativos quando houver sucessivos barramentos ao longo da bacia hidrográfica.

Tabela 3: Problemas ambientais decorrentes da construção de barramentos. Fonte: CANTER & VLACHOS, 1991, apud PIMENTEL, 2004, p. 51-52.

Impactos ao	Alteração do regime de vazões
	Erosão das margens do canal a jusante

	Mudanças nos estuários, erosão nos deltas
	Erosão e instabilidade dos taludes marginais do reservatório
	Alteração do nível do lençol freático
	Alterações do microclima regional
	Impactos nas características geológicas e sismológicas
	Impactos na capacidade de uso das terras
Impactos ao Meio Aquático	Transformação do meio hídrico de lótico pra lântico
	Alteração na qualidade, no teor de matéria orgânica e nutrientes da vazão efluente
	Alteração no transporte e concentração de sedimentos
	Alteração da condutividade
	Alteração da temperatura da água e da estrutura térmica vertical no reservatório
	Alteração da qualidade da água pela decomposição da biomassa inundada, eutrofização do reservatório
Impactos sobre os Ecossistemas Aquáticos e	Inundação e desaparecimento da vegetação terrestre
	Perda de habitats terrestres e mortes de animais
	Aumento da biomassa de macrófitas
	Alteração nos habitats aquáticos
	Alteração no trânsito da migração de peixes
	Alteração da ictiofauna
	Alteração da fauna terrestre
Impactos sobre às Atividades Humanas	Desordenação territorial
	Inundação de terras férteis e jazidas minerais
	Eliminação de equipamentos disponíveis para atividades sociais, culturais e de lazer
	Alterações de vias terrestres de comunicação e impedimento à navegação

Segundo Akiyama & Kawamura (2007, p. 3-5), as áreas campestres sofrem impactos referentes à alteração da dinâmica hídrica e climática, sendo notados na capacidade de retenção de água e disponibilidade de matéria orgânica do solo. Isto pode ocasionar a mudança da sua composição e diversidade de espécies, e a alteração da estrutura de cobertura da vegetação e, conseqüentemente, das formas de vida presentes nas áreas campestres. Em áreas de campos úmidos ou áreas úmidas, que possuem extrema importância ambiental por se tratarem de refúgio silvestre, principalmente de aves como a garça, os impactos decorrentes de novas barragens e açudes são muitos. Para Kingsford (2010)

A perda de conectividade com o fluxo de água transforma os ecossistemas aquáticos em ecossistemas terrestres. Plantas aquáticas, animais sedentários (rãs escavadoras, invertebrados aquáticos) e micróbios adaptados a incontáveis eventos de inundação eventualmente morrem e acabam sendo substituídos por espécies exóticas (por exemplo, eucaliptos). [...] A perda de habitat pode ter impactos disseminados para peixes nativos e aves aquáticas (KINGSFORD, 2010, p. 111, tradução nossa).

Um exemplo de comunidade biótica afetada diretamente pela alteração da dinâmica hídrica local são os peixes anuais, comuns no Rio Grande do sul devido a existência abundante de banhados em seu território, habitat destas espécies que por serem sazonais, dependem dos pulsos e alagamentos de determinadas áreas para procriar e se desenvolver (VOLCAN, 2015, p. 18). Contudo, com o desaparecimento de aproximadamente 90% dessas áreas naturais do estado, os peixes anuais se tornaram os mais ameaçados de extinção do país devido sua peculiaridade e exclusividade das áreas, muitas vezes isoladas, onde habitam visto que seu deslocamento acaba sendo impossibilitado por possuírem baixa capacidade de dispersão e migração (VOLCAN, 2015, p. 24).

As áreas florestais que mais sofrem os efeitos diretos de barragens e açudes são as matas ciliares. A alteração do regime de inundações pela instalação de barragens pode ocasionar a eliminação de espécies arbóreas que estão adaptadas ao regime pré-barragem, visto que, com o reservatório formado, passam a ficar sempre inundadas a montante e com o nível mais baixo a jusante (GIRARD, 2002 p.10).

3.2.2 Mudanças de Uso e Cobertura da Terra (MUCT): Impactos Negativos

As MUCT estão diretamente ligadas à interdependência de fatores sociais e naturais e são estudadas como consequência dos processos econômicos desde a segunda metade do século XIX, presentes, por exemplo, no livro I de O Capital de Karl Marx, escrito em 1867. As teorias de MUCT “buscam captar os principais padrões e processos das diferentes formas de ocupação e utilização das terras no mundo” (FREITAS, 2013, p. 15), com base, por exemplo nos processos de conversão, degradação, exensificação(sic) e intensificação.

Em regiões de clima úmido em que o relevo, em sua grande parte, apresenta-se na forma de planícies e planaltos, ou seja, áreas planas, como no estado do Rio Grande do Sul, a orizicultura distingue-se como uma das mais viáveis e praticadas atividades agrícolas. Desta forma, as lavouras de arroz são uma das maiores

responsáveis pela conversão de florestas, áreas úmidas, banhados, campos secos e úmidos em áreas agricultadas decorrente do surgimento de novas barragens e açudes (CORDEIRO & HASENACK, 2009, p. 295).

Se mal planejadas ou conduzidas, as lavouras de arroz irrigado podem acarretar impactos negativos aos ecossistemas naturais e prejuízo às propriedades físicas e químicas do solo e das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2009). Tais impactos podem ser percebidos à montante da área irrigada, devido a obras civis, como barragens e canais; à jusante, pela qualidade e quantidade de água liberada; e no perímetro de irrigação, pela lixiviação de agrotóxicos e outros insumos, assim como pelos processos de escoamento superficial e erosão. Uma causa comum da perda de qualidade da água é a sua devolução aos corpos hídricos com elevada carga de sedimentos, o que provoca assoreamento e poluição química, principalmente quando realizada frequentemente (LIPP-NISSINEN & RODRIGUES, 2018, p. 20).

Estes impactos também são aplicados a outras culturas que também se utilizam de canais, barragens e açudes para a irrigação. O estado do Rio Grande do Sul é um bom exemplo no contexto brasileiro referente à conversão da vegetação nativa para a agricultura de sequeiro como milho, soja, trigo e fumo em áreas com menor disponibilidade hídrica. Nas áreas onde a orizicultura não se mostra presente, as demais culturas representaram uma área significativa de conversão principalmente às custas dos campos naturais secos (OVERBECK et al., 2009, p. 35-36). Sendo assim, áreas com solos mais férteis, de maior aptidão agrícola e com disponibilidade hídrica são as primeiras a serem convertidas e, como consequência, haverá a redução e alteração da fauna e flora locais.

Com o aumento da produção e, conseqüentemente das áreas agrícolas, a necessidade da criação de açudes para armazenamento de água em épocas de cheia se torna indispensável. Logo, com maior disponibilidade hídrica, maior a produção, portanto mais áreas naturais são convertidas. Desta forma, o surgimento de barragens e açudes altera diretamente a configuração da paisagem local ao interferir fortemente nas MUCT (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 247-248).

A alta carga animal das atividades pecuárias pode causar o sobrepastejo, “o qual seleciona espécies adaptadas ao mesmo e o uso sistematizado do fogo é também responsável pela destruição deste ecossistema natural, além de toda implicação com a fauna e o solo” (BOLDRINI, 2009, p.76). Entretanto a pecuária, ainda assim, apresenta-se como a melhor alternativa para a conservação, manutenção e regeneração da vegetação nativa.

O processo de regeneração ocorre com maior frequência nas áreas antes cultivadas e que foram abandonadas devido principalmente à degradação dos solos (SEMA, 2001, apud SAMUEL-ROSA, 2011, p.162). A pouca disponibilidade hídrica também é um fator influente neste processo, visto o mau gerenciamento da água e desaparecimento de lagos naturais e artificiais como pode ser observado na dinâmica dos corpos d'água nos dados do projeto MapBiomias. Levando em consideração o processo de regeneração da vegetação nativa “lavoura → campo limpo → campo sujo (arbustivo) → capoeira → floresta” (SAMUEL-ROSA, 2011, p. 168-171) e maior facilidade de conversão da mesma, os campos limpos e sujos são os primeiros a serem convertidos em lavoura, seguidos pelas capoeiras e, por último, a vegetação florestal que, ao ser convertida, transforma-se primeiramente em pastagem e posteriormente em lavoura.

3.3 Análise Espacial em SIG

Segundo Rigaux et al. (2002, p.71), o trabalho com SIG permite desenvolver modelos e esquemas que descrevem um ou mais temas necessários para a representação de objetos geográficos existentes e como eles se relacionam entre si. Nos estudos acerca das MUCT, através de análises espaciais, pode-se perceber a conversão e regeneração da vegetação nativa. Permite a identificação dos recursos hídricos, sua influência futura nas MUCT devido a sua dinâmica através de análises estatísticas de dados geoespaciais e temporais.

Um caso típico de medida realizada no espaço absoluto são os índices de autocorrelação espacial. Neste caso, um dos instrumentos básicos é a matriz de proximidade espacial, cujo cálculo usualmente é feito em função de distância euclidiana entre objetos ou da existência de uma fronteira entre eles. [...] Em muitos fenômenos geográficos, os objetos estabelecem relações entre si que independem das relações espaciais típicas como as relações topológicas, direcionais e de distância (PEDROSA & CÂMARA, 2003, p. 3-4).

Em relação ao tempo, a análise espacial pode utilizar uma variável temporal discreta ou contínua. As variáveis temporais contínuas permitem uma análise temporal da evolução da mesma, como, por exemplo, o recuo da vegetação nativa. As discretas não permitem esta relação visto que sua variação é descontínua (PEDROSA & CÂMARA, 2003, p. 6).

Para Lambini (1994, apud PEDROSA & CÂMARA, 2003, p. 10) o modelo de um fenômeno ou processo deve descrever quais variáveis serão utilizadas que

contribuem para a explicação deste, como o mesmo evoluiu e onde ocorreram, ocorrem ou ocorrerão, ou seja, onde, quando e porquê. São classificados em empíricos ou de sistemas onde os primeiros são menos complexos e utilizam menos variáveis que o segundo. Os modelos empíricos são eficientes para realizar previsões, mesmo apresentando limitações para apresentar a evolução espacial ou causas do fenômeno ou processo, limitação essa que é sanada com a utilização de SIG.

É importante definir as características de um processo. Podem ser lineares ou não lineares, onde nos primeiros é mais fácil definir relações de causa entre entradas e saídas; concentrado ou distribuído; estacionário ou não estacionário, se variam ou não ao longo do tempo; determinístico ou estocástico (probabilístico, aleatório), se as variáveis são bem definidas ou aleatórias; e contínuo ou amostrado, se as variáveis mudam continuamente no tempo ou são intermitentes (TRIVELATO, 2003, p. 8-10).

Entre os modelos empíricos, destacam-se as cadeias de Markov, modelos logísticos de difusão e modelos de regressão. Os modelos de sistemas podem ser de simulação de dinâmica. Na Tabela 4 é possível visualizar o resumo acerca de cada modelo e suas potencialidades.

Tabela 4: Resumo dos tipos de modelos. Fonte: Pedrosa & Câmara, 2003, p. 17

Modelo	Porque	Quando	Onde
Cadeias de Markov	Não pode explicar a razão de um fenômeno por ser processo estocástico e não suportar a inclusão de variáveis exógenas	Pode prever a evolução de processos estacionários	Pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com GIS
Logístico de Difusão	Permite a inclusão de poucas variáveis exógenas, entretanto é um modelo descritivo, não suportando investigações exploratórias	Suporta a dimensão temporal, podendo prever a evolução de processos não estacionários	Pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo se for combinado com GIS
Regressão	Contribui para identificar forças direcionadoras, entretanto são modelos descritivos, não sendo capazes de estabelecer relações casuais entre as variáveis	Pode prever a evolução de processos estacionários	Não são modelos espaciais, entretanto podem ser combinados com GIS
Simulação de Ecossistemas	Modelo exploratório que requer descrições funcionais dos sistemas ecológicos	Pode formular cenários de mudanças futuras no uso do solo, baseados nos parâmetros do modelo	Apresenta dificuldade na representação espacial
Simulação Espacial Dinâmica	Requer modelos funcionais espacialmente definidos	Pode prever mudanças temporais no uso do solo, baseados nos parâmetros do modelo	Pode prever a evolução de padrões espaciais em processos determinísticos

Conseqüentemente é importante frisar que não existe um modelo melhor do que outro, visto que cada um atende determinada necessidade de analisar fenômenos espaciais dinâmicos. A solução ideal é a que melhor responde o onde, quando ou

porque de cada fenômeno integrando variáveis espaciais e temporais e, prevendo sua dinâmica.

3.3.1 Sistemas de Informação Geográfica e Geoprocessamento

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto nos permite o gerenciamento, controle e levantamento de dados, possibilitando uma análise espacial tanto em escala global quanto local. Os SIG têm como principal utilização a documentação, visualização e análise dos dados e fenômenos espaciais. Esses dados podem se relacionar entre si, onde informações genéricas podem se transformar em úteis e relevantes podendo representá-las através de mapas.

Rigaux et al. (2002) elenca as principais funcionalidades de um SIG e dentre elas destacam-se: entrada e validação de dados espaciais, armazenamento e gerenciamento, saída e apresentação visual, transformação de dados espaciais, interação com o usuário, combinação de dados espaciais para criar novas, representações do espaço geográfico e ferramentas para análise espacial.

A criação de cenários espaciais também é possível, podendo avaliar e desenvolver possíveis intervenções (LANG & BLASCHKE, 2009, p.42). Já o sensoriamento remoto está relacionado a

[...] utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações. (NOVO, 2008, p.4.).

Esses dois universos, ao se entrelaçarem através de sistemas computacionais, permitem ao usuário um melhor entendimento acerca da área de estudo, além da possibilidade de uma atualização constante dos dados visto que imagens são adquiridas e disponibilizadas periodicamente. A integração entre SIG e sensoriamento remoto acaba sendo imprescindível quando pensamos em integrar diferentes escalas cartográficas e diferentes tipos de dados processados (BLASCHKE & KUX, 2007, p.12).

3.3.2 SIG Aplicado ao Planejamento de Recursos Hídricos e MUCT

Modelos de MUCT são muitas vezes utilizados como suporte em estudos mais abrangentes, como de impactos ambientais, planejamento urbano e regional análises de medidas mitigatórias, entre outros (AGUIAR, 2003, p. 20). Em consequência disto, modelos empíricos são os mais utilizados para analisar processos de MUCT por empregarem equações matemáticas simples permitindo aplicação em outros estudos visto que os modelos de sistemas são mais específicos para determinado fenômeno. Os modelos empíricos precisam de poucos dados, dependendo do estudo, para obter um resultado satisfatório e também são compatíveis com o formato de dados provenientes de sensoriamento remoto, viabilizando sua utilização em ambientes SIG.

Um exemplo de modelagem para MUCT é o CLUE (*Conversion of Land Use and it's Effects*), desenvolvido na *Wageningen Agricultural University*, Holanda. Trata-se de um modelo especializado, dinâmico, integrado e multi-escala, já aplicado em diversos países como Equador, Costa Rica e China.

A modelagem é realizada em duas etapas: inicialmente, um modelo de regressão linear é aplicado a dados passados e atuais, para determinar quais os fatores biofísicos e socioeconômicos determinam as mudanças; numa segunda etapa, os resultados desta análise são utilizados para explorar possíveis futuros dentro de um arcabouço espacializado, usando cenários de futuros desenvolvimentos socioeconômicos. Isto é realizado através de diferentes módulos: um módulo calcula a demanda e outro a capacidade de produção para cada tipo de uso em cada célula. A demanda é então alocada às diversas células por um terceiro módulo, de acordo com a capacidade de produção calculada para cada célula, usando um esquema de equações de regressão (AGUIAR, 2003, p. 26-27).

Sendo assim, diversos estudos demonstram a importância do SIG na modelagem de processos hidrológicos, geomorfológicos e de MUCT (RENNÓ & SOARES, 2003, p13-16). A integração entre SIG e modelagem permite a gestão e monitoramento de barragens e açudes, além de possibilitar a visualização dos processos decorrentes de construção das mesmas e seus impactos ambientais, negativos ou positivos (SAHIN & KURUM, 2002; YERRAMILLI, 2013; WU & LIU, 2017; KEFI & YOSHINO, 2010; SILVA et al., 2007; SENA et al., 2012; CARDOSO, 2015).

Sahin & Kurum (2002) analisaram o risco à erosão do solo devido à construção da barragem Seyhan Köprüm na Turquia, onde áreas com maior suscetibilidade foram consideradas de maior valor paisagístico para o EIA através do modelo GIScan que se mostrou muito promissor para o estudo. Yerramilli (2013) identificou, através do modelo de hidrologia geoespacial HEC-GeoRAS, áreas com maior risco de

inundação, simulando um cenário de rompimento da barragem do reservatório Ross Barnett, nos Estados Unidos. No Brasil, podemos citar o estudo de Cardoso et al. (2015) que aplicou o modelo proposto por Fernandes (2008, apud Cardoso et al., 2015) para analisar os impactos ambientais causados no Rio Ijuí decorrentes da construção em cascata das usinas hidroelétricas UHE Passo São João e UHE São José. Estes estudos exemplificam a viabilidade da integração de estudos acerca de recursos hídricos, MUCT, análise de impactos ambientais com SIG através de diversos modelos espaciais dinâmicos que, conforme o objetivo de cada um, podem cumprir com sua proposta.

3.4 Regionalização como Metodologia de Análise

3.4.1 Concepções de Região

O conceito de região é tradicionalmente entendido como uma porção da superfície terrestre individualizada e identificada com traços concretos que caracterizam seu conjunto até determinada extensão. “Ela pode assim ser empregada como uma referência associada à localização e à extensão de um certo fato ou fenômeno, ou ser ainda uma referência a limites mais ou menos habituais atribuídos à diversidade espacial” (GOMES, 1995, p. 53).

Passando por diversos paradigmas ao longo da evolução da ciência geográfica, o conceito de região foi do positivismo onde o espaço natural delimitava os modos de vida, para o historicismo baseado nas regiões naturais e a ação humana sobre as mesmas. Após surge o neopositivismo, que caracteriza a região por critérios funcionais baseados na Teoria Geral dos Sistemas e por último a linha teórica humanista que defende a região como espaço vivido e que, a partir disso, permite estabelecer uma melhor individualização do território (MARÍN, 2003, p.68-69).

Conforme Corrêa (1997), a região natural foi concebida devido à necessidade dos geógrafos para explicar as diferenças no processo de desenvolvimento social e econômico das sociedades durante o final de século XIX e primeiras décadas do século XX. Era caracterizada como uma área da superfície terrestre identificada por uma determinada combinação de variáveis naturais, dando origem à paisagem natural específica. Nesta concepção, originada e adotada por geógrafos físicos, estas regiões já são fisicamente pré-constituídas. Isto nos leva ao determinismo ambiental que estes geógrafos utilizavam para compreender as relações homem e natureza, pois nele,

variáveis como clima, vegetação e relevo condicionavam, delimitavam e determinavam a configuração das sociedades. (GOMES, 1995, p.55-56). Alexander von Humboldt e Carl Ritter foram os principais pensadores desta perspectiva.

O pensamento consequente a este veio por questionar a questão de a natureza ser a limitadora ou condicionante para a organização social. Surge, desta forma, a perspectiva possibilista que defende que a região é o resultado da ação do homem sobre determinando ambiente e não o contrário, a natureza influenciando o homem. Esta perspectiva, onde a região passa a ser entendida como região geográfica, perdurou até a 1950 e foi fundamentada sobre o historicismo de base neokantiana. Aqui, a região é vista como “resultado de um longo processo de transformação da paisagem natural em paisagem cultural” (CORRÊA, 1997, p.185). Os principais pensadores desta perspectiva foram Paul Vidal de La Blache, da Escola Francesa, e Alfred Hettner e Wilhelm Dilthey da Escola Alemã, e Richard Hartshorne, da Escola Americana.

Na década de 1950 surge um novo pensamento com intuito de contrapor o que até então era defendido pela perspectiva possibilista. De acordo com Corrêa (1997), esta terceira etapa foi considerada uma revolução teórico-quantitativa e para Haesbaert (2005) corresponde à primeira morte e ressurreição da região. Trata-se de uma abordagem neopositivista desenvolvida por geógrafos quantitativistas que criticavam a geografia clássica como algo excepcional. Sendo assim, estes geógrafos buscavam atribuir à nova concepção de região um rigor científico através de análises quantitativas e descritivas e do método teórico dedutivo (HAESBAERT, 1988, p.17). Sendo assim, a região passa a ser concebida e organizada pelo observador, e não vista como algo já pré-concebido com determinados propósitos, orientados pelos objetivos do observador (GOMES, 1995, p. 63-34).

Cabe aqui mencionar, como salienta Corrêa (1997), que as perspectivas anteriores não foram anuladas, de modo que coexistiam e passaram a ser alternativas de regionalização da superfície terrestre. Seguindo, nos anos 1970 entra o fundamentalismo marxista ancorado no materialismo histórico e dialético e nas geografias humanas. (GOMES, 1995, p. 65-66). Aqui, segundo Haesbaert (2005), ocorre a segunda morte da região onde acreditava-se que, devido a homogeneização econômica (globalização), o mesmo ocorreria com as regiões, ou seja, as diferenças

regionais desapareceriam. Em contraponto a isto, Correa (1997) afirma que os movimentos sociais e também as questões econômicas acabam por propiciar a heterogeneização do espaço, transformando as regiões em um resultado das suas particularidades relacionadas ao seu passado e presente, o que é referido como segunda ressurreição da região. O mundo é visto como algo complexo que pode ser analisado como um todo ou por suas partes. Nesta época também diversas áreas adotaram a região como objeto de estudo permitindo o crescimento de abordagens e perspectivas trazidas por estas áreas.

Por fim, a terceira morte e ressurreição da região corresponde ao início dos anos 1990 onde a globalização ganha força e o mundo fragmentado pelo capitalismo passa a ser visto e organizado através da divisão territorial do trabalho que está diretamente ligada a espacializações produtivas de acordo com características sociais, culturais e políticas de cada região que são conectadas por diversos fluxos materiais, como rodovias, rotas aéreas, e imateriais, como a internet (CORRÊA, 1997, p. 189). Aqui a região está ligada à dinâmica da globalização, contudo a mesma reage contra esta dinâmica para que estes processos sejam assimilados.

Sendo assim, a região é resultado dos

[...] processos universais que assumiam especificidades espaciais através da combinação dos processos de inércia, isto é, a ação das especificidades herdadas do passado e solidamente ancoradas no espaço, de coesão ou economias regionais de aglomeração que significa a concentração espacial de elementos comuns numa dada porção do espaço e de DIFUSÃO que implica no espraiamento dos elementos de diferenciação e em seus limites espaciais impostos por barreiras naturais ou socialmente criadas (CORRÊA, 1997, p. 192).

Como mencionado anteriormente, mesmo com o temor de uma homogeneização das regiões e o possível desaparecimento das mesmas, devido o evento da globalização, este evento acaba por também por ratificar e acentuar as diferenças espaciais já existentes, dando origem a novas regiões, ao desaparecimento de outras e reorganização de outras pela produção e reprodução do modo capitalista (CORREA, 1997, p. 189).

A região não se trata de um objeto de estudo estático e sem contestação. Sempre esteve em processo de aperfeiçoamento de sua definição e metodologias de regionalização. Nos dias atuais diferentes processos econômicos, sociais, e

ambientais contribuem para sua análise e diversificação permitindo também a outras áreas do conhecimento o trabalho com este conceito.

3.4.2 Regionalização e Divisão Regional

Marín (2003) define regionalização como “processo de classificação que conduz a uma tipologia” (MARÍN, 2003, p. 71). Para o autor, a regionalização apenas tem sentido quando se tem um objetivo e critérios determinados. Uma mesma extensão terra, sendo assim, pode ter diversas regionalizações como regiões naturais, culturais, econômicas, entre outras.

Desta forma o autor elenca seis noções de região e critérios de regionalização que surgiram ao longo da evolução dos paradigmas da mesma: Região Natural que se baseia na integração dinâmica entre os distintos elementos físicos que integram a paisagem, tais como relevo, clima, vegetação e solos; Região Geográfica que se trata do espaço construído por uma longa sucessão de intervenções humanas que se adaptaram e dominaram as dificuldades do meio natural mais ou menos homogêneo, com extensão limitada e individualizada do seu entorno; Região Funcional, que não se baseia nas questões físicas ou paisagem, mas sim pelas funções expressas pelas estruturas que dirigem ou influem na organização do território; Região Sistêmica caracterizada por um “sistema territorial aberto, conjunto de elementos interdependentes regidos pelos mesmos processos que os conduzem a um objetivo comum” (MARÍN, 2003, p. 77); Região Econômica, sendo esta, uma das mais utilizadas (regiões agrícolas, regiões industriais, etc.), se trata de divisões territoriais uniformes definidas pela projeção de uma ou mais variáveis macroeconômicas; e, por fim, a Região como Espaço Percebido e Vivido que está associada à vida social dos homens, a como o homem se relaciona com os lugares e suas mutações ao longo do tempo.

Duarte (1980, apud PEREIRA, 2000, p. 67) propõe a sistematização de quatro formas de regionalização: como *diferenciação de áreas*, como *classificação*, como *instrumento de ação*, e como *processo*. Regionalização como diferenciação de áreas corresponde à Escola da Paisagem com estudos até o início do século XX onde a paisagem geográfica era o método de regionalização e a região era, logo assim, uma determinada paisagem geográfica. Esta abordagem tem por intuito a divisão de um

espaço maior em subáreas ou regiões complexas e homogêneas (PEREIRA, 2000, p. 67).

A regionalização como classificação pode ser explicada como “[...] espaço terá tantas regiões – ou regionalizações – quantas forem as classificações adotadas para analisá-lo. Dessa forma não existirá uma classificação que atenda a todos os objetivos simultaneamente” (PERREIRA, 2000, p.68). Aqui entram os estudos que ganharam força entre 1920 e 1950 onde o pesquisador, através de seus objetivos, busca setorizar, desagregar ou unir as áreas, ou seja, o observador que irá definir e conceber as regiões através de seus parâmetros adotados.

A Regionalização como instrumento de ação está diretamente associada às “teorias econômicas de desenvolvimento regional e de localização” (PERREIRA, 2000, p.68). Essa metodologia se vincula a pensamentos marxistas ancorado no materialismo histórico e dialético visando o desenvolvimento econômico. Por último, a regionalização como processo “parte da ideia de que as diferenciações regionais são frutos de processos sociais e econômicos” (PERREIRA, 2000, p.69), tendo a globalização como principal agente de alteração, surgimento e desaparecimento das regiões.

Contudo, nos dias atuais a revolução técnica-científica-informacional que a globalização proporcionou, em que as técnicas estão mundialmente difundidas e as atividades econômicas não são mais exclusivas de apenas um determinado local, se refletiu também nas regiões, que também tenderam a se homogeneizar. Para Haesbaert (1999), este processo de homogeneização está diretamente ligado ao processo de fragmentação e heterogeneização, visto que o que vemos é o surgimento de novas desigualdades e recriação de diferenças em todo o mundo (HAESBAERT, 1999, p.16).

Se antes a região podia ser vista de forma contínua, como unidade espacial não fragmentada, hoje o caráter altamente seletivo e muitas vezes “pontual” da globalização faz com que tenhamos um mosaico tão fragmentado de unidades espaciais que ou a região muda de escala (focalizada muito mais sobre o nível local, onde ainda parece dotada de continuidade) ou se dissolve entre áreas descontínuas e redes globalmente articuladas (HAESBAERT, 1999, p. 31).

No contexto brasileiro existem diversas regionalizações, tais como: regiões administrativas baseadas, segundo IBGE, em critérios socioeconômicos (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul); regiões de planejamento, definidas pelo

IBGE e pelos Estados (região metropolitana, aglomeração urbana, região integrada de desenvolvimento, entre outras); regiões hidrográficas definidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) através de critérios naturais, sociais e econômicos similares (Amazônica, Paraguai, Uruguai, São Francisco, entre outras);

Outro exemplo de regionalização dentro do território brasileiro são os biomas. Os biomas brasileiros são baseados, segundo o Ministério do Meio Ambiente e o IBGE (BRASIL, 2010c), em aspectos climáticos, fisionomia da vegetação, solo e altitude semelhantes ou aparentados, ou seja, uma regionalização com viés natural. Estas áreas devem corresponder a mais de 1.000.000 km². Desta forma, para uma análise mais refinada acerca deste critério de regionalização, desenvolveram-se estudos acerca da fragmentação destes biomas como, por exemplo, a proposta de Hasenack (2017) para o bioma Pampa, onde o mesmo foi dividido em outras 10 tipologias florestais e campestres classificadas pelos tipos de solo, altitude e declividade ao longo da área que o bioma compreende, atrelados aos dados do IBGE, da EMBRAPA e nas tipologias campestres definidas por Boldrini (2009). Outra regionalização ambiental diz respeito aos comitês de bacias hidrográficas (RIO GRANDE DO SUL, 2019) dos quais estão presentes no bioma Pampa: os comitês das bacias do rio Santa Maria, Ibicuí, Quaraí, Negro, Lago Guaíba, Ibicuí, Vacacaí-Vacacaí-Mirim, entre outros.

Outros exemplos de regionalização do estado do Rio Grande do Sul são as regiões fisiográficas definidas pelo IBGE (BRASIL, 2010c) em 1960 utilizando as características do meio físico (Campanha, Missões, Serra do Sudeste, Litoral, Encosta do Sudeste, entre outras); a dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDE) criados pela Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (RIO GRANDE DO SUL, 2019) visando o desenvolvimento regional harmônico e sustentável (Campanha, Fronteira Oeste, Sul, Central, Centro-Sul, Litoral, Missões, entre outras); e o Macrozoneamento Ambiental (RIO GRANDE DO SUL, 2019) que busca expressar os principais padrões de uso e ocupação da terra, cobertura vegetal e relevo (dunas, áreas agrícolas, campos, entre outros).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas, visando o cumprimento dos objetivos propostos. Desta forma, a primeira etapa consistiu na pesquisa bibliográfica acerca de recursos hídricos e seus documentos legais, MUCT, impactos ambientais, análise espacial, SIG e geoprocessamento com intuito de consolidar seu embasamento teórico e metodológico e se apropriar dos conceitos básicos relacionados ao tema com a análise de diferentes abordagens. Isto para em um segundo momento, permitir a compreensão de impactos relacionados a barragens e açudes e a busca pela definição de quais regiões do bioma Pampa encontram-se em estado mais crítico de transformação e desaparecimento de sua vegetação nativa devido a estas estruturas hidráulicas.

A segunda etapa consistiu em levantamento e seleção das variáveis para a definição das regiões do bioma mais descaracterizadas ambientalmente em função da variação da área ocupada por barragens e açudes. Esta escolha baseou-se nas contribuições da pesquisa bibliográfica quanto a situações, condições e consequências dos diversos impactos que estas estruturas causam tanto no meio físico e nos ecossistemas quanto no meio socioeconômico. Também foram consideradas as atividades humanas que auxiliam ou que são as mais adequadas para a manutenção e preservação do bioma, para identificar as áreas menos impactadas.

Feito este levantamento, realizou-se o mapeamento da localização das barragens e açudes e suas respectivas superfícies ocupadas no bioma Pampa ao longo dos anos de 1985 e 2015. Também foram identificadas as modificações da vegetação nativa e da área agricultada ao longo do mesmo período. Para este mapeamento, foram utilizadas plataformas e softwares providos de tecnologias geoespaciais para geoprocessamento/análises estatísticas e elaboração dos mapas temáticos, além de bases cartográficas do Pampa e do Rio Grande do Sul de acesso livre disponíveis ao público.

Na quarta etapa foram computados e sistematizados os dados gerados e atribuídos valores com base no nível de impacto que o mesmo representa, conforme disposto na bibliografia. Estes valores foram atribuídos em três regionalizações já existentes: COREDES, bacias hidrográficas e sistemas ecológicos. Esta etapa teve

como objetivo a padronização dos dados finais para permitir uma melhor integração e futura análise.

Por último, todos os dados foram integrados para a geração de mapas que permitem a visualização das áreas ou regiões do bioma que foram classificadas em cinco categorias referentes ao nível de impacto sofrido decorrentes das barragens e açudes no período de tempo analisado. Nas páginas seguintes, são descritas de forma mais detalhada as etapas mencionadas e desenvolvidas na pesquisa, representadas no fluxograma apresentado na Figura 4.

Desta forma, foi buscado alcançar os objetivos desta pesquisa através da interpretação visão dos mapas gerados e análise quantitativa dos dados para a definição das áreas mais afetadas por barragens e açudes conforme as MUCT ao longo dos três períodos analisados. Os impactos negativos decorrentes do surgimento destas estruturas em ecossistemas são variados, tanto quanto no meio físico, biótico e socioeconômico. Contudo, a análise destes diversos impactos se torna inviável de ser realizada em apenas um estudo. A falta de acesso e disponibilidade de dados acerca de qualidade da água, vazão média de todos rios, entre outros para a área correspondente ao bioma Pampa não permite que uma análise mais detalhada sobre estes impactos seja realizada.

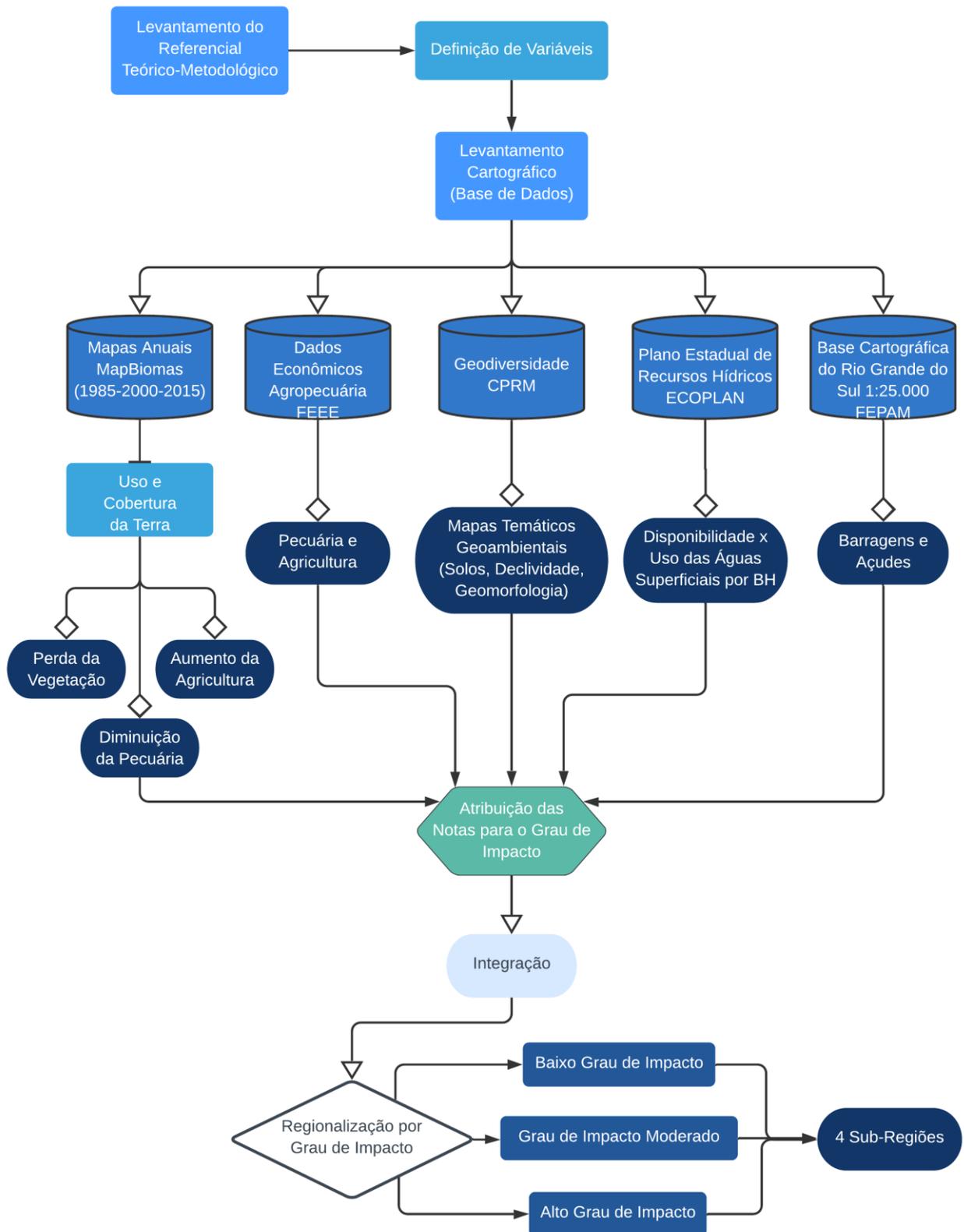


Figura 4: Fluxograma do modelo metodológico proposto.

4.1 Definição das Variáveis Utilizadas

A metodologia utilizada na pesquisa foi fundamentada e adaptada do estudo de Crepani et al (2001) que propuseram uma forma alternativa a Equação Universal de Perda do Solo (USLE) para calcular e identificar áreas com maior grau de vulnerabilidade a erosão dos solos. Ao longo da pesquisa bibliográfica não foi encontrada nenhuma metodologia acerca do tema proposto, por isso recorreu-se a uma adaptação.

O modelo de Crepani et al (2001) utiliza cinco variáveis, ou temas como denomina o autor (Geologia, Geomorfologia, Solos, Clima e Vegetação, onde também está inserido o Uso do Solo) nas quais são atribuídos valores de um (1) a três (3) a cada uma de suas classes. Valores próximos a um (1) representam classes com maior estabilidade, ou seja, com predominância do processo de pedogênese (formação de solos). Valores próximos a três (3) representam classes com maior vulnerabilidade, ou seja, com predominância do processo de morfogênese (erosão de solos). Valores próximos a dois (2) representam situações intermediárias onde nenhum destes processos predomina. Para o resultado final, é calculada a média aritmética dos valores individuais conforme a equação abaixo, que procura representar onde cada área se encaixa dentro da escala de vulnerabilidade a erosão (CREPANI et al, 2001, p.22):

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Tendo em vista os objetivos da presente pesquisa, que diferem aos do autor, e com base no levantamento bibliográfico acerca do tema, algumas variáveis adotadas

foram modificadas tendo em vista a utilização da questão temporal referente às MUCT. A seguir detalham-se as variáveis adotadas com base nos impactos ambientais negativos decorrentes do surgimento de barragens e açudes em determinado local e a razão ou o porquê de sua escolha. Cinco destas variáveis não possuem o fator temporalidade envolvido. As quatro restantes estão relacionadas aos períodos analisados (1985 até 2000, 2000 até 2015 e 1985 até 2015).

4.1.1 Geomorfologia

A geomorfologia é uma variável muito importante no que diz respeito à tomada de decisão para a construção de um barramento, seja ele pequeno ou de grande porte (MOLLE & CADIER, 1992, p. 470). No bioma Pampa, apenas um número irrisório destes barramentos não é destinado à agropecuária (irrigação e dessedentação animal), com o abastecimento doméstico em segundo plano. Estes dados são provenientes da base cartográfica do Rio Grande do Sul 1:25.000 (2012-2014) elaborados pela FEPAM. Sendo assim, pela razão de as feições de relevo predominantes do Pampa serem planaltos, planícies e colinas com poucos vales encaixados e áreas montanhosas (SUERTEGARAY & SILVA, 2009, p.43-44), a inserção de barramentos de grande porte como usinas hidrelétricas não é financeiramente viável ou rentável (CECH, 2013, p. 173).

No que se refere aos impactos decorrentes de barragens e açudes, a geomorfologia é diretamente afetada devido à alteração do processo de erosão nas margens do barramento e do lago formado, podendo intensificar o assoreamento dos cursos d'água. Este processo pode se acentuar com a remoção da vegetação nativa tanto para a formação da barragem ou açude, quanto para a provável conversão da vegetação em áreas agricultadas (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 246-248).

4.1.2 Declividade

Relacionada com a geomorfologia, a variável declividade também se configura como elemento importante na tomada de decisão para a inserção de uma barragem ou açude em determinada área. Áreas planas são as menos utilizadas em virtude do menor escoamento superficial das águas pluviais. A EMBRAPA propõe uma classificação (Tabela 5).

Tabela 5: Classificação da Declividade segundo a EMBRAPA (1979)

Declividade (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Fortemente Ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Fortemente Montanhoso/Escarpado

O relevo plano é caracterizado por superfícies de topografia horizontal, com pouco desnivelamento e com declividades $\leq 3\%$. O suave ondulado já apresenta colinas e/ou outeiros tornando a topografia pouco movimentada com declives suaves de $> 3\%$ a $\leq 8\%$. Este relevo aparece em altitudes até 50 m e entre 50 e 100 m. Assim como o suave ondulado, o ondulado apresenta colinas e/ou outeiros com topografia pouco movimentada e declives moderados de $> 8\%$ a $\leq 20\%$. O relevo fortemente ondulado se caracteriza por uma topografia movimentada com outeiros e/ou morros, e declives fortes de $> 20\%$ a $\leq 45\%$. Essa classificação ocorre predominantemente em altitudes relativas entre 50 e 100 m e entre 100 e 200 m. O montanhoso possui uma topografia vigorosa com formas acidentadas, constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos com declives fortes e muito fortes de $> 45\%$ a $\leq 75\%$. Por último, o relevo fortemente montanhoso ou escapado são áreas com predomínio de formas abruptas e superfícies muito íngremes, tais como: escarpas, aparados, frentes de *cuestas*, falésias, entre outros. Este relevo está relacionado a grandes altitudes e declives muito fortes, que ultrapassam 75%.

Barragens de grande porte, como mencionado no item 3.1.2, são alocadas geralmente em áreas com grande desnível, ou seja, com declives moderados e/ou fortes e relevo fortemente ondulado e montanhoso. As de médio e pequeno porte situam-se preferencialmente em relevos ondulados e fortemente ondulados com declives moderados. Açudes estão localizados geralmente em relevos ondulados ou suavemente ondulados com declives entre 10 e 15% (MOLLE & CADIER, 1992, p. 30-32). No que diz respeito aos impactos relacionados à declividade, áreas com maior predisposição para a construção de barragens e açudes são consideradas as mais vulneráveis aos impactos, que são os mesmos relacionados à geomorfologia.

4.1.3 Solos

Outra variável de análise necessária antes da construção de um barramento é o solo. Áreas com afloramentos rochosos não são indicadas para a construção de barragens devido a provável infiltração da água nas fendas que, posteriormente, afetam o armazenamento (MOLLE & CADIER, 1992, p. 31). Logo, é necessário o conhecer o tipo de solo para compreender o processo de escoamento superficial e drenagem da área onde se pretende construir um barramento. Argissolos e latossolos, por exemplo, apresentam grande compactação, logo têm pouca drenagem e escoamento elevado, ou seja, são favoráveis à construção. Solos como planossolos e vertissolos possuem pouco escoamento e são bem drenados. Sendo assim, não é recomendada a construção de açudes e outros tipos de barramentos em bacias hidrográficas onde há predominância desses solos (MOLLE & CADIER, 1992, p. 449-461).

Contudo, para esta pesquisa procurou-se adotar o critério de classificação dos solos do Rio Grande do Sul feitos por Hasenack (2017) com base nos dados de 1996 do IBGE, classificando-os em função da profundidade, fertilidade e hidromorfismo. A Tabela 6 apresenta a reclassificação dos solos proposta por Hasenack (2017).

Tabela 6: Reclassificação dos solos segundo Hasenack (2017).

Solos	Classificação
Neossolos, Espodossolos e Afloramentos	Solo Rasos
Argissolos, Latossolos, Dunas e Cambissolos	Solo Profundos com Baixa Fertilidade
Chernossolos, Luvisolos e Nitossolos	Solo Profundos com Alta Fertilidade
Planossolos, Vertissolos, Gleissolos, Organossolos e Plintossolos	Solos Hidromórficos

Os solos rasos dentro da área do bioma situam-se onde a pecuária tem mais expressão, visto a pouca aptidão agrícola dos mesmos. Desta forma, são regiões onde encontram-se as maiores áreas de remanescentes da vegetação nativa do bioma. Estão localizados próximos da fronteira oeste com o Uruguai e no Escudo Cristalino Sul-riograndense.

Os solos profundos e com baixa fertilidade são largamente utilizados para a produção de grãos, tais como: soja, milho, entre outros. Os solos profundos com alta

fertilidade são os menos recorrentes na área do bioma e são utilizados para inúmeras culturas devido sua aptidão agrícola.

Nos solos hidromórficos, geralmente encontrados próximos a corpos d'água e suas várzeas, as culturas anuais são as mais adequadas ao manejo. No caso do Rio Grande do Sul, a orizicultura é a maior representante da ocupação (HASENACK, 2017, p. 50-51) e uso destas áreas e, de acordo com os dados de produção de 2018 do IBGE, o estado produz mais da metade do arroz nacional.

4.1.4 Aumento da Área de Barragens e Açudes (%)

Considerando os objetivos desta pesquisa, o aumento ou diminuição da área ocupada por barragens e açudes no bioma é uma variável que permite a visualização de qual bacia hidrográfica teve maior antropização de suas águas voltadas principalmente para a irrigação. Os impactos ambientais negativos decorrentes do surgimento de barragens e açudes são inúmeros e afetam tanto o meio físico e biótico quanto o socioeconômico como disposto no item 3.2.1. Aqui está apenas sendo considerada a área ocupada por estes corpos d'água entre os anos de 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015 (ver Anexo H) e sua influência nas MUCT e descaracterização da vegetação nativa do bioma. Como consequência, áreas com o maior surgimento de barragens e açudes estão mais sujeitas a impactos e de forma acumulativa, e as que apresentam diminuição possuem um nível de impacto menor (PIMENTEL, 2004, p. 50).

4.1.5 Disponibilidade/Uso da Água

Esta variável fundamenta-se em estudos denominados “Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica” e “Diagnóstico e Prognóstico das Demandas Hídricas” realizados pela EcoPLAN para o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Rio Grande do Sul. Neles foram analisadas as vazões e disponibilidade hídrica de cada bacia hidrográfica do estado comparando com a demanda e uso da água nas mesmas. Para o levantamento das vazões, primeiramente analisaram estações fluviométricas com mais de 50 anos de dados, porém foram encontradas apenas 23 estações, o que foi considerado insuficiente. O critério foi reduzido para 40 anos, mas apenas seis estações foram adicionadas à análise. Sendo assim, o critério final adotado foi que toda bacia hidrográfica possuísse pelo menos uma estação, chegando a 40 estações distribuídas pelas bacias hidrográficas (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007, p. 21). Os

dados obtidos da disponibilidade hídrica apontam a vazão média anual, vazão mínima anual e a vazão média do verão.

Os dados referentes às demandas e usos, estão divididos por setores: humano, irrigação, animal e indústria. Para abastecimento humano se considerou as populações urbanas e rurais residentes nas bacias, com base nas estimativas municipais do IBGE para o ano de 2006, variando entre 125 e 250 L/hab/dia, conforme o porte populacional urbano - no caso de abastecimento urbano, e 125 L/hab/dia no caso do abastecimento rural” (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007, p. 37-38).

A demanda para irrigação de arroz considerou as áreas cultivadas relativas à safra 2004/2005 nas bacias por município, conforme levantamento do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), juntamente com a demanda hídrica por unidade de área irrigada de 12.000 m³/ha/safra. Para as demais culturas irrigadas se adotou as demandas hídricas informadas em seus respectivos processos de outorga emitidos pelo DRH/SEMA (2007).

A demanda destinada à criação animal levou em consideração o efetivo dos principais rebanhos (bovino, suíno, equino, ovino e aves), obtido através da Pesquisa Pecuária Municipal de 2004 e as demandas unitárias por tipo de rebanho: “45 L/cab/dia para bovinos de corte, 62 L/cab/dia para bovinos de leite, 85L/cab/dia para suínos, 40 L/cab/dia para eqüinos, 6,0 L/cab/dia para ovinos, 0,6 L/cab/dia para galinhas e 0,25 L/cab/dia para galos e frangos” (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007, p. 37-38).

Para uso industrial foi levado em consideração o número de indústrias por município e a demanda hídrica unitária de 3,0 L/s, que representa a média das demandas das indústrias de baixo e médio consumo, segundo os cadastros de outorgas do DRH/SEMA, 2007.

Os balanços hídricos quantitativos são ferramentas clássicas que servem para configurar a situação quanto ao uso quantitativo dos recursos hídricos, comparando, de um lado, as disponibilidades hídricas, e, de outro, as demandas ou consumos de água. Servem, pois, para mostrar a situação quanto ao uso dos recursos hídricos em determinada bacia hidrográfica informando a ocorrência de situações críticas quando as disponibilidades hídricas se encontram próximas das demandas ou consumos de água. Em tais situações, ações para a equalização desses balanços se fazem necessárias, seja para aumentar as disponibilidades, seja para diminuir as demandas ou consumos. Os balanços hídricos considerando as demandas melhor expressam situações específicas em determinados pontos das bacias

hidrográficas, aproximando a situação real verificada à beira do curso de água. Já ao considerar os consumos, os balanços retratam com maior grau de fidelidade a situação geral da bacia hidrográfica, no seu todo (ECOPLAN ENGENHARIA, 2013, p. 98).

A Tabela 7 apresenta o balanço hídrico resultante da análise acerca da relação entre disponibilidade hídrica e demanda/uso.

Tabela 7: Classificação dos resultados do balanço hídrico. Retirada de ECOPLAN ENGENHARIA, 2013, p. 101.

Tipo de Balanço Hídrico	Resultados da Relação (Consumo)/(Disponibilidade) - %	Enquadramento
Disponibilidade Média Anual X Consumo Total Anual	0,00 – 2,50 2,51 – 5,00 > 5,01	Confortável Alerta Crítico
Disponibilidade Mínima Anual (Q95%) X Consumo Total Anual	0,00 – 7,00 7,01 – 14,00 > 14,01	Confortável Alerta Crítico
Disponibilidade Média de Verão (janeiro) X Consumo de Verão (janeiro)	0,00 – 7,00 7,01 – 14,00 > 14,01	Confortável Alerta Crítico

Com uma situação crítica em relação à disponibilidade hídrica, surge a necessidade da criação de açudes ou barragens com o intuito de sanar esse déficit hídrico (ECOPLAN, 2013, p. 105). Durante a Fase A do PERH foram identificadas as bacias hidrográficas com este valor mais crítico demonstrando um desequilíbrio nas bacias e suas águas superficiais. A identificação de áreas críticas foi baseada no Artigo 20 do Decreto 37.033/96, que trata das bacias hidrográficas especiais. Tais bacias são classificadas como especiais pelo fato de suas disponibilidades e demandas hídricas se encontrarem muito próximas uma da outra, conforme critérios estabelecidos pelo DRH/SEMA e pela FEPAM. Lembrando que estas análises são referentes ao uso das águas superficiais.

4.1.6 Perda de Área da Vegetação Nativa (%)

A perda da vegetação nativa é um dos impactos ambientais negativos que mais descaracteriza a paisagem do bioma Pampa. Isto se deve principalmente à conversão de seus campos nativos, áreas de várzea e matas ciliares em outras categorias de uso e ocupação da terra. Conforme Hasenack (2017), o Pampa é o segundo bioma mais descaracterizado do Brasil e conforme dados do Ministério do Meio Ambiente de 2002, mais da metade da sua superfície já foi antropizada. O desaparecimento de áreas florestais e outras formações vegetais, como os campos também é

consequência do surgimento de uma barragem ou açude em determinada área tanto pela inundação e desaparecimento da vegetação terrestre, quanto pela sua futura conversão em áreas agrícolas no seu entorno (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 284-285).

Nesta variável são considerados as áreas de vegetação nativa remanescente ocupada por cada uma das tipologias campestres e florestais entre os anos de 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015. Sendo assim, pode-se calcular a área da superfície ocupada e sua conversão (perda) ou regeneração com o ressurgimento da vegetação nativa em uma área agrícola provavelmente abandonada (SEMA, 2001, apud SAMUEL-ROSA, 2011, p.162).

4.1.7 Aumento da Área da Agrícola (%)

A construção de um barramento pode ter diversas finalidades: geração de energia, abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, controle de cheias, recreação, entre outros (CECH, 2013, p. 173-174). No Pampa, as finalidades mais recorrentes são abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação. Um barramento construído permite o aumento da área agricultada, logo aumento da produção. Projetos de irrigação podem acarretar diversos impactos principalmente ao meio físico (solos, recursos hídricos, microclima local, entre outros) tais como:

[...] a potencial ocorrência de erosão dos solos; a saturação e salinização dos solos; a lixiviação dos nutrientes dos solos; o aparecimento de algas e a proliferação de pragas; a deterioração da qualidade da água do rio, a jusante do projeto de irrigação, e a contaminação da água do lençol freático; a redução das vazões dos rios a jusante do projeto de irrigação, afetando os usuários situados abaixo da área irrigada; a alteração ou destruição do habitat da fauna ou obstrução do seu movimento; a alteração ou perda da vegetação marginal aos cursos e fontes d'água, com o consequente assoreamento desses rios e fontes; a maior incidência de doenças transmitidas ou relacionadas com a água e as mudanças no estilo de vida das populações locais (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 247-248).

Sendo assim, regiões que apresentam elevado aumento de área agrícola tendem a apresentar estes impactos caso não haja uma produção e utilização consciente dos recursos naturais. Esta variável, assim como outras já mencionadas, diz respeito a área ocupada por este uso do solo ao longo do período analisado. Procura-se demonstrar o avanço ou recuo de áreas agrícolas sobre a vegetação nativa ou qualquer outro uso/ocupação em três períodos: 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015.

4.1.8 Diminuição da Área de Pecuária (%)

A pecuária, mesmo que causando certos impactos, ainda se apresenta como uma das atividades mais viáveis para a manutenção do bioma.

O manejo desta atividade afeta a vegetação campestre, principalmente pelo pastejo e pisoteio dos herbívoros domésticos e, em algumas situações, pelo uso do fogo. De um lado, isto alterou a fisionomia original dessa vegetação, mas por outro, tem permitido por longo tempo a manutenção da biodiversidade campestre e evitado a progressão da vegetação arbustiva e florestal (HASENACK, 2017, p. 5).

Por consequência disto, determinou-se esta variável pela sua importância na conservação do bioma. Todos os campos nativos remanescentes no Pampa possuem a pecuária sobre sua área de ocupação.

[...] a produção pecuária, uma das atividades econômicas mais compatíveis com a aptidão do ambiente natural do Pampa, vem perdendo espaço em detrimento da produção de grãos, notadamente soja, em virtude do maior retorno econômico. Como consequência, há uma considerável perda associada à biodiversidade, pois os cultivos anuais implicam a remoção da vegetação campestre nativa para implantação das lavouras (HASENACK, 2017, p. 12).

Sendo assim, foi analisada a área de vegetação campestre que foi perdida, ou seja, a área de ocupação da pecuária que deu lugar a qualquer outro uso/ocupação dentro de cada região de COREDE que o Pampa abrange. Definiu-se esta regionalização pelo fato de os COREDE's terem como alguns de seus objetivos “a promoção do desenvolvimento regional harmônico e sustentável; e o estímulo a permanência do homem na sua região e a preservação e recuperação do meio ambiente” (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

4.1.9 VAB Pecuária

Assim como a variável de diminuição da área de pecuária, esta variável também diz respeito à preservação e manutenção do bioma. Ela representa o Valor Adicionado Bruto das atividades da agropecuária para o ano de 2012 por COREDES. Aqui foi analisado o quanto que a criação de bovinos e outros animais representam (%) na estrutura da agropecuária do COREDE. Isto pode mostrar um panorama paisagístico ou com monocultivo de grãos e paisagens homogêneas, ou com campos nativos abertos sobre colinas, característico do bioma quando se é referido ao mesmo. Este dado é categorizado em: cereais para grãos; cana-de-açúcar; soja em grão; outros produtos da lavoura temporária, horticultura, viveiro e serviços relacionados;

frutas cítricas; café; outros produtos da lavoura permanente; bovinos e outros animais; suínos; aves; silvicultura, exploração florestal e serviços relacionados; e pesca.

4.2 Levantamento de Dados e Mapeamentos

Nesta etapa foi realizado o levantamento acerca dos dados cartográficos necessários para a pesquisa referentes à área de estudo que permitam a melhor compreensão da dinâmica socioambiental da mesma durante o período analisado. Também são descritos os procedimentos e tratamento de alguns dados para permitir a integração e melhor manipulação dos mesmos tendo em vista diferentes fontes, escalas e metodologias de análise.

4.2.1 Mapas e Dados Utilizados

Dentre os dados cartográficos e mapas encontrados e utilizados, destacam-se:

- Limite do bima Pampa publicado pelo IBGE originalmente na escala 1:5.000.000 e adaptado pelo Projeto MapBiomias para a escala 1:1.000.000.
- Três (3) conjuntos de dados vetoriais disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) referentes à base cartográfica 1:25.000 de 2018 do estado do Rio Grande do Sul da seção Hidrografia: Barragens, Trecho Drenagem e Trecho Massa D'Água. Estes dados foram levantados acima de imagens do satélite RapidEye do período 2011-2014.
- Três (3) mapas de uso e cobertura da terra da Coleção 3 gerados pela plataforma MapBiomias para a área correspondente ao bioma Pampa, representando os anos de 1985, 2000 e 2015. Os dados estão em formato GeoTiff (*raster*) e possuem compressão LZW. Esses mapas são obtidos através da classificação pixel a pixel, com resolução de 30 metros cada, de imagens de satélites Landsat. Esta classificação possui 3 níveis de hierarquia onde o nível um (1) representa a classificação geral e o nível três (3) as classes mais detalhadas.
- Um (1) mapa referente às tipologias campestres e florestais do estado do Rio Grande do Sul elaborado por Hasenack (2017).
- Limite das bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000 atualizado da escala 1:250.000 do IBGE através das cartas da

Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e disponibilizado pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS.

- Dados referentes ao Valor Adicionado Bruto (VAB) por atividades agropecuárias dos Perfis Socioeconômicos de cada COREDE e municípios que estão dentro da área do Pampa, levantados e disponibilizados pela Fundação de Economia e Estatística do estado do Rio Grande do Sul. Estes dados são referentes ao ano de 2012.
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul etapas A e C. Do plano foram utilizados os dados de disponibilidade hídrica, demanda e uso da água de cada uma das bacias hidrográficas do estado. Para algumas bacias estes dados foram levantados para mais de 50 anos. Outras não possuíam esta “riqueza” de dados sendo utilizados um período menor de tempo.
- Base de dados da geodiversidade do Rio Grande do Sul elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) com base no Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul (2008) e do Mapa Geodiversidade do Brasil (2006), escala 1:2.500.000. Esta base de dados está na escala 1:750.000 e foram utilizadas as informações acerca de solos, relevo e declividade/altimetria.

4.2.2 Sistematização dos Dados e Mapeamentos

O tratamento e a padronização dos dados foi o principal objetivo desta etapa de modo que permitisse, na etapa posterior, a atribuição dos pesos desejados. Sendo assim, em um primeiro momento foi realizada a reclassificação dos dados providos do MapBiomias. Esta reclassificação teve por intuito a simplificação das variáveis e adaptação aos objetivos da pesquisa. Cada pixel desta imagem *raster*, que corresponde a um quadrado de 30x30 metros na superfície real, possui um número atribuído referente a classes e subclasses como resultado do seu comportamento espectral.

A classificação elaborada pela plataforma, ver Tabela 8, possui cinco grandes grupos no primeiro nível: Floresta, Formação Natural Não-Florestal, Agricultura, Área Não Vegetada e Corpos D'Água dando origem a 20 classes no terceiro nível distribuídas entre os mesmos conforme a Tabela 8. Para a presente pesquisa o terceiro nível de detalhamento das classes é mais adequado para o agrupamento pelo

fato de no segundo nível da classificação Floresta (1) existir a classe Floresta Plantada (1.2) de origem antrópica. Este fator impede que toda Floresta, nível um (1) seja classificada como vegetação nativa.

Tabela 8: Classificação da Coleção 3 do uso e cobertura da terra. Adaptado de: <<http://mapbiomas.org/pages/legenda>>

COLEÇÃO 3 - PORTUGUÊS	ID
1. Floresta	1
1.1. Floresta Natural	2
1.1.1. Formação Florestal	3
1.1.2. Formação Savânica	4
1.1.3. Mangue	5
1.2. Floresta Plantada	9
2. Formação Natural não Florestal	10
2.1. Área Úmida Natural não Florestal	11
2.2. Formação Campestre	12
2.3. Apicum	32
2.4. Outra Formação Natural não Florestal	13
3. Agropecuária	14
3.1. Pastagem	15
3.2. Agricultura	18
3.2.1. Cultura Anual e Perene	19
3.2.2. Cultura Semi-Perene	20
3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem	21
4. Área não vegetada	22
4.1. Praia e Duna	23
4.2. Infraestrutura Urbana	24
4.3. Afloramento Rochoso	29
4.4. Mineração	30
4.5. Outra Área não Vegetada	25
5. Corpos D'água	26
5.1 Rio, Lago e Oceano	33
5.2 Aquicultura	31
6. Não observado	27

Devido às suas características físico-químicas, biológicas e antrópicas, o bioma Pampa possui 14 destas classes conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Classificação da Coleção 3 do uso e cobertura da terra existente no bioma Pampa. Adaptado de: <<http://mapbiomas.org/pages/legenda>>

COLEÇÃO 3 - PORTUGUÊS		ID
1. Floresta		1
1.1. Floresta Natural		2
1.1.1. Formação Florestal		3
1.2. Floresta Plantada		9
2. Formação Natural não Florestal		10
2.1. Área Úmida Natural não Florestal		11
2.2. Formação Campestre		12
3. Agropecuária		14
3.1. Pastagem		15
3.2.1. Cultura Anual e Perene		19
3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem		21
3.2.2. Cultura Semi-Perene		20
4. Área não vegetada		22
4.1. Praia e Duna		23
4.2. Infraestrutura Urbana		24
4.3. Afloramento Rochoso		29
4.4. Mineração		30
4.5. Outra Área não Vegetada		25
5. Corpos D'água		26
5.1 Rio, Lago e Oceano		33
6. Não observado		27

Desta forma, foram reclassificadas e utilizadas as classes novas numerações para as novas classes conforme as Tabela 10 e Tabela 11. Vale aqui salientar que não existe a classe “Barragens e Açudes” na classificação do MapBiomias, logo as barragens e açudes encontram-se na classificação 33 (Rio, Lago e Oceano). Foram feitas duas reclassificações: uma para a quantificação das variáveis Aumento da Área de Barragens e Açudes, Perda de Área da Vegetação Nativa e Aumento da Área Agrícola; outra para averiguar a Diminuição da Área Pecuária onde a vegetação campestre não está classificada juntamente à vegetação florestal.

Tabela 10: Reclassificação 1 dos dados do MapBiomias.

Nova Classe	Classes MapBiomias (ID)
2 - Corpos d'Água	33
3 - Vegetação Nativa	3, 11 e 12
4 - Agricultura	9, 15, 19, 20 e 21
5 - Outros	23, 24, 25, 27, 30

Tabela 11: Reclassificação 2 dos dados do MapBiomias.

Nova Classe	Classes MapBiomias (ID)
1 – Vegetação Campestre	12
3 - Agricultura	9, 15, 19, 20 e 21
4 - Outros	3, 11, 23, 24, 25, 27, 30, 33

O primeiro passo a partir disto, é a identificação das barragens e açudes. Para isto, foram utilizados os dados da base cartográfica da FEPAM na escala 1:25.000. Nela, dentro da seção 1 de dados “Hidrografia”, estão disponíveis os dados vetoriais da localização das barragens, represas e açudes. Estes dados são referentes aos anos de 2011-2014. Desta forma, o ano analisado do MapBiomias mais próximo é o de 2015. Para a integração dos dados reclassificados do MapBiomias e os dados da FEPAM com intuito de separar, dentro da nova classe 2 (Corpos d'Água), o que é recurso hídrico natural (rios, arroios, lagos, lagoas, lagoas, entre outros) e o que foi antropizado (barragens, represas e açudes), foram feitos os seguintes passos:

1. Extrair a classe 2 (Corpos d'Água) criada na reclassificação do ano de 2015 do MapBiomias, criando um novo arquivo *raster*.
2. Vetorizar o arquivo de Corpos d'Água extraído. Este processo permitirá que todo o polígono seja classificado como barragem/açude e não apenas parcialmente.
3. Unir os dados da FEPAM e o vetorial reclassificado do MapBiomias conforme sua localização espacial. Isto serviu para resgatar as classificações pré-determinadas pela localização espacial dos dados da FEPAM do mapa de “Trecho Massa D'Água” com as classes:

- Rio;

- Represa/Açude;
 - Outros.
4. Atribuir a uma nova coluna no arquivo criado o valor dois (2) caso a classificação seja igual a “Represa/Açude”. Caso contrário, preencher com um (1). Os arquivos sem classificação proveniente da Fepam serão considerados como açudes por se tratarem de corpos d’água menores, logo, serão classificados como um (1). Polígonos provenientes do MapBiomias com áreas menores ou iguais a seis (6) hectares também foram classificados como barragens e açudes, caso não façam parte de algum curso d’água.
 5. As barragens maiores destinadas a múltiplos usos (captação, geração de energia, irrigação, navegação, etc.) foram identificadas visualmente e também utilizadas para a análise da dinâmica.
 6. Rasterizar o arquivo obtido utilizando a coluna criada gerando um arquivo raster de corpos d’água com valores de 1 (outros corpos d’água) e 2 (barragens e açudes) como pode ser visto nos Anexos F e G.
 7. Feito isso, foram integrados o arquivo final dos recursos hídricos e o de uso e cobertura da terra reclassificados do ano correspondente do MapBiomias obtendo como produto final, um arquivo *raster* com cinco (5) classes para o ano de 2015 conforme a Tabela 12:

Tabela 12: Reclassificação final dos dados de uso e cobertura da terra do Mapbiomias integrados com os dados de barragens e açudes da FEPAM.

ID	Classe
1	Outros Corpos d’Água
2	Barragens e Açudes
3	Vegetação Nativa
4	Agricultura
5	Outros

Todos os procedimentos adotados até o momento, foram também realizados posteriormente com os mapas dos demais anos (2000 e 1985) com base no de 2015 utilizando os mesmos critérios, como pode ser visto nas Figuras 5, 6 e 7. Para

encontrar as barragens e açudes destes anos foram cruzadas as informações encontradas no ano de 2015 com os dados de corpos d'água do MapBiomias de 1985 e 2000.

Para calcular o aumento ou diminuição das variáveis que são temporais (aumento da área de barragens e açudes, perda de área da vegetação nativa e aumento da área agrícola) foram utilizadas regionalizações para atribuição destes dados: o mapa dos sistemas campestres e florestais do Pampa (perda de área da vegetação nativa); o mapa das bacias hidrográficas que estão inseridas no Pampa (aumento da área de barragens e açudes); e COREDEs (aumento da área agrícola). Com três regionalizações variadas os dados puderam ser melhor acomodados, permitindo que como resultados, novas regionalizações fossem elaboradas.

Reclassificação dos Dados do MapBiomas de Uso e Cobertura da Terra - 1985

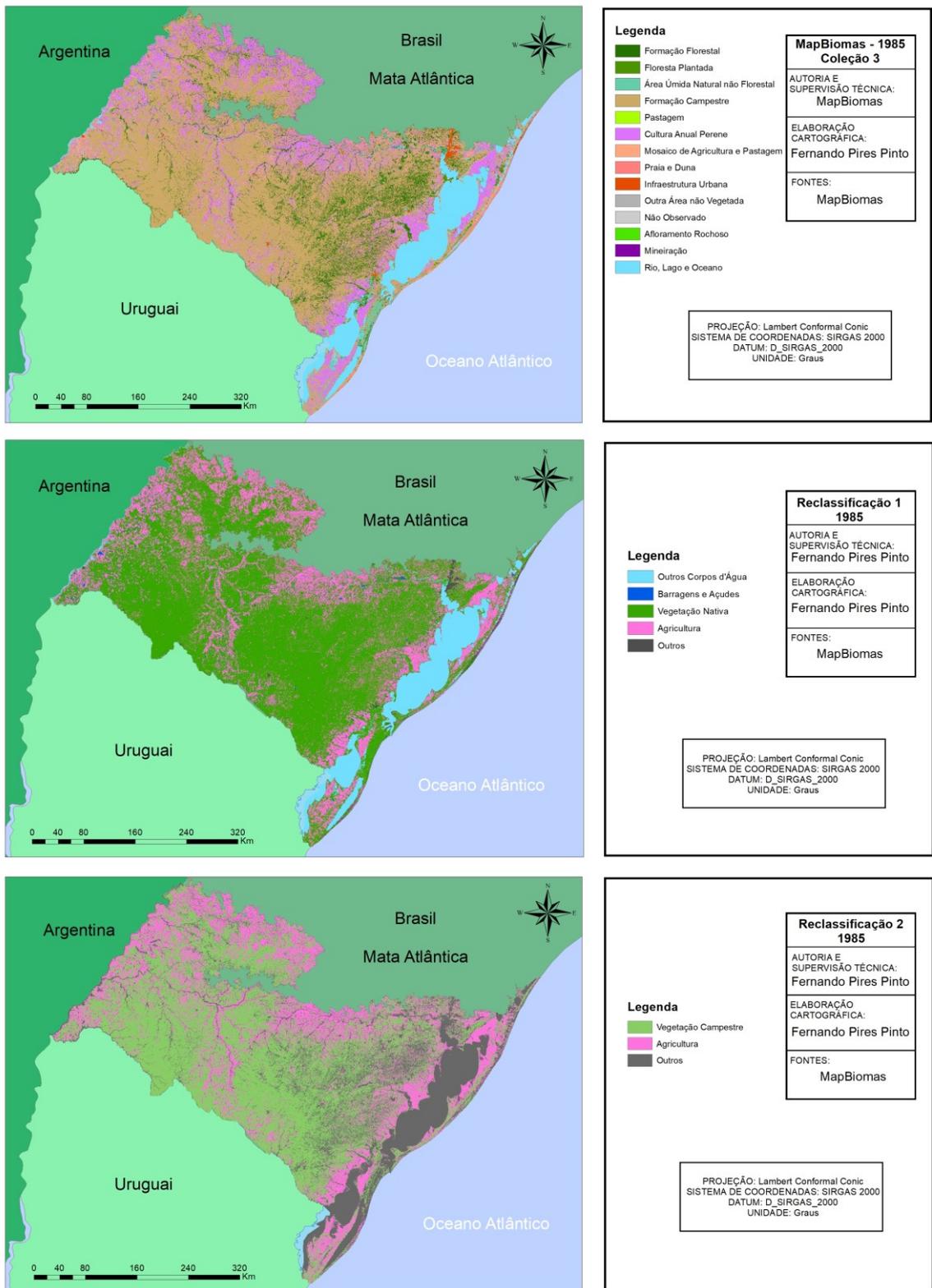


Figura 5: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 1985.

Reclassificação dos Dados do MapBiomas de Uso e Cobertura da Terra - 2000

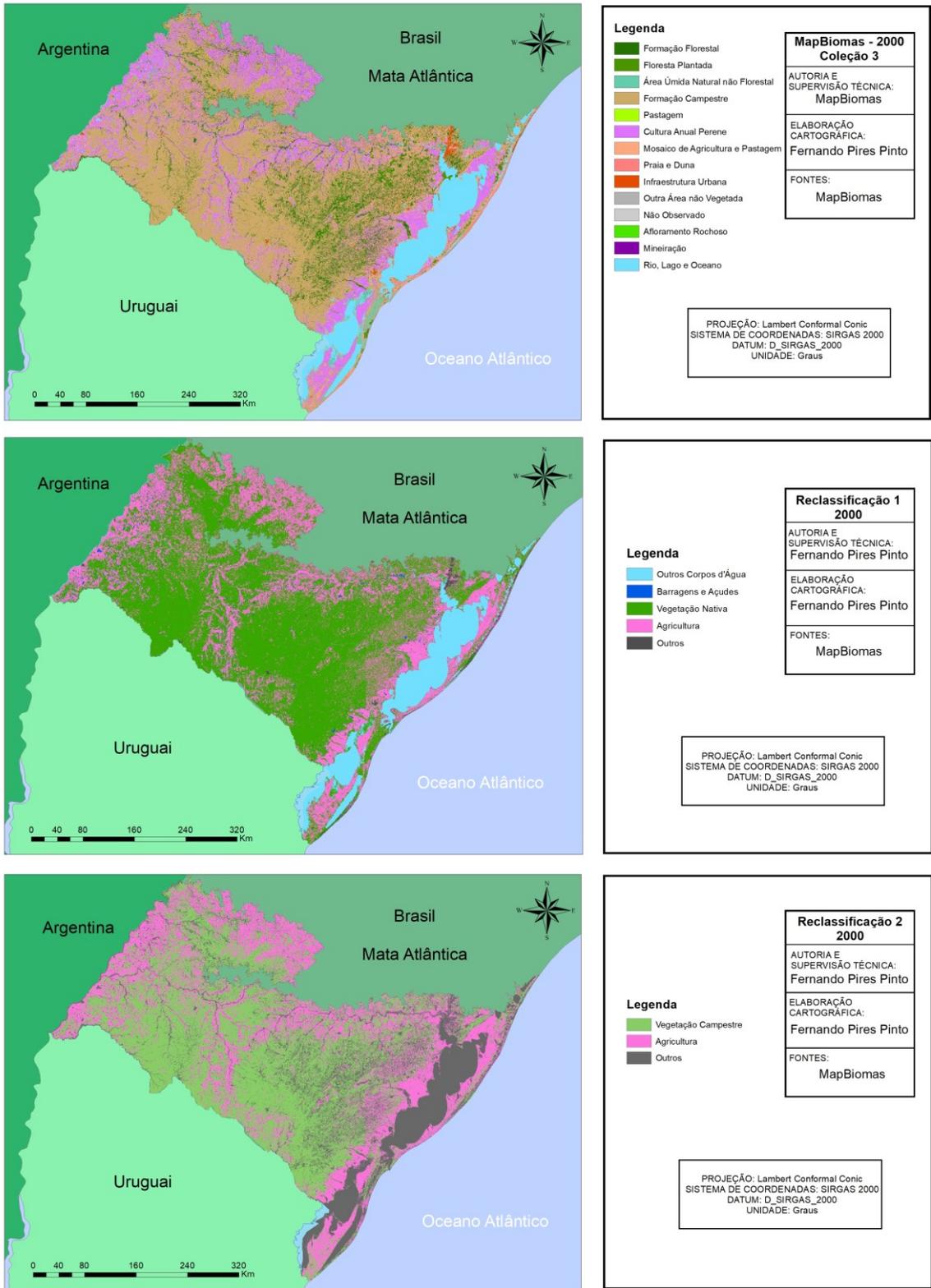


Figura 6: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 2000.

Reclassificação dos Dados do MapBiomas de Uso e Cobertura da Terra - 2015

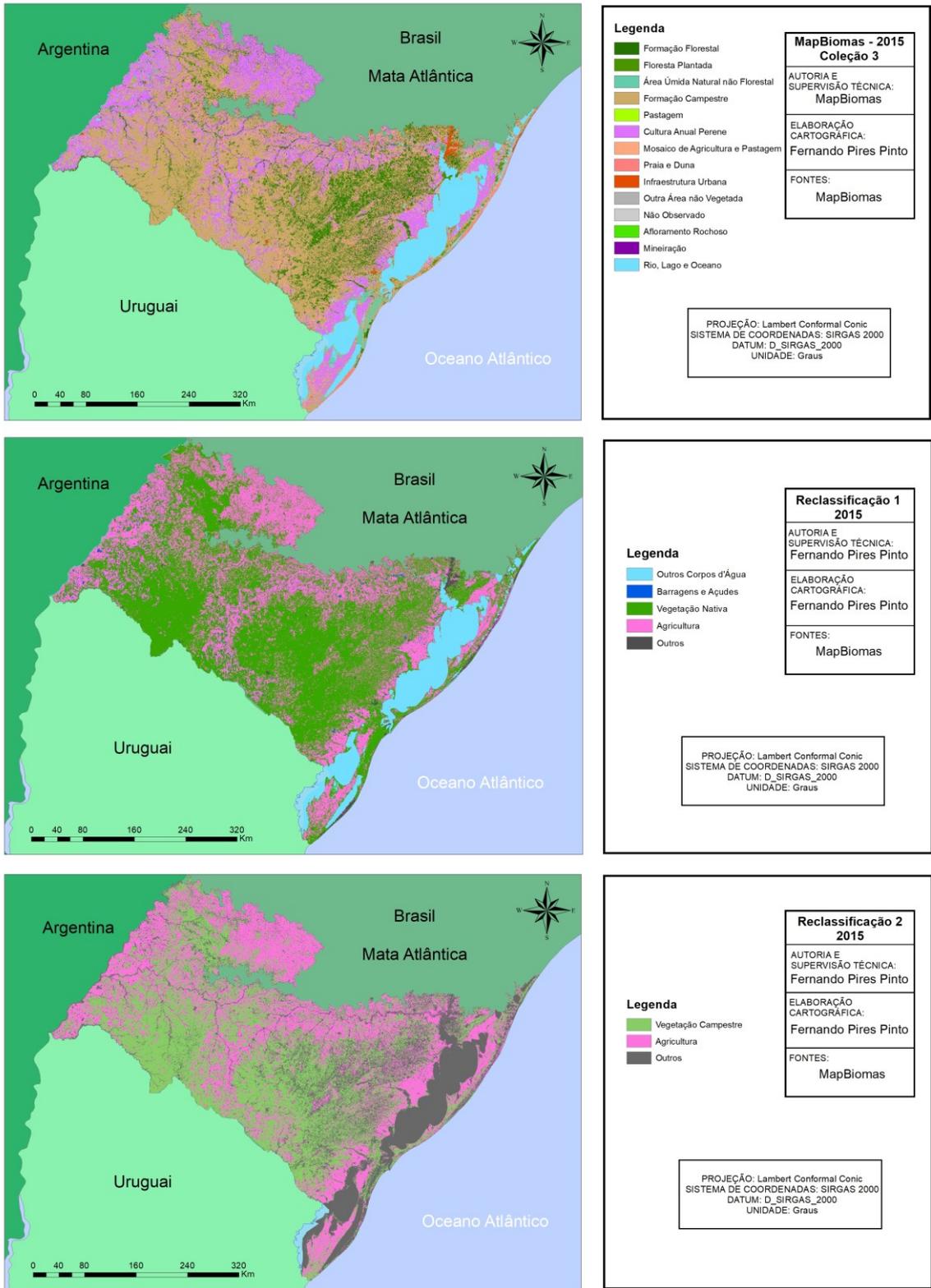


Figura 7: Reclassificações dos dados provenientes do MapBiomas Coleção 3 para o ano de 2015.

Sendo assim, foi calculada a quantidade de pixels (30x30 metros cada) de cada uma das classes da Tabela 12 em cada uma destas regionalizações com o intuito de verificar posteriormente seu aumento ou diminuição em cada uma de suas classes entre os períodos de 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015. As regionalizações finais têm como base a integração destes mapas com os demais (geomorfologia, declividade, solos, disponibilidade/uso, VAB da pecuária). Estes mapas permitirão a visualização de quais áreas de vegetação nativa do bioma foram mais afetadas ao longo dos anos e quais condições físicas mais interferiram nesta dinâmica.

4.3 Atribuição de Valores para o Grau de Impacto

Para a atribuição dos valores, que posteriormente foram integrados entre as variáveis para a regionalização, foi levado em consideração a vulnerabilidade e grau de impacto de determinada área ou classe decorrente do surgimento ou desaparecimento de barragens e açudes citado no referencial teórico-metodológico. Abaixo seguem as tabelas com os valores atribuídos em cada uma das variáveis e suas respectivas classes. Estes valores foram atribuídas com valores de 1 a 3 seguindo a metodologia de Crepani et al (2001) e, neste caso os valores representam o nível de impacto negativo que cada região sofreu ao longo dos períodos de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13: Valores conforme grau de impacto de barragens e açudes no bioma Pampa.

Nível de Impacto Negativo	Valor
Sem alterações (área não impactada)	1
Baixo grau de impacto	1,5
Grau de impacto moderado	2
Alto grau de impacto	2,5
Severamente impactada	3

Para a variável Geomorfologia, foram atribuídos valores baixos a relevos planos e áreas com pouca ou muita declividade. Isto é devido ao fato de que, nestes locais não é muito usual a construção de um barramento para irrigação. Como o bioma Pampa caracteriza-se por colinas e relevos ondulados, foram atribuídos valores maiores visto que estas áreas são as mais propícias para a construção de barramentos, logo, são as que maior sofrerão impactos negativos futuros. Valores intermediários foram atribuídos a relevos com pouca ocorrência no bioma conforme Tabela 14.

Tabela 14: Valores para a variável Geomorfologia.

Formas de Relevo (CPRM)	Valor
Água	1
Inselbergs - Morros testemunho	1
Planaltos	1
Planaltos e baixos platôs	1
Planícies Costeiras	1
Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	1
Planícies flúvio-marinhas	1
Superfícies aplainadas conservadas	1
Superfícies aplainadas degradadas	1
Tabuleiros	1
Terraços Lagunares	1
Escarpas serranas	1,5
Vales encaixados	1,5
Campos de Dunas	2
Domínio de colinas amplas e suaves	2
Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta	2,5
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	3
Domínio de colinas dissecadas e morros baixos	3
Domínio de morros e de serras baixas	3

Para a variável Declividade, assim como na Geomorfologia, foram atribuídos valores menores a relevos com declividade muito baixa ou fortemente escarpado visto que, no bioma são áreas que não possuem forte tendência à construção de barramentos. Valores maiores ficaram com relevos ondulados como pode ser visto na Tabela 15.

Tabela 15: Valor para a variável Declividade.

Relevo	Valor
Plano	1
Suave Ondulado	2
Ondulado	3
Fortemente Ondulado	2,5
Montanhoso	1,5
Fortemente	1

A variável de Solos, conforme mostrado no item 4.1.3, foi classificada conforme sua aptidão agrícola segundo Hasenack (2017). Aos solos que são manejados com maior facilidade e que propiciam as principais culturas do estado (arroz, soja, milho, entre outros) foram atribuídos valores maiores. As mais baixas foram conferidas aos solos que possuem menor aptidão, logo, a vegetação nativa do bioma consegue ainda que pouco, se manter preservada (Tabela 16).

Tabela 16: Valores para a variável Solos.

Solos	Valor
Urbano	1
Água	1
Rasos	1,5
Profundos com Baixa Fertilidade	2
Profundos com Alta Fertilidade	2,5
Hidromórficos	3

Para a variável Aumento da Área de Barragens e Açudes (%), quanto maior o surgimento de barragens e açudes ao longo do período (1985-2000, 2000-2015 ou 1985-2015) maior será o valor atribuído. Valores negativos (desaparecimento) e próximos a zero (0) foram atribuídos os menores valores. Valores intermediários foram concedidos a regiões onde não houve tanto acréscimo. Os valores da Tabela 17 foram calculados conforme dados do Anexo B e atribuídas às bacias hidrográficas, pois é uma variável que interfere diretamente no equilíbrio das mesmas (PIMENTEL, 2004, p. 51-52).

Tabela 17: Valores para a variável Aumento da Área de Barragens e Açudes (%).

Aumento da Área de Barragens e Açudes (%)	Valor
< 0%	1
0 a 20%	1,5
20 a 40 %	1,52
40 a 60%	2,5
> 60%	3

A variável de Disponibilidade/Uso da Água também está vinculada às bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, nesse caso mais especificamente as que estão inseridas no bioma Pampa. Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos (ECOPLAN, 2013, p. 98-102), estas bacias foram classificadas em Confortável, Alerta ou Crítica referente aos valores encontrados em seu levantamento. Sendo assim, os valores foram atribuídos de acordo com a Tabela 18. Lembrando que aqui são apenas consideradas as águas superficiais conforme dados do Anexo E.

Tabela 18: Valores para a variável Disponibilidade/Uso da Água.

Disponibilidade/Uso da Água	Valor
Confortável	1
Alerta	2
Crítica	3

Para a Perda de Área da Vegetação Nativa (%) foram atribuídos valores de acordo com as tipologias campestres e florestais mais descaracterizadas ao longo dos períodos analisados. Sendo assim, maiores valores foram atribuídos às tipologias campestres que tiveram maior perda da vegetação nativa; e valores menores, às tipologias menos descaracterizadas, segundo a Tabela 19. Cabe salientar que a conversão da vegetação nativa ou devido ao alagamento, ou devido à inserção da agricultura na área onde não havia anteriormente, é um dos principais impactos sobre a fauna e flora local decorrentes do surgimento de um barramento (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 247-248). Valores positivos representam a regeneração da vegetação nativa e valores negativos correspondem a perda ao longo dos períodos analisados (Anexo A).

Tabela 19: Valores para a variável Perda de Área da Vegetação Nativa (%)

Perda de Área da Vegetação Nativa (%)	Valor
> 10%	1
0 a 10%	1,5
-10 a 0%	1,52
-20 a -10%	2,5
< -20%	3

O Aumento da Área Agrícola (%) pode estar diretamente relacionado com o surgimento de um barramento na região devido ao aumento da demanda/uso da água sendo, desta forma, considerado um impacto negativo (BANCO DO NORDESTE, 1999, p. 247-248). Os projetos de irrigação causam diversos danos ao meio físico e biótico como visto no item 4.1.7. Logo, valores menores foram conferidos a regiões que tiveram ou perda da área agricultada (valores negativos) ou valores próximos a zero (0); e valores mais altos atribuídos a regiões com maior acréscimo de áreas agricultadas (valores positivos). Neste caso, os valores foram atribuídos aos COREDEs visto sua regionalização e objetivos relacionados ao desenvolvimento socioeconômico e ambiental, como está disposto no Anexo C. Esta variável também diz respeito aos períodos analisados: 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015 (Tabela 20).

Tabela 20: Valores para a variável Aumento da Área Agrícola (%).

Aumento da Área Agrícola (%)	Valor
< 0 %	1
0 a 15%	1,5
15 a 30%	1,52
30 a 45%	2,5
> 45%	3

A variável de Diminuição da Área de Pecuária (%) utiliza a classificação da Tabela 11 e os COREDEs como regionalização padrão. Sendo assim, foi contabilizado dentro de cada COREDE e sua área correspondente no bioma Pampa o quanto que o mesmo perdeu ou ganhou de vegetação campestre, cobertura esta onde é praticada a pecuária. Esta variável diz respeito a fatores de conservação e regeneração do bioma, visto que a pecuária se apresenta como a atividade mais compatível com o bioma para manter a sua conservação e biodiversidade (HASENACK, 2017, p. 12). A contagem (Anexo D), assim como as que utilizam a

Tabela 10, foi feita através do número de pixels perdidos ou ganhos no período, propondo-se os valores apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: Valores para a variável Diminuição da Área de Pecuária (%).

Diminuição da Área de Pecuária (%)	Valor
0 a 20%	1
-20 a 0%	1,5
-40 a 20%	1,52
-60 a -40%	2,5
< -60%	3

Por último, a variável VAB Pecuária refere-se ao percentual que a atividade pecuária representa dentro da estrutura da agropecuária municipal. Ou seja, foi atribuído um valor para cada município referente ao ano de 2012 que consta nos perfis socioeconômicos de cada COREDE, como pode ser visto na Tabela 22. Os valores foram utilizados para todos os períodos analisados visto que a estrutura pouco muda ao longo dos anos conforme dados da FEE e IBGE.

Tabela 22: Valores para a variável VAB Pecuária.

VAB Pecuária	Valor
> 40%	1
30 a 40%	1,5
20 a 30%	1,52
10 a 20%	2,5
0 a 10%	3

Posteriormente serão apresentados os dados e mapas desta etapa que foram utilizados na integração e geração dos mapas de regionalização. A cartografia elaborada mostra quais as regiões do bioma que mais foram impactadas negativamente por barragens e açudes tanto no meio físico, biótico ou socioeconômico.

4.4 Regionalização

A etapa final da metodologia trata da integração das variáveis até aqui descritas. Estas variáveis foram sistematizadas com intuito de padronizar os valores

trabalhados através de valores que correspondem o nível de impacto que cada uma de suas classes representam. Como resultado final, elaboraram-se três mapas que apontam quais as regiões mais impactadas negativamente devido ao aumento de barragens e açudes nos períodos de 1985-2000, 2000-2015 e 1985-2015. Este cálculo foi baseado na proposta de Crepani et al (2001), porém, com outras variáveis.

O cálculo para definir estas regiões não atribuiu peso a nenhuma variável, ou seja, todas possuem o mesmo peso. Assim, a fórmula utilizada é representada por:

$$\frac{G + D + S + BA^* + DU + PV^* + AA^* + DAP^* + VABP}{9}$$

Onde:

G = Geomorfologia

D = Declividade

S = Solos

BA = Aumento da Área de Barragens e Açudes (por período)

DU = Disponibilidade/Uso da Água

PV = Perda de Área da Vegetação Nativa (por período)

AA = Aumento da Área Agrícola (por período)

DAP = Diminuição da Área de Pecuária (por período)

VABP = VAB Pecuária

* variáveis que apresentarão valores diferentes por período analisado. Nas demais (G, D, S e VABP) foram sempre utilizadas as mesmas valores atribuídos.

A seguir apresentam-se os mapas com a sua classificação original e posteriormente com os valores atribuídos às suas classes. Os valores das variáveis BA e DU foram conferidos ao mapa de bacias hidrográficas que compreendem a área do bioma Pampa. Os valores para a PV foram concedidos ao mapa de tipologias campestres e florestais do Pampa. E, por fim, as dotas de AA e DAP foram atribuídas e analisadas conforme a regionalização dos COREDEs, de acordo com as Figuras 8 a 17.

Geomorfologia: Valores

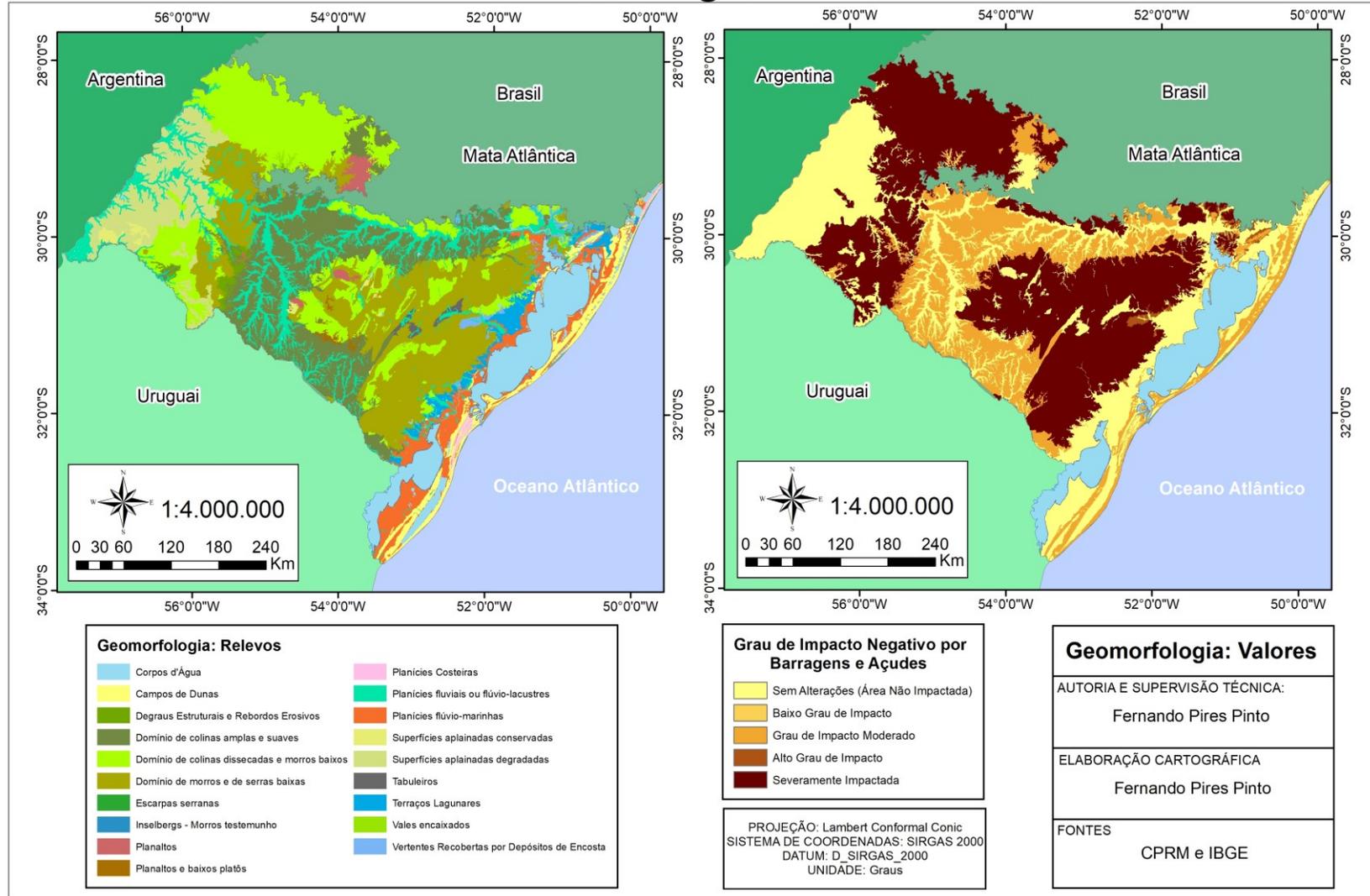


Figura 8: Geomorfologia: Tipologias e Valores.

Declividade: Valores

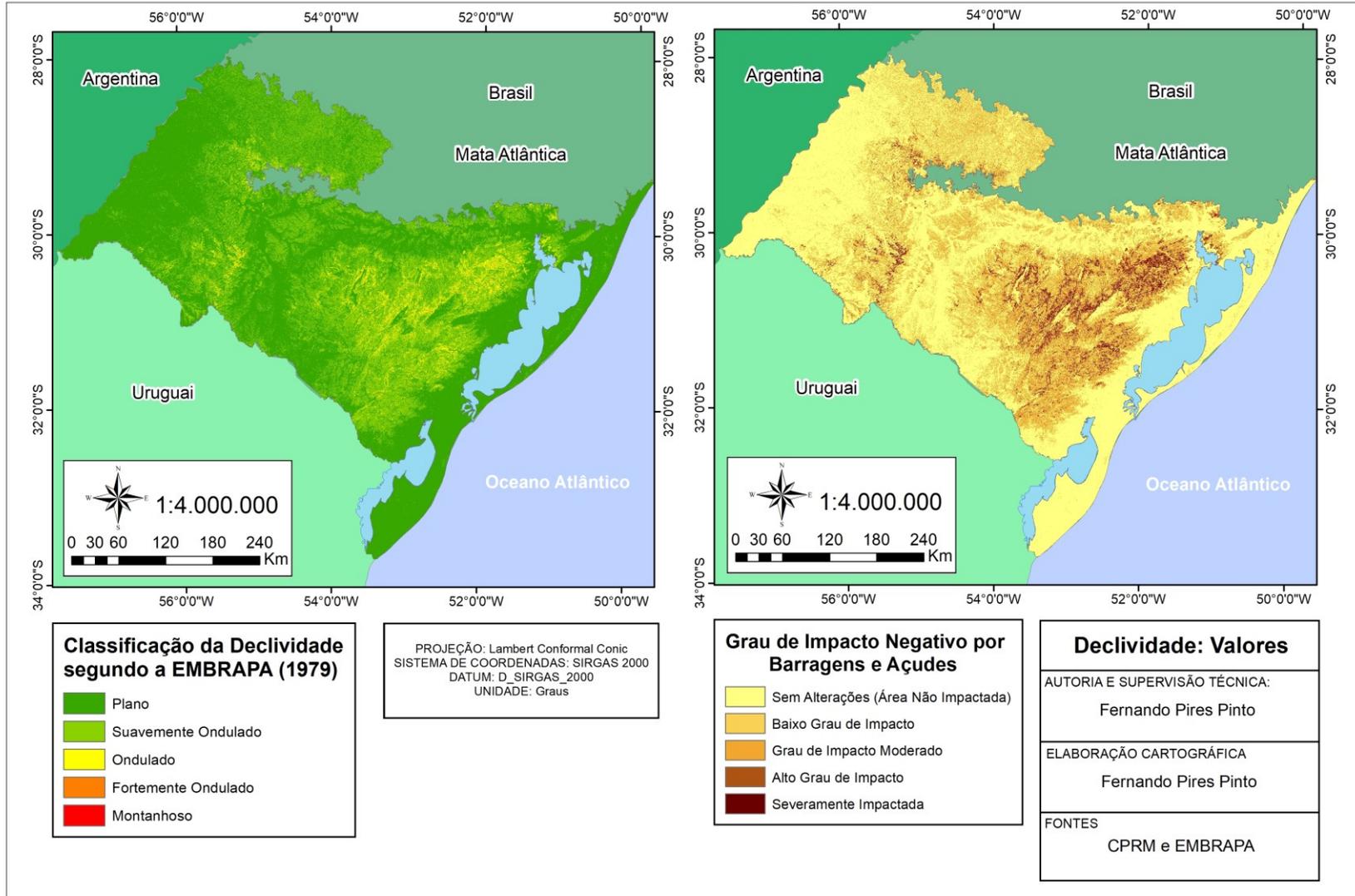


Figura 9: Declividade: Tipologias e Valores.

Solos: Valores

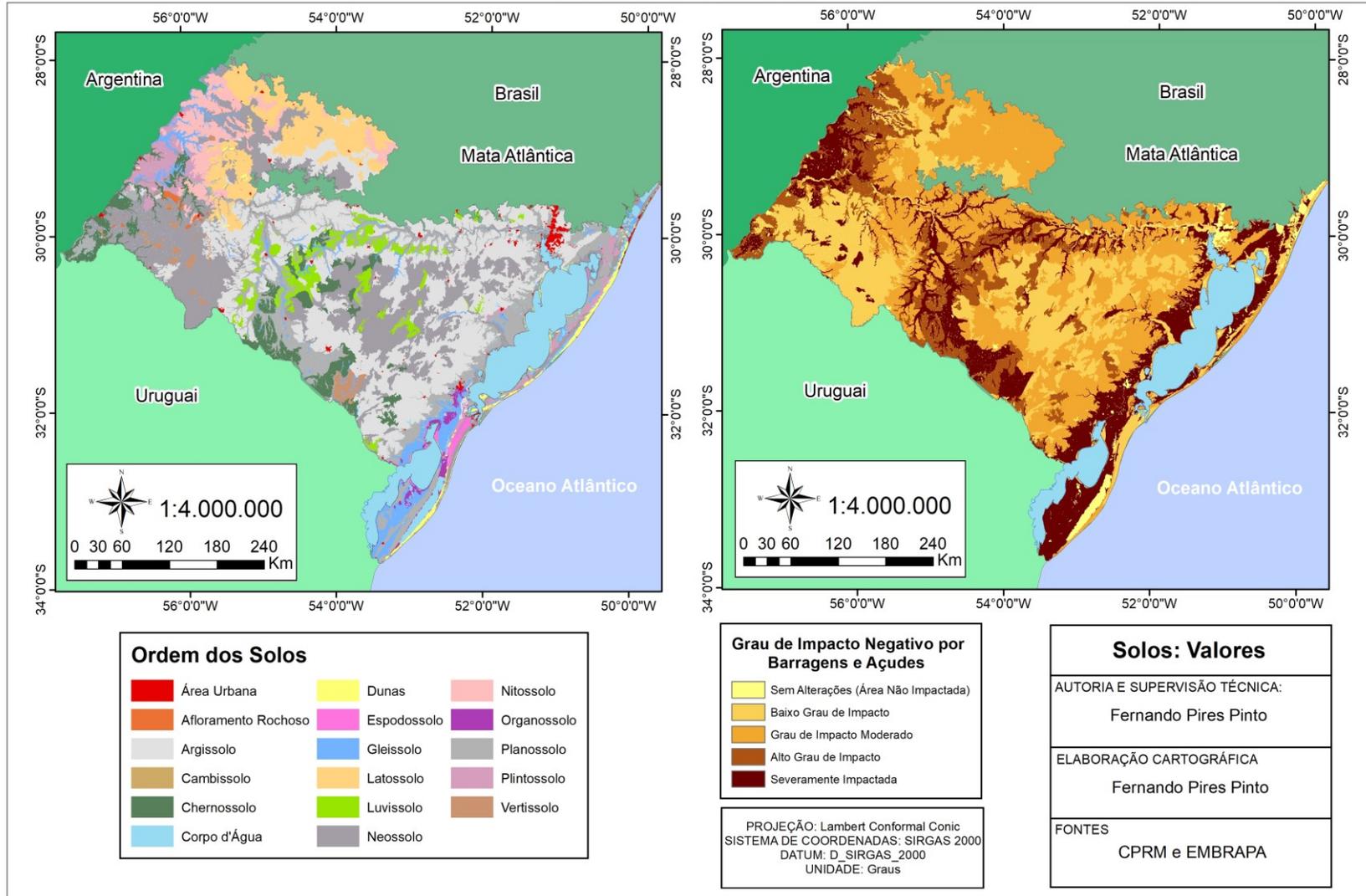


Figura 10: Solos: Tipologia e Valores.

Aumento de Barragens e Açudes % (1985-2000)

Aumento de Barragens e Açudes % (2000-2015)

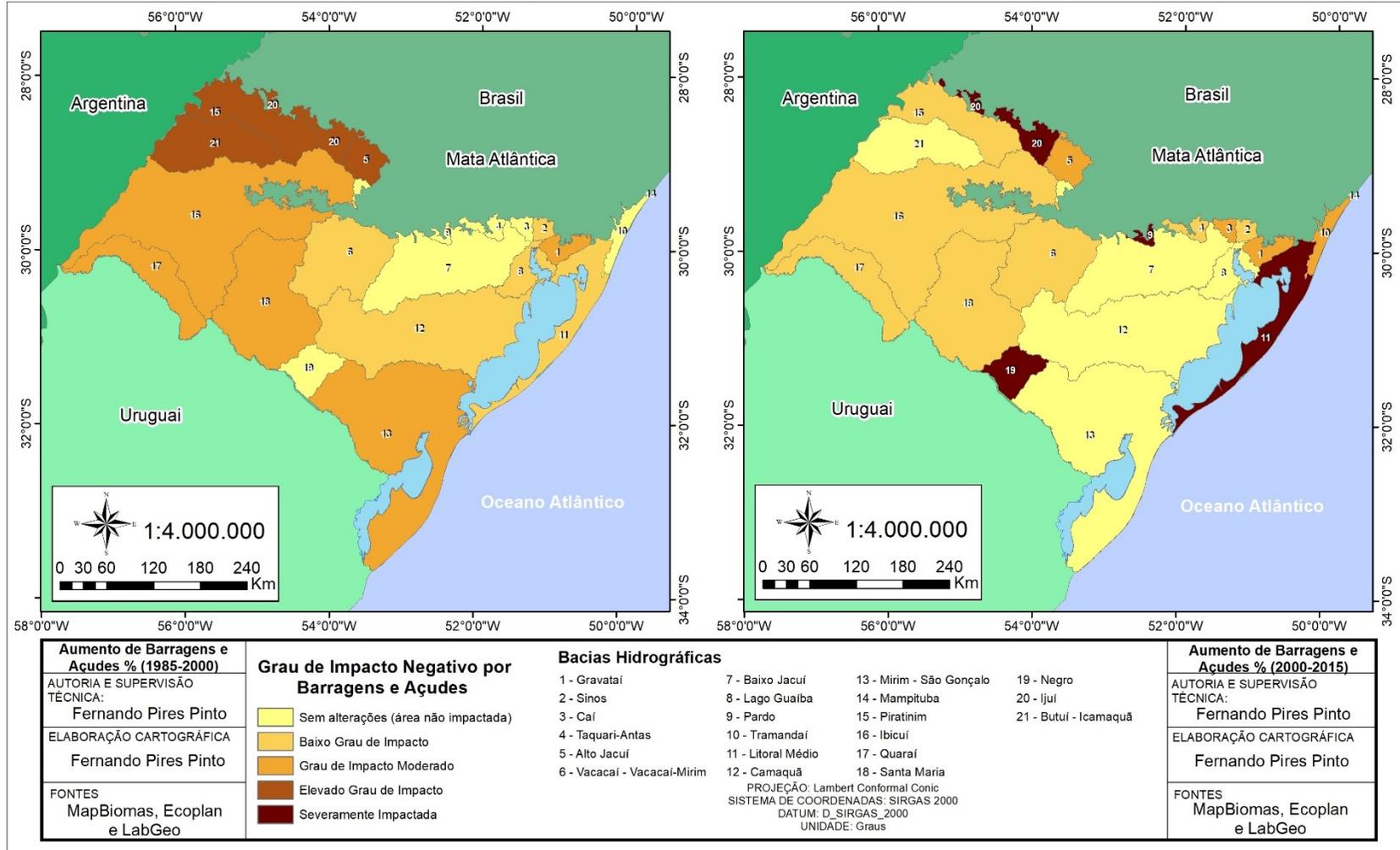


Figura 11: Valores para Aumento de Barragens e Açudes para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.

Aumento da Área de Barragens e Açudes % (1985-2015)

Disponibilidade x Uso das Águas Superficiais

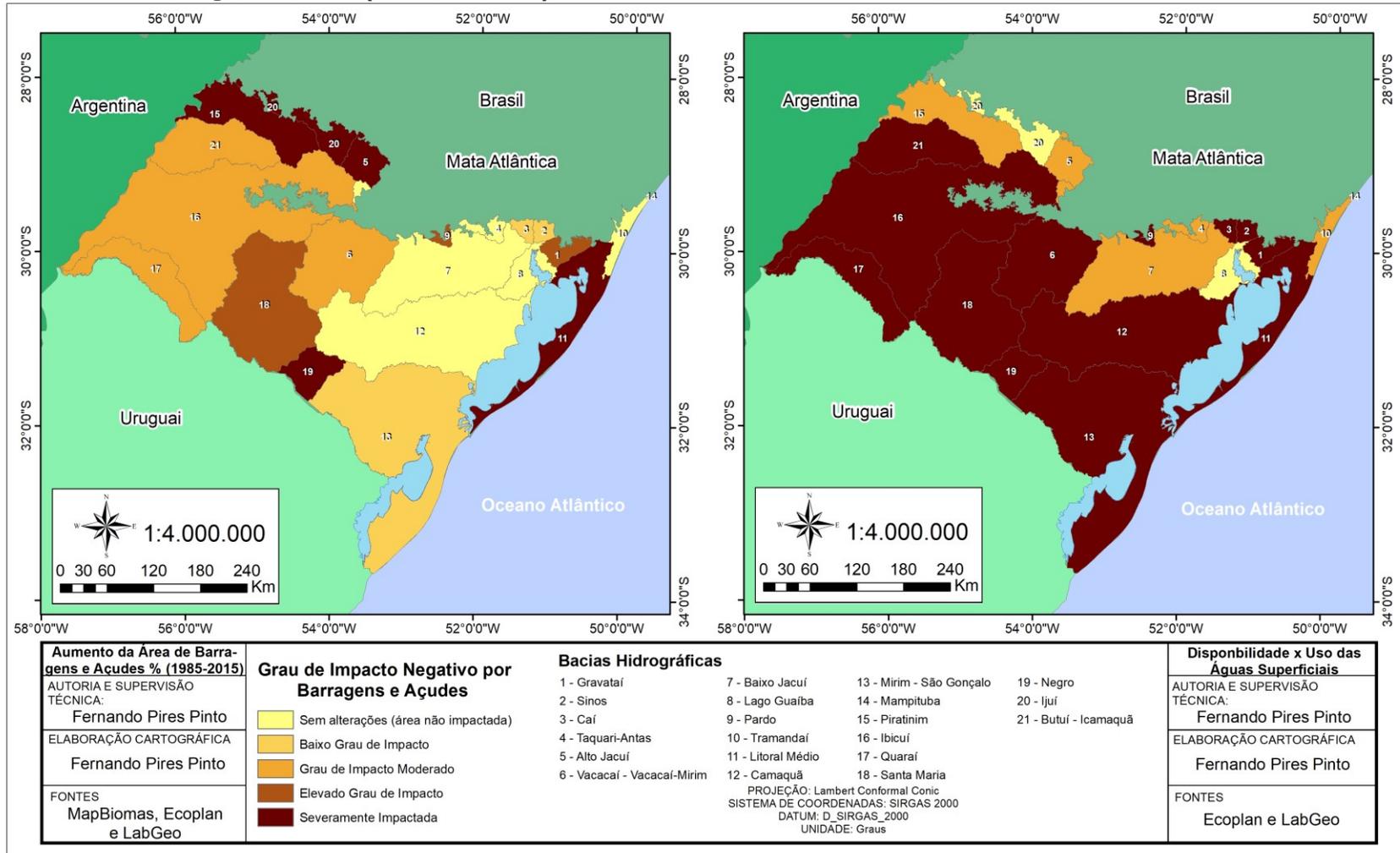


Figura 12: Valores para o Aumento de Barragens e Açudes para o período de 1985-2015 e para Disponibilidade x Uso das Águas Superficiais.

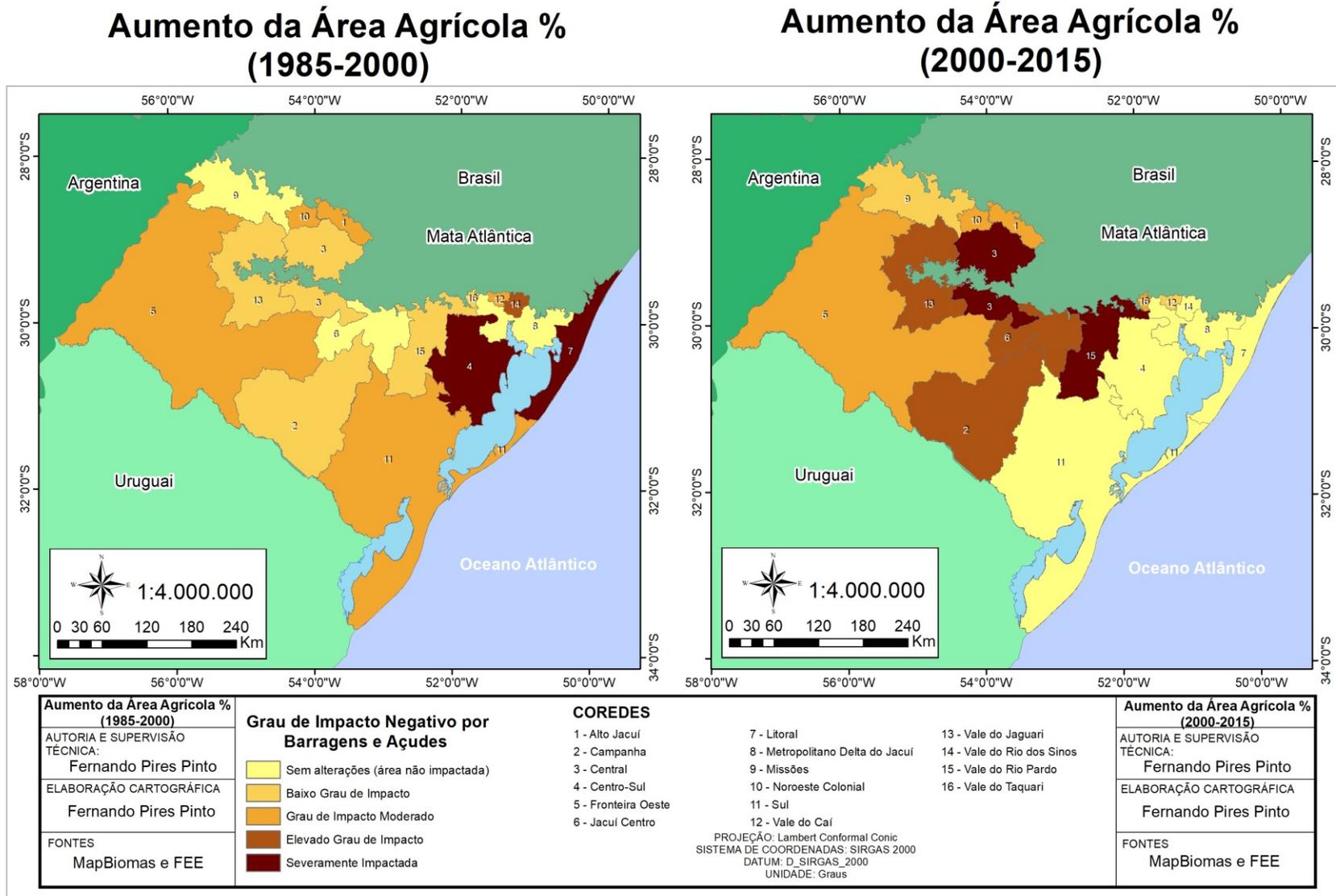


Figura 13: Valores para o Aumento da Área Agrícola para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.

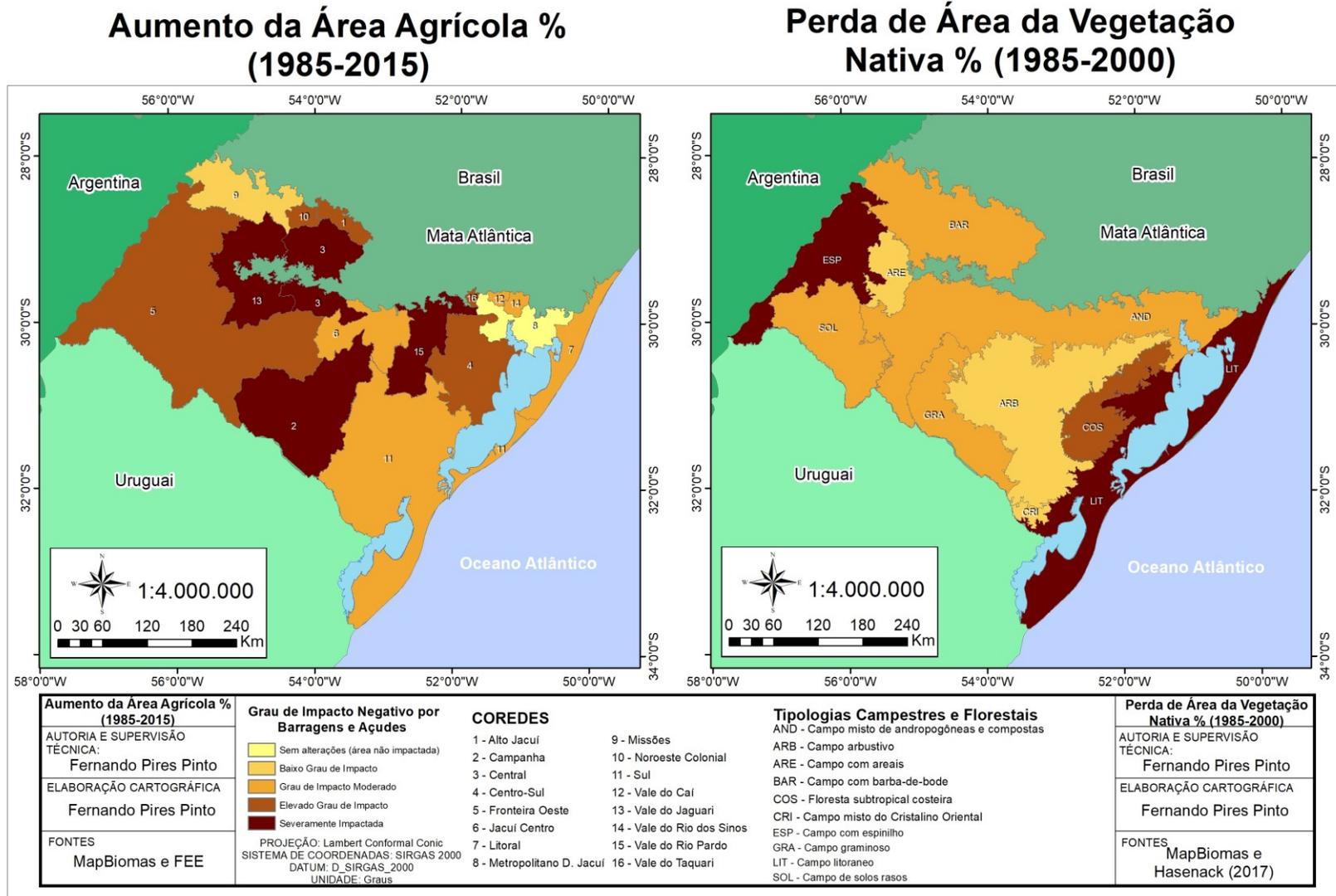


Figura 14: Valores para o Aumento da Área Agrícola para o período de 1985-2015 e para a Perda de Área da Vegetação Nativa para o período de 1985-2000.

Perda de Área da Vegetação Nativa % (2000-2015)

Perda de Área da Vegetação Nativa % (1985-2015)

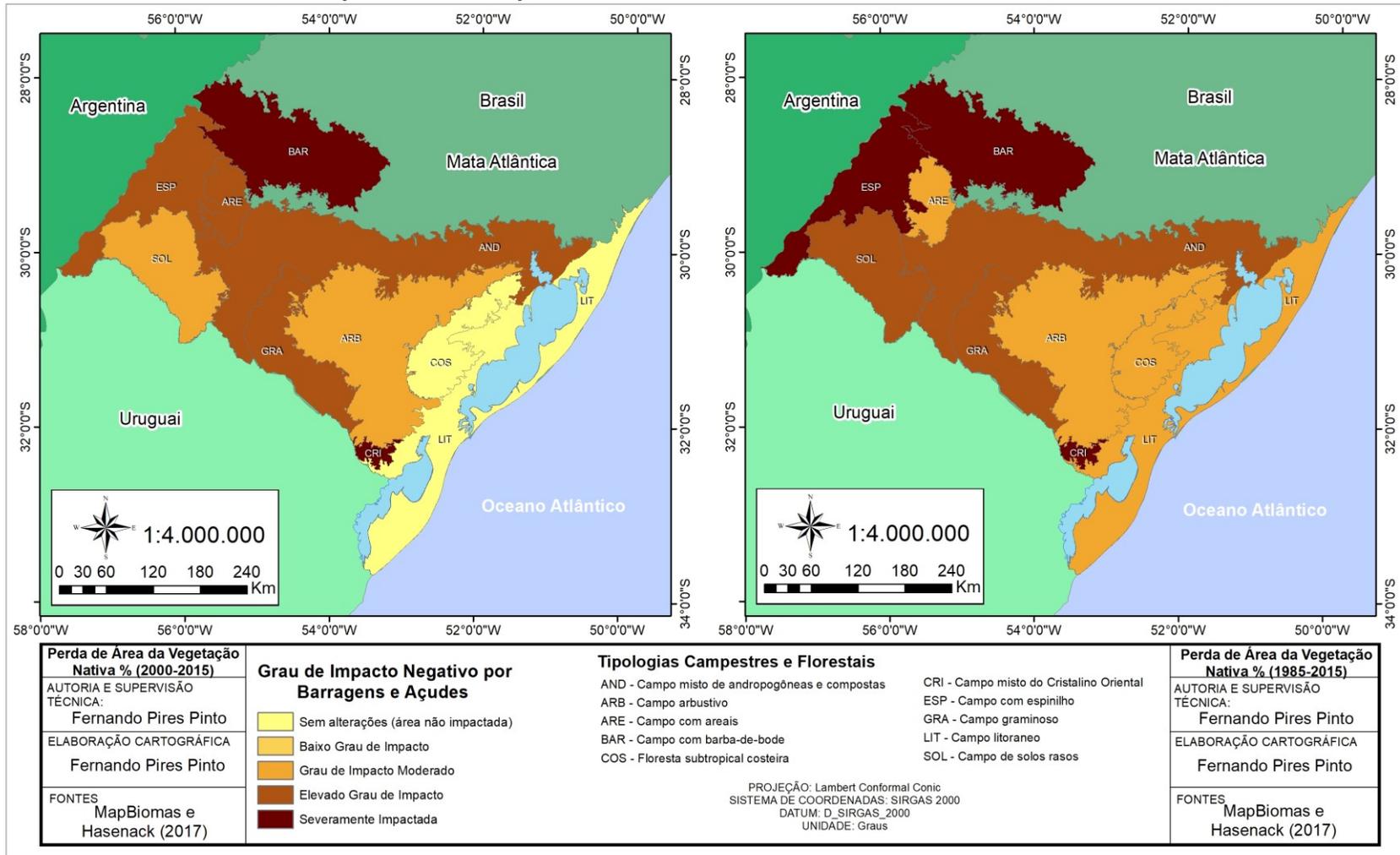


Figura 15: Valores para a Perda de Área da Vegetação Nativa para os períodos de 2000-2015 e 1985-2015.

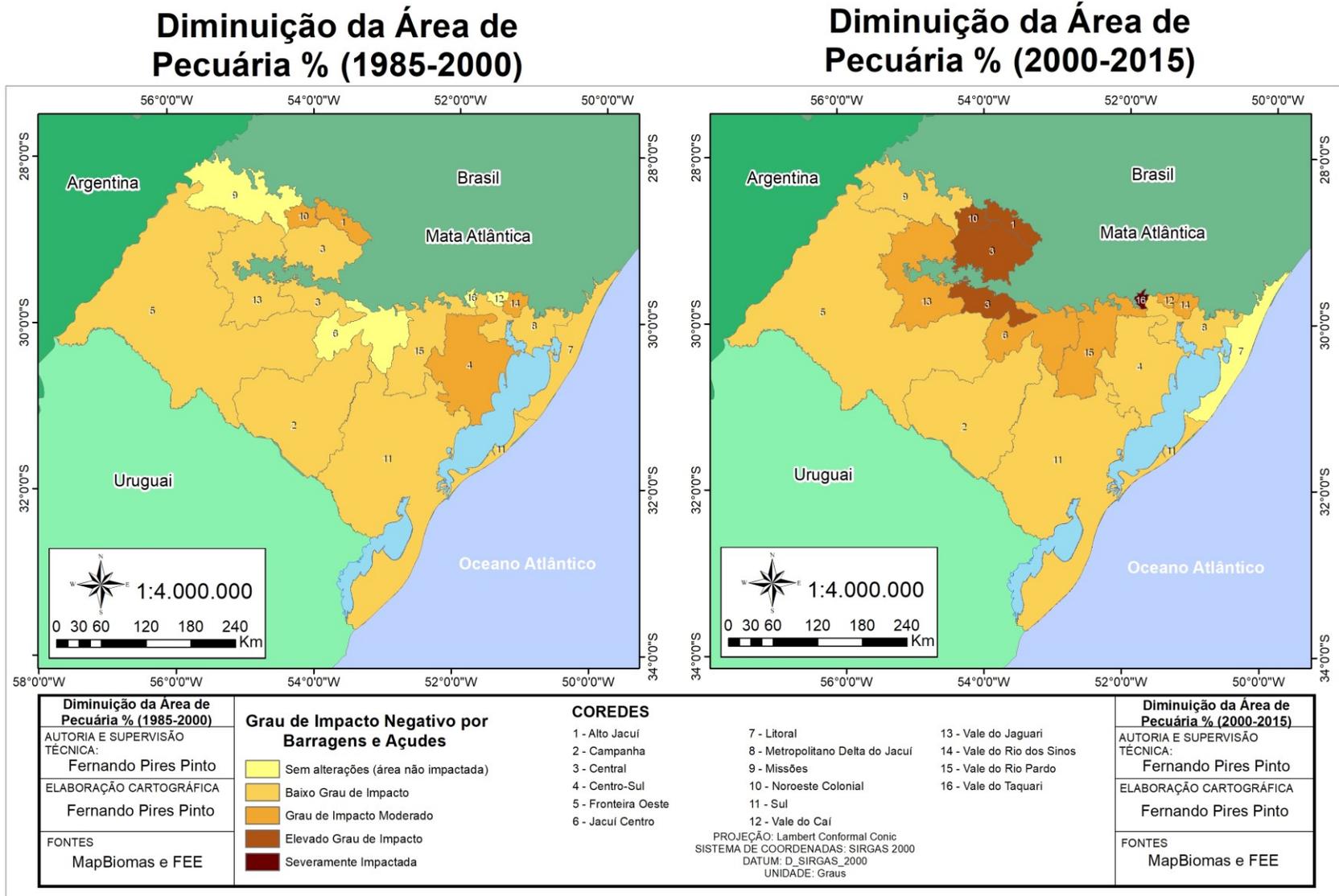


Figura 16: Valores para a Diminuição da Área de Pecuária para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015.

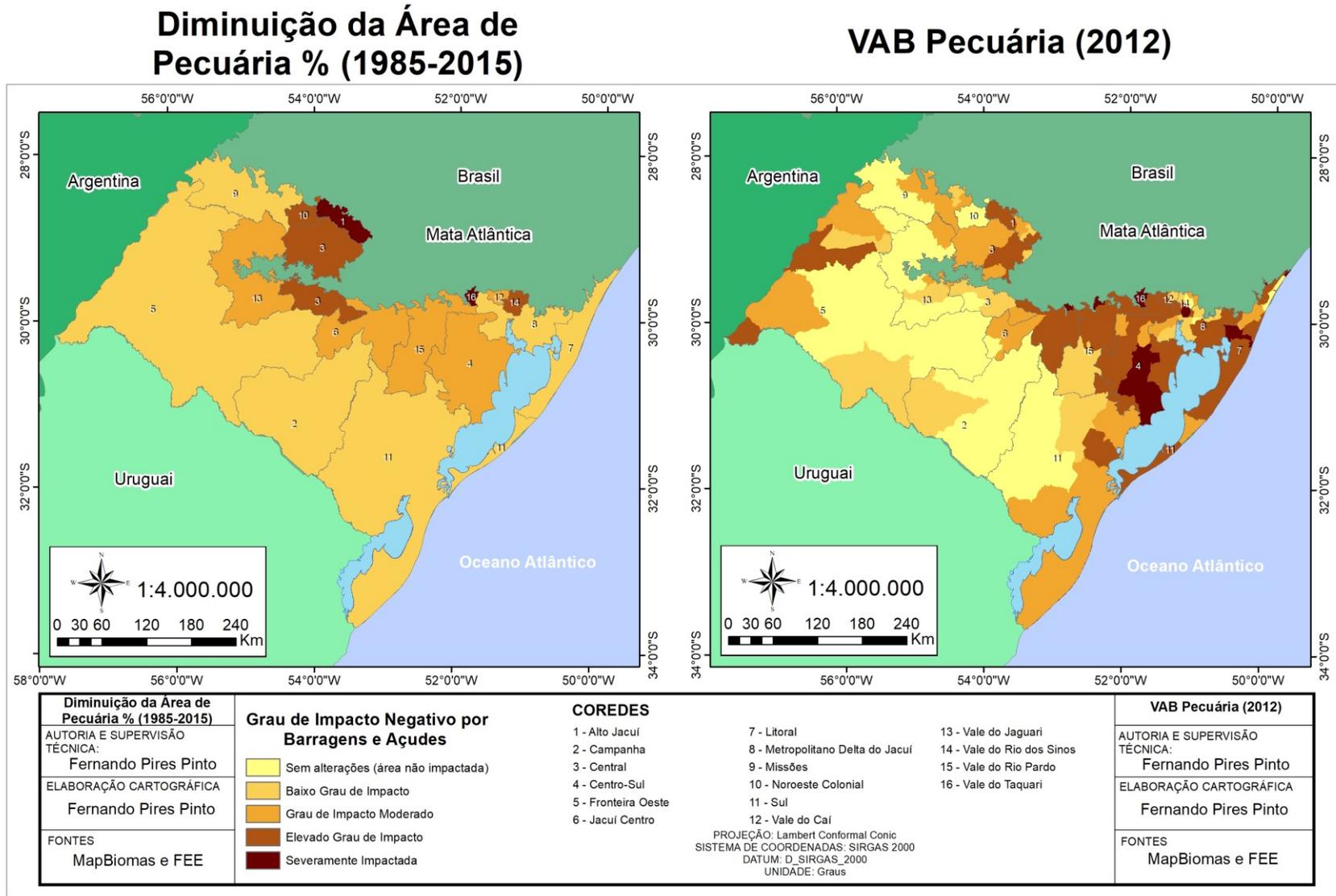


Figura 17: Valores para a Diminuição da Área de Pecuária para o período de 1985-2015 e para a VAB Pecuária por municípios.

Cabe aqui salientar que o que se busca não são apenas regiões contínuas e sim regiões que compartilham do mesmo grau de impacto negativo pela presença de barragens e açudes. Para isto foram levantados valores estatísticos para cada período analisado: média dos valores encontrados, desvio padrão e os 25º, 50º e 75º percentis (ver Tabela 23). Isto para definir os intervalos para cada mapa. Pelo fato destes mapas apresentarem como resultados diferentes ranges, cada um foi classificado conforme estes valores apresentados. Os valores encontrados estão entre um (1) e três (3) não sendo encontrado em nenhuma região os valores extremos.

Os ranges foram definidos como:

Tabela 23: Parâmetros para classificação dos mapas de regionalização do grau de impacto por barragens e açudes.

Range	Classificação
<25%	Baixo Grau de Impacto
25 a 75%	Grau de Impacto Moderado
>75%	Elevado Grau de Impacto

Estes ranges foram definidos para encontrar regiões extremamente afetadas e regiões que não sofreram tanta alteração na sua paisagem conforme a variação das barragens e açudes nos períodos em questão. Contudo, pelo fato de a área de estudo ser extensa, com três classificações muitas áreas perderiam sua singularidade com relação aos processos ocorridos ao longo dos anos. Sendo assim, dentro desta regionalização por grau, foram definidas quatro sub-regiões em cada uma destas classificações que partilham das mesmas características físicas e também dos mesmos processos ao longo dos anos.

A numeração para as sub-regiões foi atribuída de forma aleatória levando apenas em consideração a leitura do mapa da esquerda para a direita. Estas sub-regiões não possuem a mesma área e não ocupam, necessariamente, o mesmo lugar em todos os períodos. Porém, por partilharem das mesmas características, apresentam um range de valores similares. Também foram encontradas áreas não contínuas que fazem parte da mesma sub-região, pois como dito anteriormente, o que se buscou foi a semelhança entre as mesmas. A seguir serão apresentados os mapas, resultado desta regionalização de áreas mais impactadas por barragens e açudes no Pampa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são analisados os resultados alcançados com os mapeamentos propostos na metodologia. Os mapas referem-se às áreas com maior impacto negativo derivado da variação da área ocupada por barragens e açudes. Desta forma, pôde-se analisar um período de 30 anos entre 1985 e 2015 e seus intervalos de 15 anos (1985-2000 e 2000-2015). Estas séries temporais semelhantes foram definidas com o intuito de facilitar a comparação dos resultados, pois permitem uma melhor análise da redução ou aumento das áreas impactadas.

Cada grau de impacto apresenta quatro sub-regiões que diferem em área, localização e características conforme a mudança do período. Primeiramente será analisado o período de 1985 até 2000, seguido pelo de 2000 até 2015 e por último o período como um todo, 1985-2015 para visualizar o panorama geral e situação das sub-regiões ao longo destes anos. É importante salientar que ao longo da pesquisa bibliográfica não foi encontrado outro estudo que se assemelhe a este para que ocorra a comparação e validação dos resultados obtidos. Destarte, foram elaborados mapas com zoom nas regiões com alto, moderado e baixo grau de impacto negativo como metodologia de validação dos resultados aqui apresentados.

5.1 Período de 1985 a 2000

O período de 1985 a 2000 apresentou certas peculiaridades. Primeiramente as regiões classificadas com Elevado Grau de Impacto estão localizadas em regiões opostas do Pampa: na divisa com a Argentina ao longo do Rio Uruguai e no Litoral, tanto no sul, quanto no norte. Estas são áreas já consolidadas pela orizicultura, cultura esta que se ajusta aos solos e disponibilidade hídrica destas regiões (BASSO, 2012, p. 90 e p. 104). A maior área que representa a região de Baixo Grau de Impacto se localiza no centro do Bioma, área esta que não apresenta solos férteis e relevos favoráveis para a agricultura (HASENACK, 2017, p. 31) e implementação de barramentos o que, na época ainda sem muita tecnologia no campo, acabava tornando-se um impedimento do avanço agrícola nessa região, como pode ser observado na Figura 18.

Pampa: Regionalização por Impactos de Barragens e Açudes

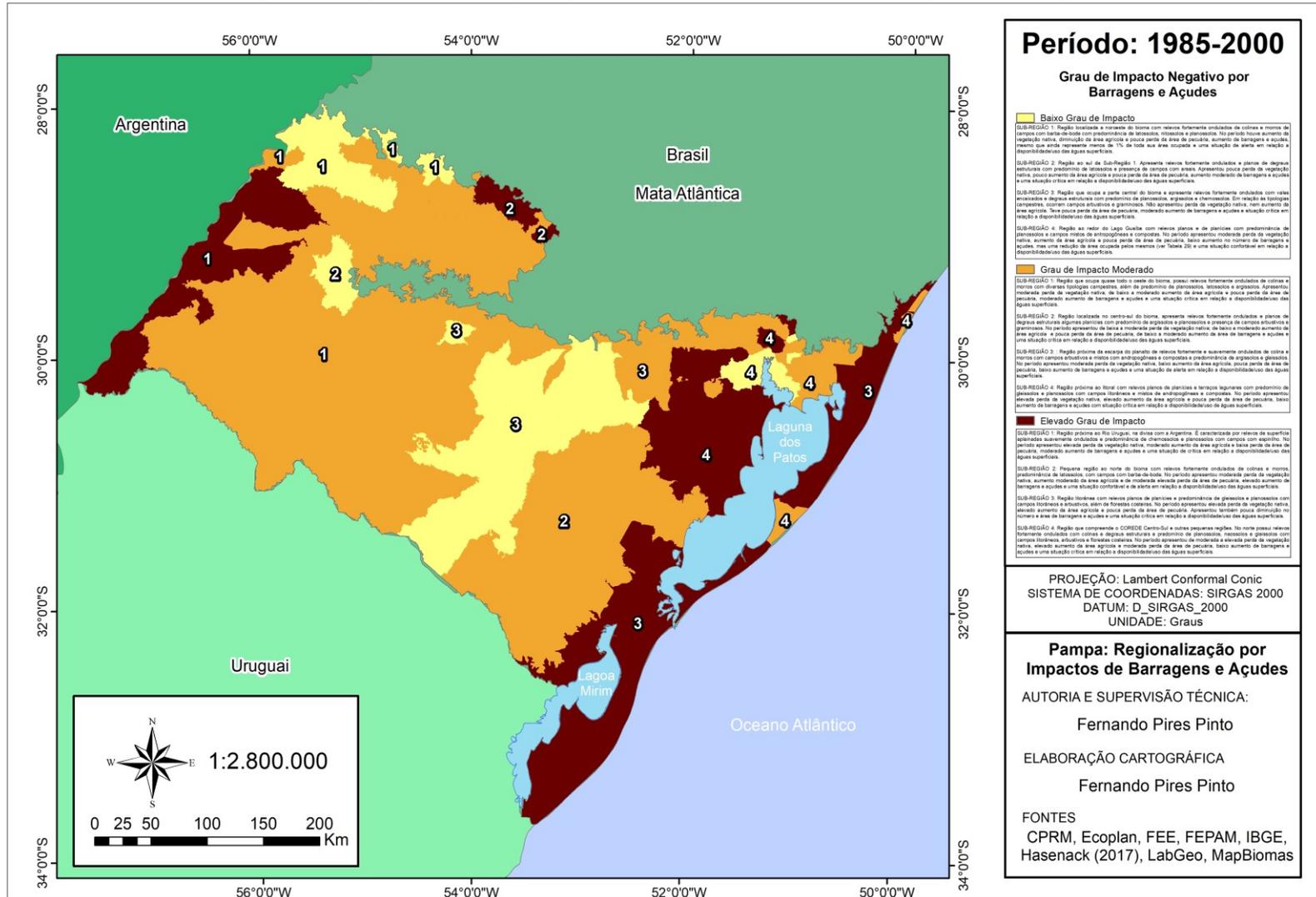


Figura 18: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 1985-2000.

Em relação a valores estatísticos, o período apresentou:

- Média Geral: 1,87
- Desvio Padrão: 0,23
- Valor Mínimo: 1,25
- Valor Máximo: 2,55
- Percentis: 25% = 1,697; 50% = 1,85; 75% = 2,096

Neste período, o Pampa apresentou um acréscimo da área ocupada por barragens e açudes em todos os graus de impactos, conforme Tabela 24, mesmo apresentando diminuição no número desses elementos na área de Alto Grau de Impacto (ver Tabela 25). Apresentou também considerável perda de área ocupada pela vegetação nativa e aumento da área agrícola principalmente na região de Alto Grau de Impacto.

Tabela 24: Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 1985-2000 (km²).

Classe	B1985	B2000	≠	M1985	M2000	≠	A1985	A2000	≠
Outros Corpos Hídricos	76,8	75,7	-1,1	365,0	341,0	-24,0	2370,6	2515,8	+145,2
Barragens e Açudes	187,9	212,0	+24,1	804,9	1022,4	+217,5	530,6	574,1	+43,5
Vegetação Nativa	19567,6	20001,4	+433,8	70769,8	67712,6	-3057,2	20463,6	15218,7	-5244,9
Agricultura	7706,7	7245,0	-461,7	23207,2	26026,1	+2818,8	16281,5	21310,2	+5028,7
Outros	171,9	176,9	5,0	358,4	403,5	+45,2	815,3	843,0	+27,7

Tabela 25: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 1985-2000.

Ano	Baixo	<1 pix	Moderado	<1 pix	Alto	< 1pix	Total	Total <1
1985	4204	578	14126	2090	7341	1600	25671	4268
2000	5109	830	17059	2779	6787	1375	28955	4984
Diferença	+905	+252	+2933	+689	-554	-225	+3284	+716

Escolheu-se este parâmetro de área menor que 0,9 hectare para análise devido à correspondência da área dos pixels (30x30m) e resolução das imagens de satélite, além da possibilidade de melhor visualizar a informação devido a escala trabalhada.

Os dados correspondentes a cada sub-região de cada um dos graus de impacto serão apresentados a seguir.

5.1.1 Baixo Grau de Impacto

Esta região representa como um todo, uma área de aproximadamente 27.846 km², o que corresponde a cerca de 15,7% da área do bioma Pampa contando o complexo lacustre lagunar Patos-Mangueira-Mirim; relacionado à área analisada corresponde a cerca de 16,9%. No que diz respeito aos valores atribuídos para o grau de impacto, a média encontrada para esta região foi de 1,58. De acordo com a Figura 19, percebe-se o aumento da área de vegetação nativa e a diminuição da área agrícola com as demais classes sem alteração considerável no período.

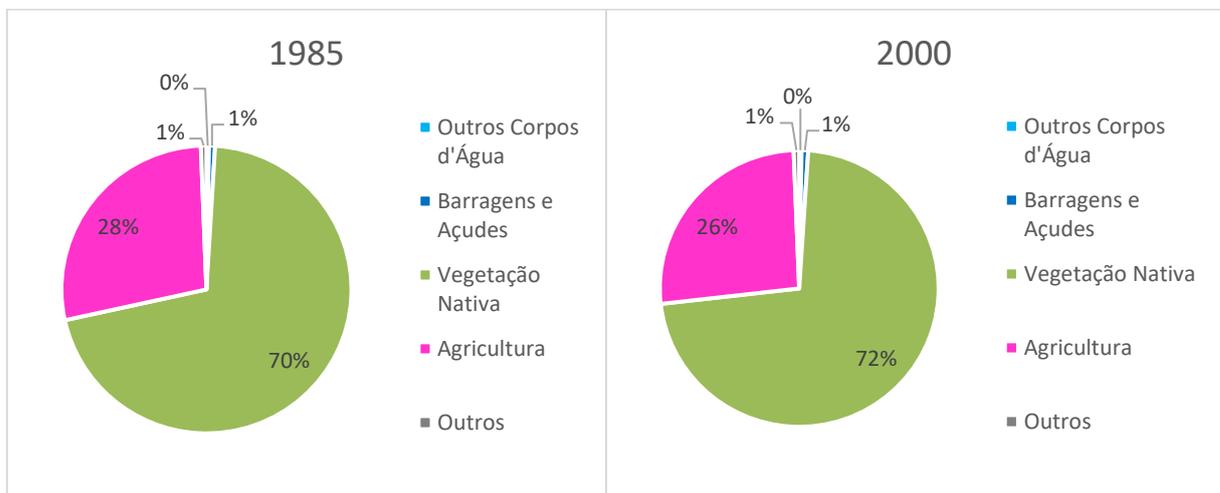


Figura 19: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-Região 1: Região localizada a noroeste do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros de campos com barba-de-bode com predominância de latossolos, nitossolos e planossolos. No período, conforme a Figura 20, houve aumento da vegetação nativa, diminuição da área agrícola e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também aumento de barragens e açudes, mesmo que ainda represente menos de 1% de toda sua área ocupada (Tabela 26), e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

Tabela 26: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	249	50	14,2
2000	442	67	20,4
Diferença	+193	+17	+6,2

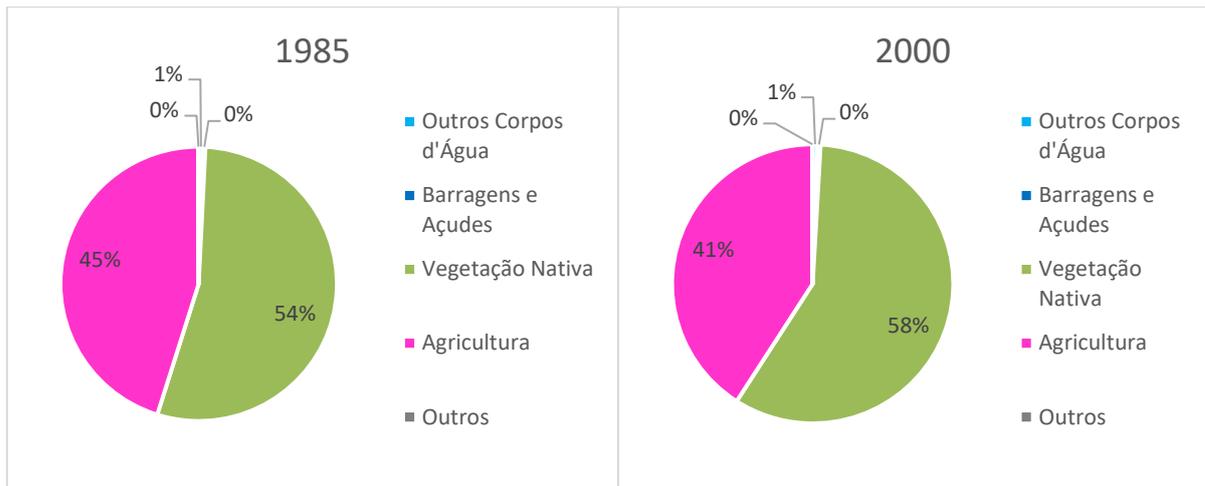


Figura 20: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-Região 2: Região ao sul da Sub-Região 1. Apresenta relevos fortemente ondulados e planos de degraus estruturais com predomínio de latossolos e presença de campos com areais. No período apresentou pouca perda da vegetação nativa, pouco aumento da área agrícola, conforme Figura 21, e pouca perda da área de pecuária. Também apresentou aumento moderado de barragens e açudes (ver Tabela 27) e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais. Mesmo com a diminuição do número de barragens e açudes, ainda assim, em respeito à área houve aumento.

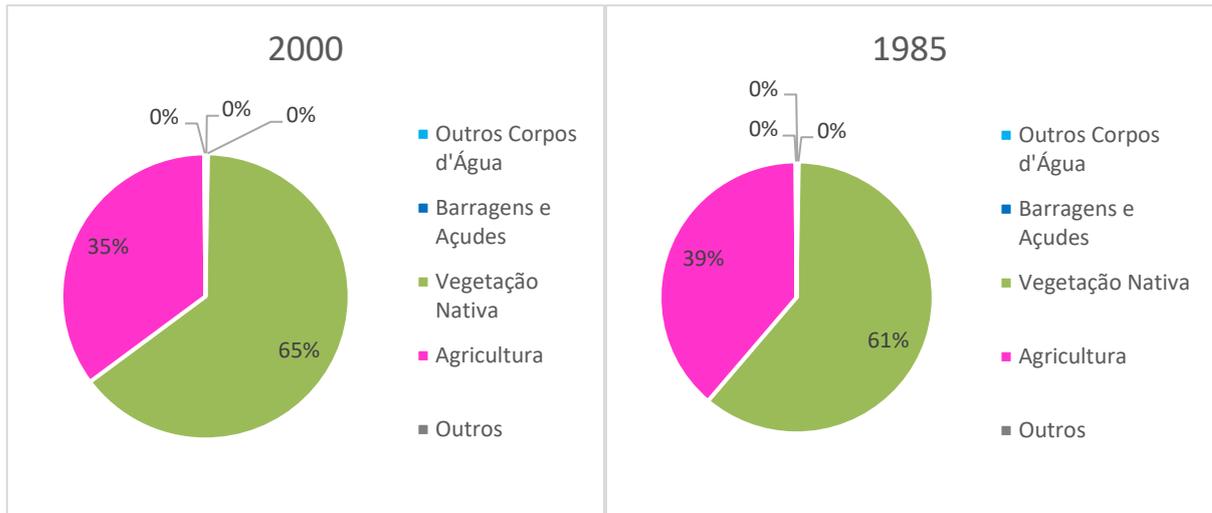


Figura 21: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Tabela 27: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	128	29	1,2
2000	115	23	1,3
Diferença	-13	-6	+0,1

Sub-Região 3: Região que ocupa a parte central do bioma e apresenta relevos fortemente ondulados com vales encaixados e degraus estruturais com predomínio de planossolos, argissolos e chernossolos. Em relação às tipologias campestres, ocorrem campos arbustivos e gramíneos. Não apresentou perda da vegetação nativa, nem aumento da área agrícola. Teve pouca perda da área de pecuária, moderado aumento de barragens e açudes e situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais (Figura 22).

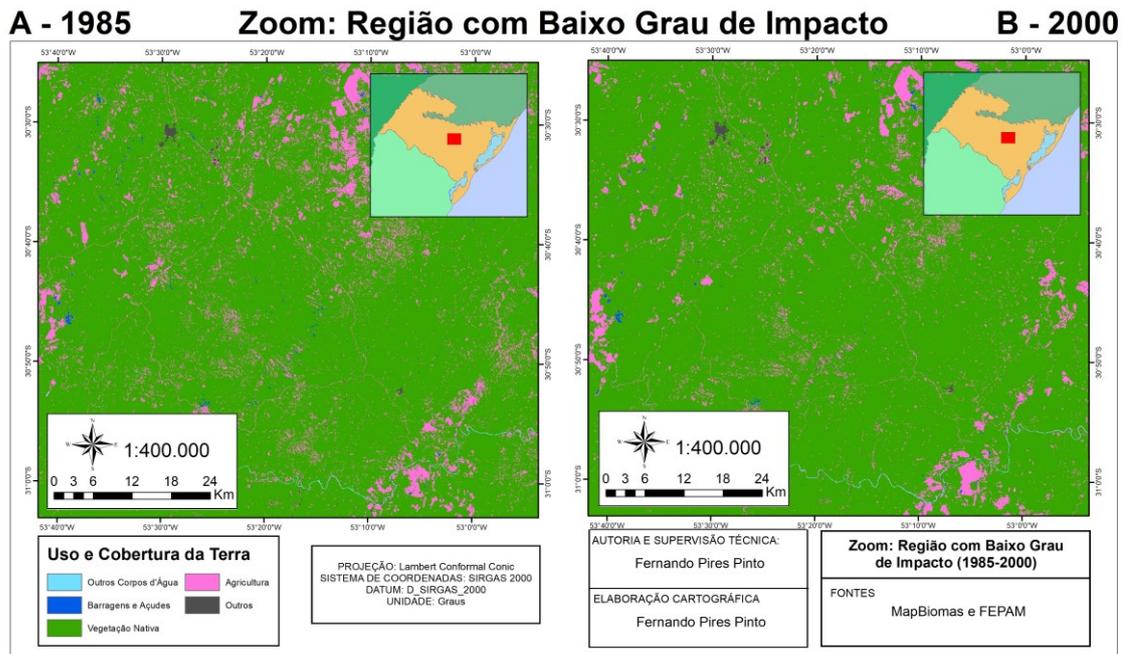


Figura 22: Zoom da Sub-Região 3 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.

Como pode ser visto na Figura 22, ocorreram poucas mudanças referentes às barragens e os açudes na região, o que configura como Baixo Grau de Impacto negativo advindo do surgimento dessas estruturas no período. E pode ser notado em relação à Figura 23 e Tabela 28. Cabe salientar que os números elevados são consequência desta Sub-Região ser a maior em área deste grupo.

Tabela 28: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	3485	485	161,5
2000	4024	616	180
Diferença	+539	+131	+18,5

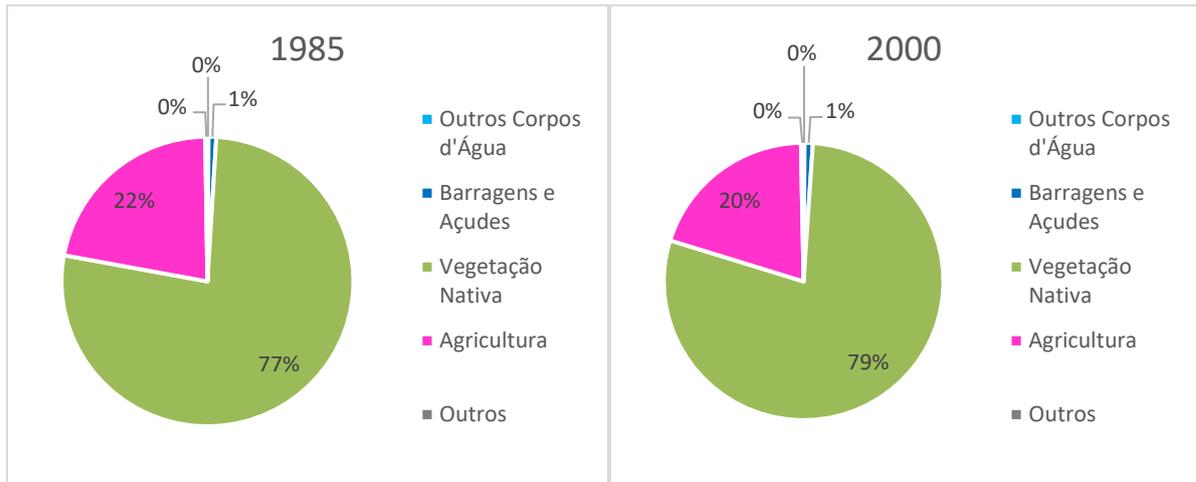


Figura 23: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-Região 4: Região ao redor do Lago Guaíba com relevos planos e de planícies com predominância de planossolos e campos mistos de antropogêneas e compostas. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa, aumento da área agrícola, conforme Figura 24, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também baixo aumento no número de barragens e açudes, mas uma redução da área ocupada pelos mesmos (ver Tabela 29) e uma situação confortável em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

Tabela 29: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	342	30	11,1
2000	528	125	10,3
Diferença	+186	+95	-0,8

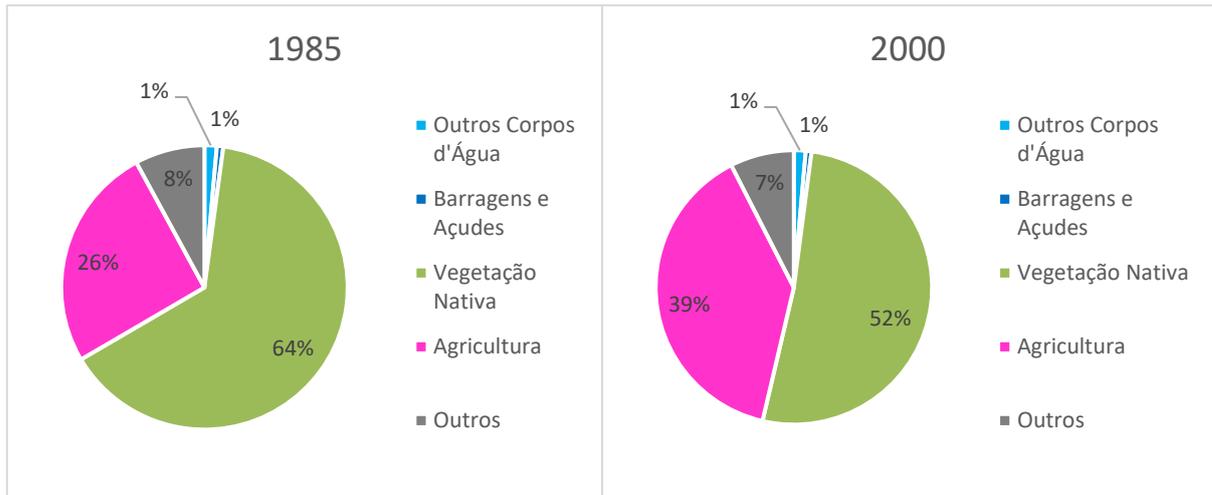


Figura 24: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

5.1.2 Grau de Impacto Moderado

A região representa como um todo, área de aproximadamente 95.943 km², o que corresponde a cerca de 54,3% da área do bioma Pampa contando o complexo lacustre lagunar Patos-Mangueira-Mirim; relacionado a área analisada corresponde a cerca de 58,3%, o que representa a maior área dentre as regiões com uma média de valores 1,825. Considerando as quatro sub-regiões, apresentou aumento da área agrícola, diminuição da vegetação nativa e, mesmo que com pouca representatividade na área, aumento de mais de 200 km² de barragens e açudes.

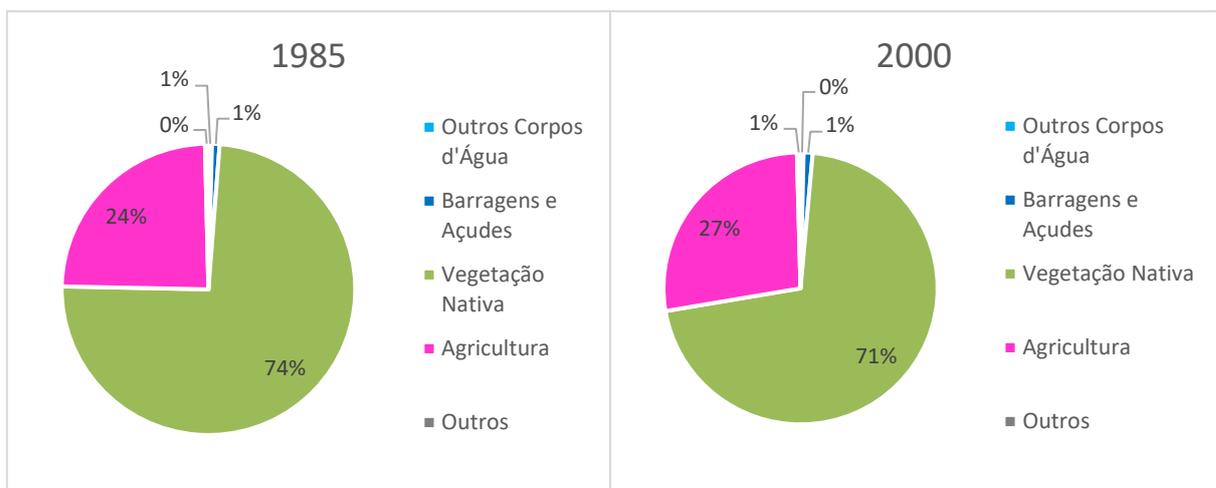


Figura 25: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-Região 1: Região que ocupa quase todo o oeste do bioma, possui relevos fortemente ondulados de colinas e morros com campos arbustivos, em solos rasos, gramíneos, com barba-de-bode e mistos com andropogôneas (tribo de gramíneas da família *Poaceae*) e compostas, além de predomínio de planossolos, latossolos e argissolos. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa; de baixo a moderado aumento da área agrícola e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também moderado aumento de barragens e açudes, segundo a Tabela 30, e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais. As Figuras 26 e 27 mostram a área ocupada pelas classes na sub-região e a região aproximada permitindo melhor visualização.

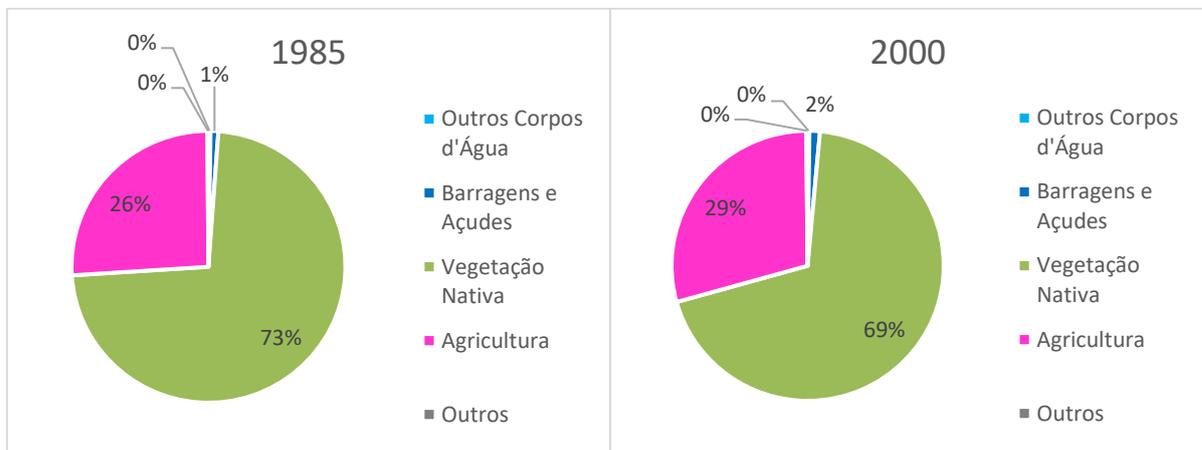


Figura 26: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Tabela 30: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	8736	1189	581,6
2000	11919	1832	787,2
Diferença	+3183	+643	+205,6

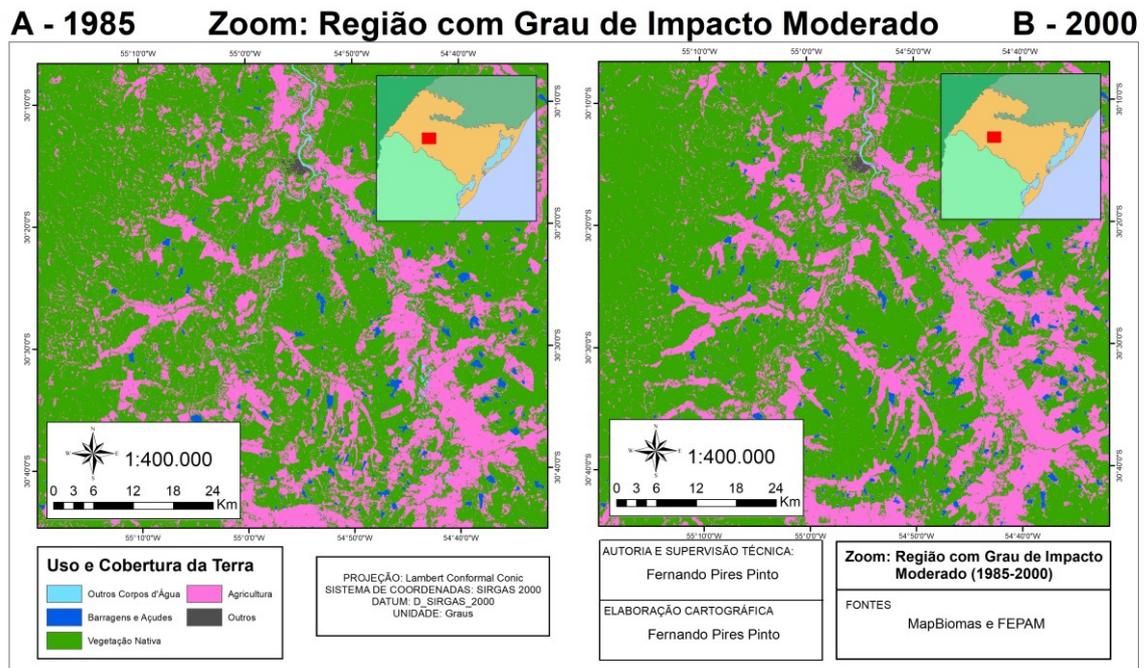


Figura 27: Zoom da Sub-Região 1 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.

Apresentando elevado aumento de barragens e açudes, tanto em número, quanto área, a Figura 27 evidencia uma grande mudança na paisagem da Sub-Região 1 de Grau de Impacto Moderado ao longo do vale do rio Santa Maria que é bastante utilizado para o plantio de arroz (BASSO, 2012, p.90).

Sub-Região 2: Região localizada no centro-sul do bioma, apresenta relevos fortemente ondulados e planos de degraus estruturais algumas planícies com predomínio de argissolos e planossolos e presença de campos arbustivos e gramíneos. No período apresentou de baixa a moderada perda da vegetação nativa; de baixo a moderado aumento da área agrícola (ver Figura 28) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também de baixo a moderado aumento da área de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

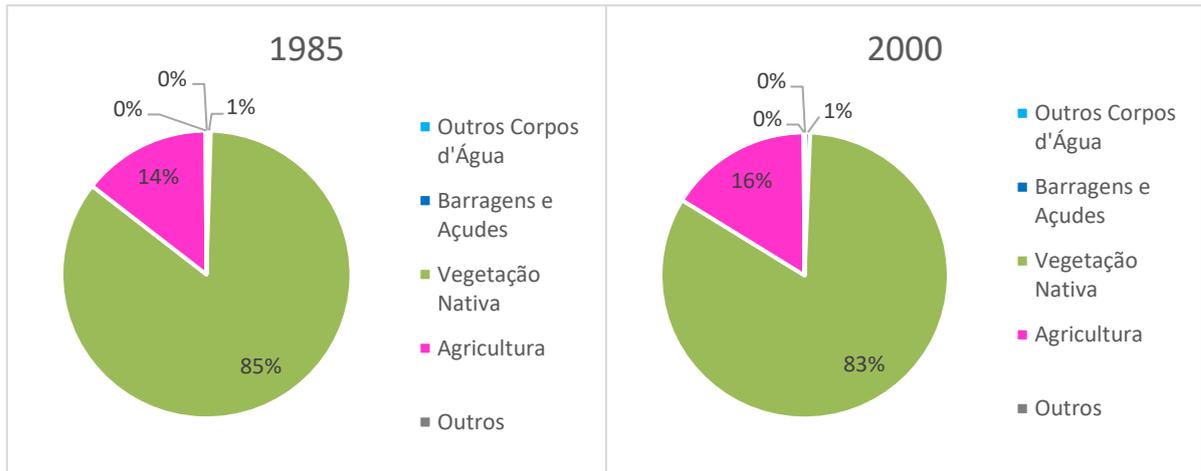


Figura 28: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-região caracterizada por ser em sua grande proporção ocupada por vegetação nativa e que, mesmo ocupando parte do Escudo Sul-riograndense com solos não muito férteis, ainda apresentou recuo da vegetação nativa, diminuição no número barragens e açudes, contudo aumento da área ocupada dos restantes (ver Tabela 31) e conseqüentemente avanço, mesmo que pouco significativo, da área agrícola.

Tabela 31: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	2640	474	91,0
2000	2214	392	122,5
Diferença	-426	-82	+31,5

Sub-Região 3: Região próxima da escarpa do planalto de relevos fortemente e suavemente ondulados de colina e morros com campos arbustivos e mistos com andropogôneas e compostas e predominância de argissolos e gleissolos. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa, baixo aumento da área agrícola (ver Figura 29) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também baixo aumento de barragens e açudes, conforme Tabela 32, e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

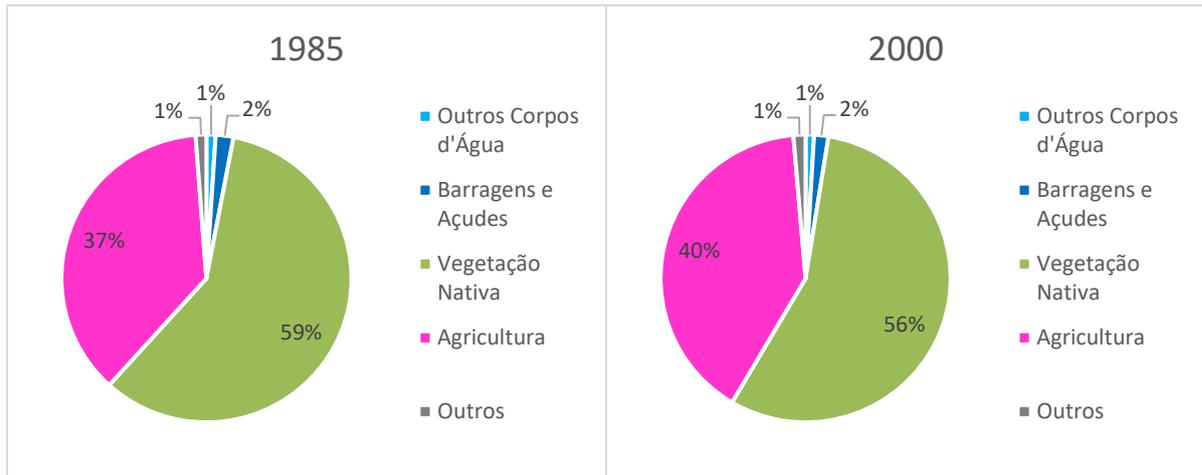


Figura 29: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Mesmo que apresentando aumento do número de barragens e açudes, a área ocupada pelas mesmas teve redução de cerca de 20% como é notado na Tabela 32 abaixo:

Tabela 32: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	2279	363	115,7
2000	2337	419	93,5
Diferença	+58	+56	-22,2

Sub-Região 4: Região próxima ao litoral com relevos planos de planícies e terraços lagunares com predomínio de gleissolos e planossolos com campos litorâneos e mistos de andropogôneas e compostas. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola (ver Figura 30) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também baixo aumento de barragens e açudes com situação crítica em relação a disponibilidade/uso de águas superficiais.

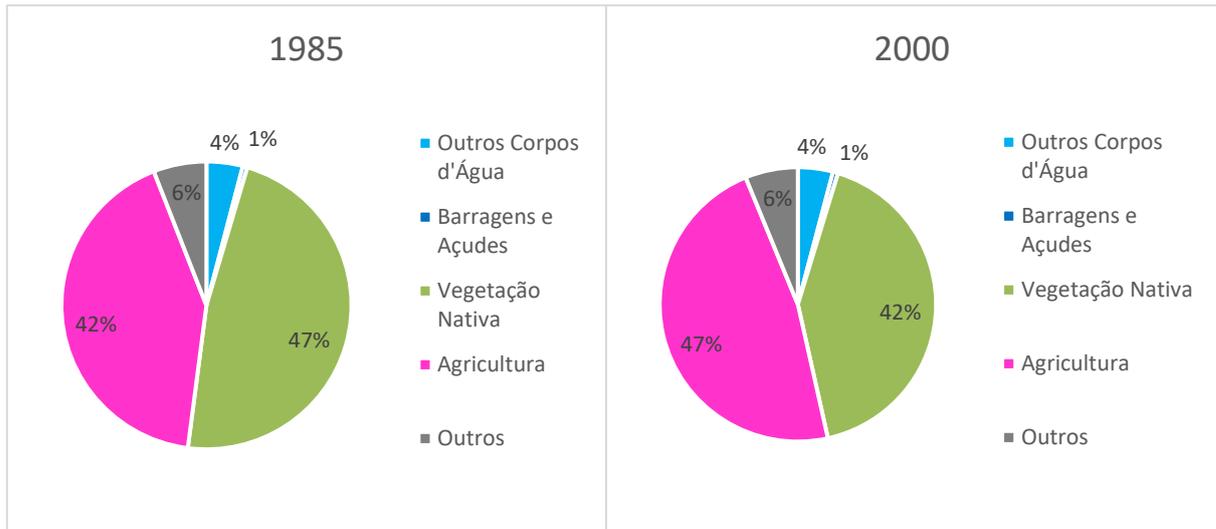


Figura 30: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Mesmo que caracterizada principalmente por abranger áreas do bioma mais populosas, como região metropolitana e litoral, a sub-região ainda assim apresenta modificação na sua paisagem e com aumento de aproximadamente 2,5 km² (ver Tabela 33), valor significativo para a área visto também sua riqueza em disponibilidade hídrica, 4% da sua área é coberta por recursos hídricos naturais.

Tabela 33: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	471	64	16,6
2000	589	136	19,1
Diferença	+118	+72	+2,5

5.1.3 Elevado Grau de Impacto

Esta região representa como um todo, área de aproximadamente 40.851 km², o que corresponde a cerca de 23 % da área do bioma Pampa contando o complexo lacustre lagunar Patos-Mangueira-Mirim; relacionado a área analisada corresponde a cerca de 24,6 %, o que representa a segunda maior área dentre as regiões, o que pode demonstrar um fator preocupante com uma média de 2,178 para os valores referentes ao grau de impacto. A vegetação nativa sofreu grande recuo e a agricultura um avanço correspondente. O número de barragens e açudes reduziu, contudo a área ocupada pelos restantes aumentou.

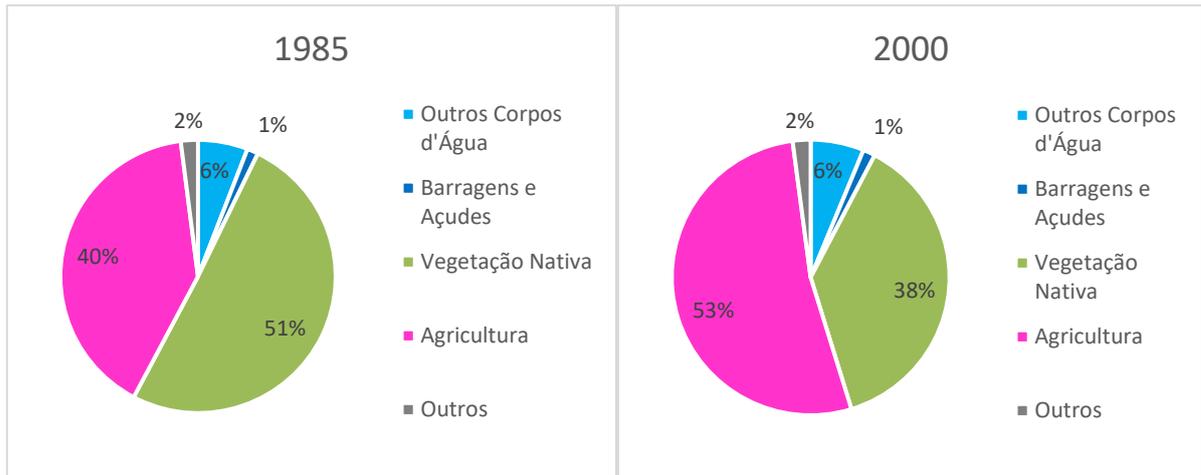


Figura 31: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sub-Região 1: Região próxima ao Rio Uruguai, na divisa com a Argentina. É caracterizada por relevos de superfície aplainadas suavemente ondulados e predominância de chernossolos e planossolos com campos com espinilho. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola como pode ser visto na Figura 32, e baixa perda da área de pecuária. Apresentou também moderado aumento de barragens e açudes e uma situação de crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

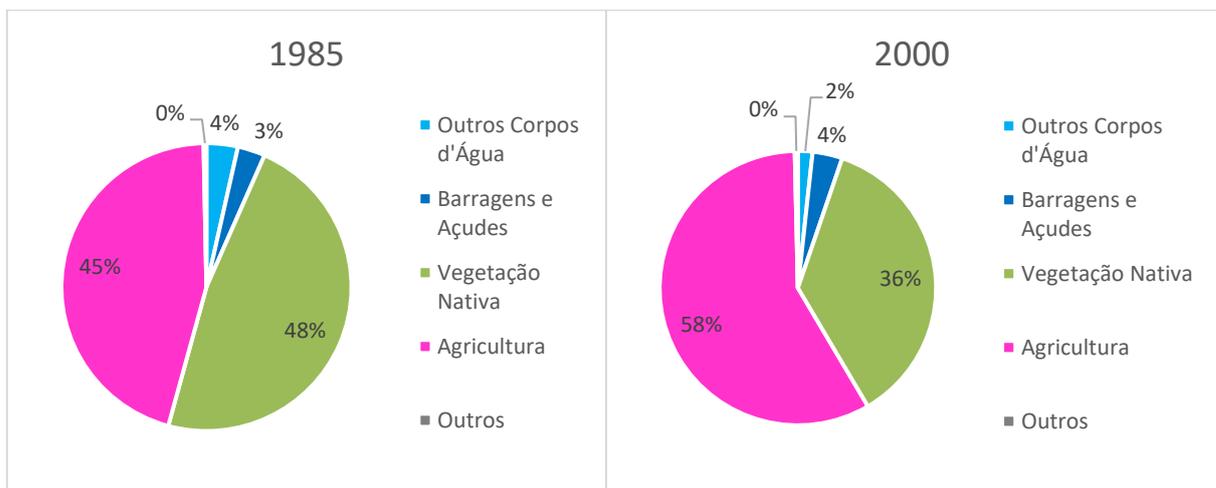


Figura 32: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

As barragens e açudes tiveram considerável aumento, conforme a Tabela 34, em número e área nessa região caracterizando assim, uma área bastante impactada

pelos mesmos sendo visível principalmente com o recuo da vegetação nativa e avanço da agricultura.

Tabela 34: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	1805	345	287,2
2000	2175	366	327,3
Diferença	+370	+21	+40,1

Sub-Região 2: Pequena região ao norte do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros, predominância de latossolos, com campos com barba-de-bode. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa, aumento moderado da área agrícola (ver Figura 33), e de moderada elevada perda da área de pecuária. Apresentou também elevado aumento de barragens e açudes e uma situação confortável e de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

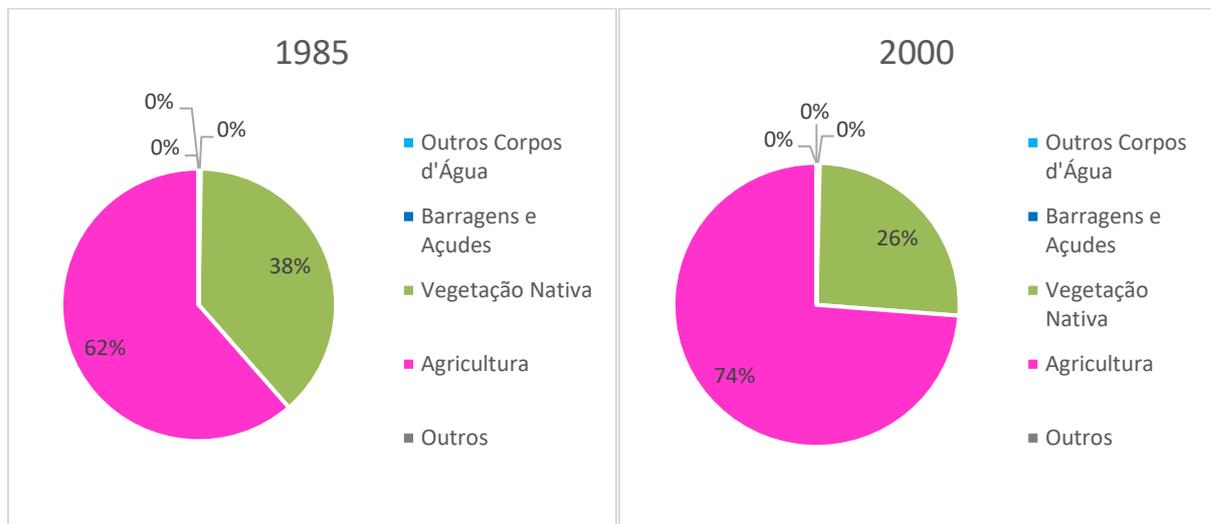


Figura 33: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Sendo a menor sub-região de Alto Grau de Impacto, logo apresenta o menor número de barragens e açudes e sua representatividade em área. Contudo, ainda assim há o aumento destas estruturas destinadas à irrigação ao longo do período, como mostra a Tabela 35.

Tabela 35: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	154	10	4
2000	268	27	5,6
Diferença	+114	+17	+1,6

Sub-Região 3: Região litorânea com relevos planos de planícies e predominância de gleissolos e planossolos com campos litorâneos e arbustivos, além de florestas costeiras. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também pouca diminuição no número e área de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

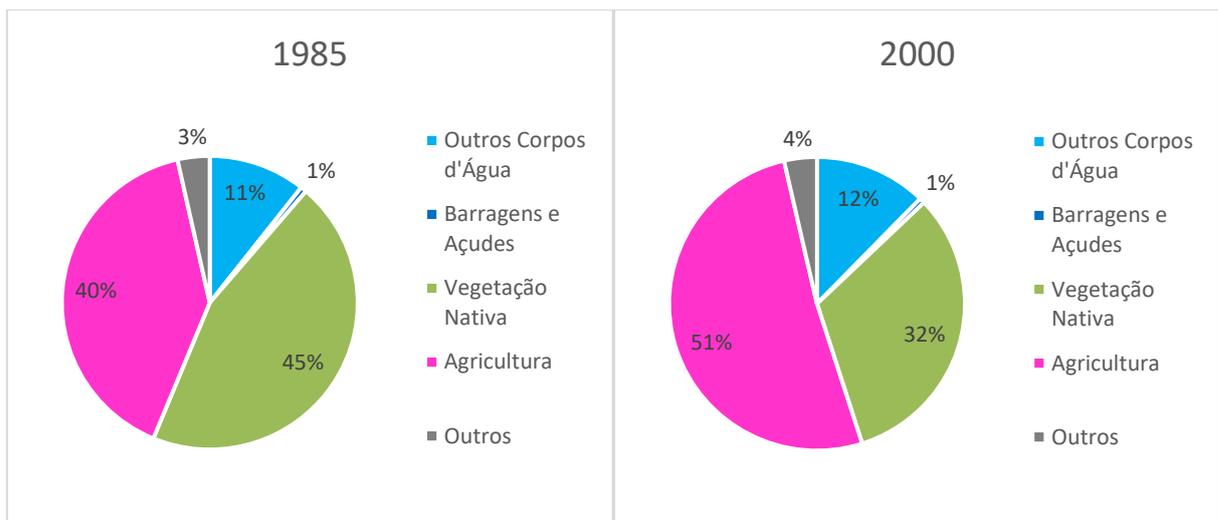


Figura 34: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

Esta sub-região foi a que apresentou redução no número e área de barragens e açudes, contudo a representatividade da classe segue cerca de 1% devido a área como um todo (ver Tabela 36). Contudo, devido às demais variáveis e drástica alteração paisagística, foi enquadrada como Alto Grau de Impacto.

Tabela 36: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
1985	2611	855	121,3
2000	1195	341	107,9
Diferença	-1416	-514	-13,4

Sub-Região 4: Região que compreende o COREDE Centro-Sul e outras pequenas regiões. No norte possui relevos fortemente ondulados com colinas e degraus estruturais e predomínio de planossolos, neossolos e gleissolos com campos litorâneos, arbustivos e florestas costeiras. No período apresentou de moderada a elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola (ver Figura 35), e moderada perda da área de pecuária. Apresentou também baixo aumento de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais como pode ser visualmente analisado na Figura 36.

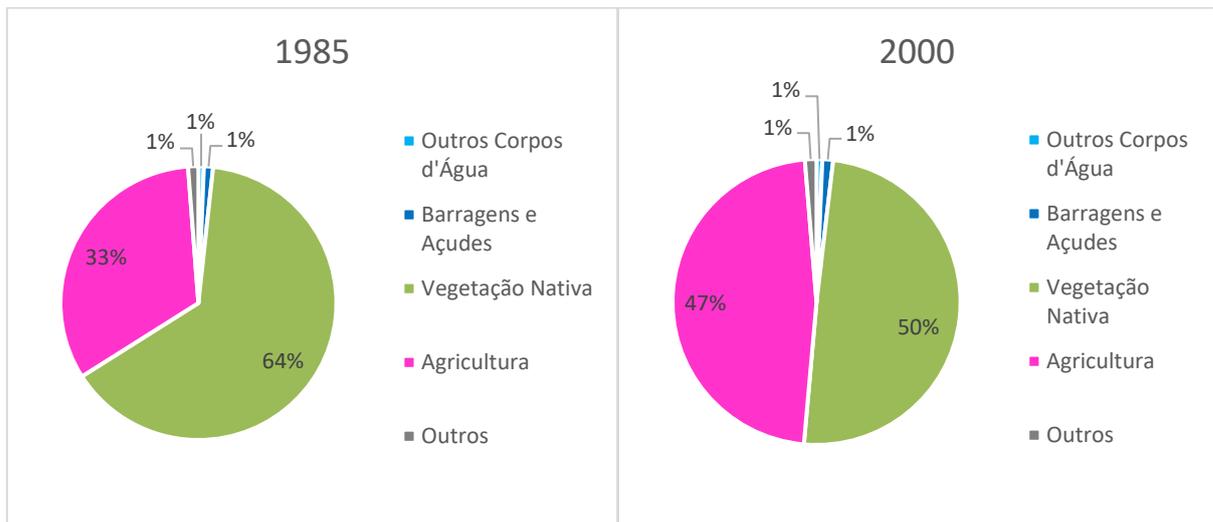


Figura 35: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2000.

A Tabela 37 apresenta o aumento não só em área, mas também em número de barragens e açudes nesta sub-região. É região área onde a orizicultura se faz bastante presente, o que justifica esse aumento.

Tabela 37: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
-----	-------	-----------	-------------------------------

1985	2771	390	118,2
2000	3149	641	133,3
Diferença	+378	+251	+15,1

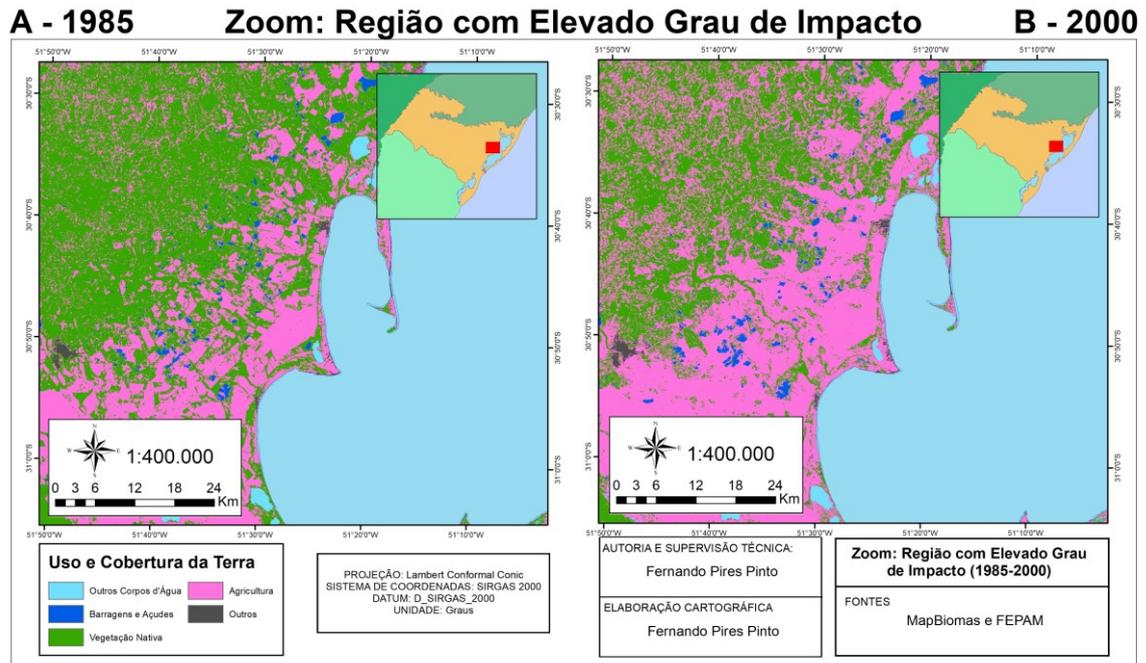


Figura 36: Zoom da Sub-Região 4 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2000.

Esta região, como pode ser observado na Figura 36, apresenta grande descaracterização de sua paisagem. Ao longo do Laguna dos Patos há uma forte inserção da orizicultura devido à alta disponibilidade hídrica e solos hidromórficos, o que aumenta sua pré-disposição à conversão de suas áreas de vegetação nativa.

5.2 Período de 2000 a 2015

Uma das principais particularidades do período de 2000 a 2015, Figura 22, corresponde à região que apresentou Baixo Grau de Impacto, localizada majoritariamente a leste-sul do bioma, área que anteriormente, no período 1985-2000, foi classificada de Moderado a Elevado Grau de Impacto. Outra característica marcante diz respeito a área da região de Elevado Grau de Impacto localizada a leste do bioma que permanece assim como no período 1985-2000, porém com menor área. A outra área significativa dessa região cobre quase toda a divisa do Bioma com a Mata Atlântica. O aumento da área agrícola, das barragens e açudes, a perda da vegetação

nativa e diminuição da área de pecuária foram aspectos que contribuíram para a identificação desta região. A grande área da região de Grau de Impacto Moderado localizada a leste também permanece assim como no período 1985-2000. Os dados base seguem nas Tabelas 38 e 39 e a regionalização na Figura 37.

Em relação às variáveis estatísticas, o período apresentou:

- Média Geral: 1,86
- Desvio Padrão: 0,25
- Valor Mínimo: 1,3
- Valor Máximo: 2,65
- Percentis: 25% = 1,697; 50% = 1,84; 75% = 2,046

Tabela 38: Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 2000-2015 (km²).

Classe	B2000	B2015	≠	M2000	M2015	≠	A2000	A2015	≠
Outros Corpos Hídricos	1987,0	1576,6	-410,4	791,2	758,0	-33,2	154,2	156,6	+2,4
Barragens e Açudes	199,2	170,0	-29,2	1140,0	1214,2	+74,2	469,3	501,7	+32,4
Vegetação Nativa	20772,4	21368,2	+595,8	60966,8	57731,8	-3235,0	21193,6	16192,6	-5001,0
Agricultura	10354,5	10039,0	-315,5	29511,5	32630,8	+3119,3	14715,3	19637,8	+4922,5
Outros	461,9	621,0	+159,1	796,9	871,5	+74,4	164,7	208,0	+43,3

Tabela 39: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 2000-2015.

Ano	Baixo	<1 pix	Moderado	<1 pix	Alto	<1	Total	Total <1
2000	3786	814	15090	2691	10234	1514	29110	5019
2015	3763	727	15598	2511	9965	1294	29326	4532
Diferença	-23	-87	508	-180	-269	-220	+216	-487

Pampa: Regionalização por Impactos de Barragens e Açudes

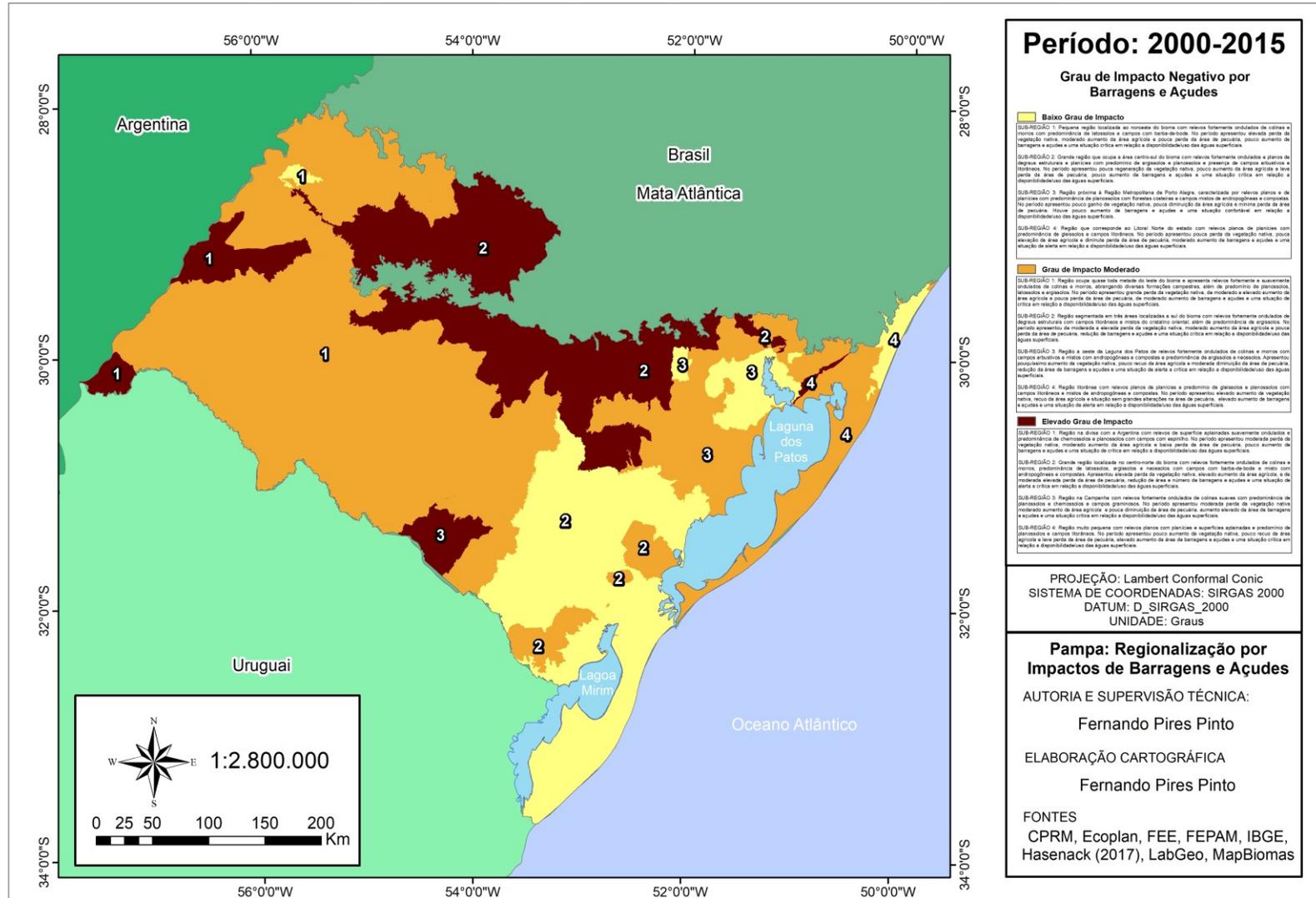


Figura 37: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 2000-2015.

5.2.1 Baixo Grau de Impacto

A região tem uma superfície de aproximadamente 33.928 km², o que corresponde a cerca de 19 % da área do bioma Pampa incluindo o complexo lacustre lagunar Patos-Mangueira-Mirim, o que representa um aumento da área da região em relação ao período 1985-2000; relacionado à área analisada corresponde a cerca de 20,6 % e uma média de valores de 1,552, a menor dentre todos períodos.

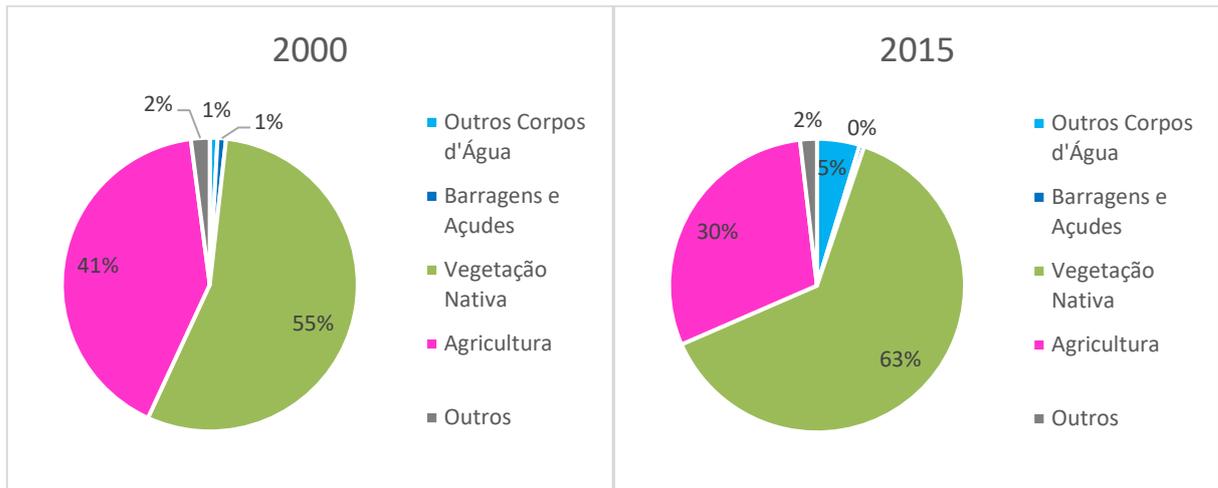


Figura 38: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Sub-Região 1: Pequena região localizada ao noroeste do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros com predominância de latossolos e campos com barba-de-bode. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola (ver Figura 39) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também pouco aumento de barragens e açudes, conforme Tabela 40, e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

Tabela 40: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	50	5	7,3
2015	67	11	9,3
Diferença	+17	+6	+2

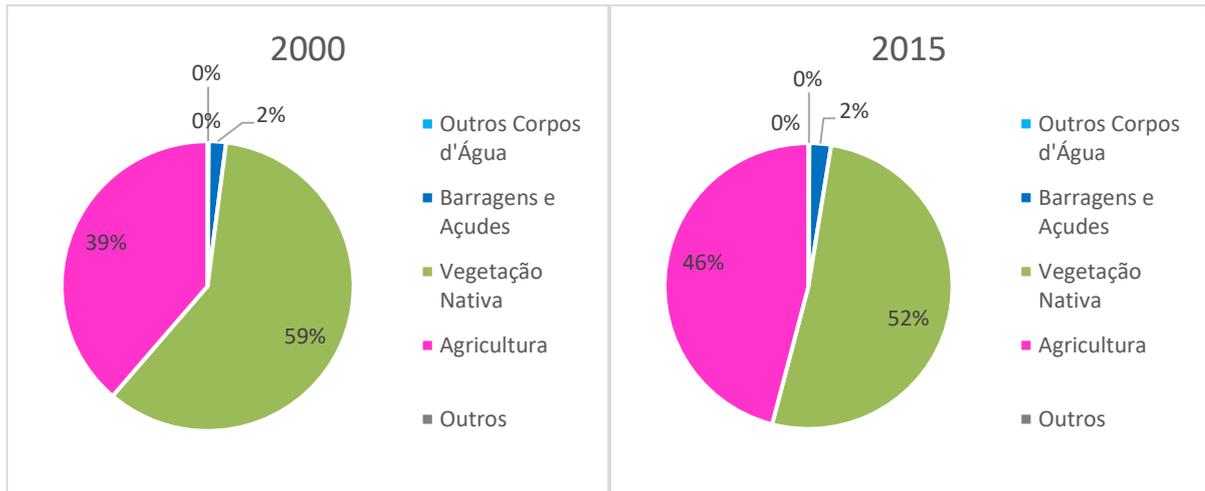


Figura 39: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Sub-Região 2: Grande região que ocupa a área centro-sul do bioma com relevos fortemente ondulados e planos de degraus estruturais e planícies com predomínio de argissolos e planossolos e presença de campos arbustivos e litorâneos. No período apresentou pouca regeneração da vegetação nativa, pouco aumento da área agrícola, como mostram as Figuras 40 e 41, e leve perda da área de pecuária. Também apresentou pouco aumento de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais como pode ser percebido na Tabela e 41.

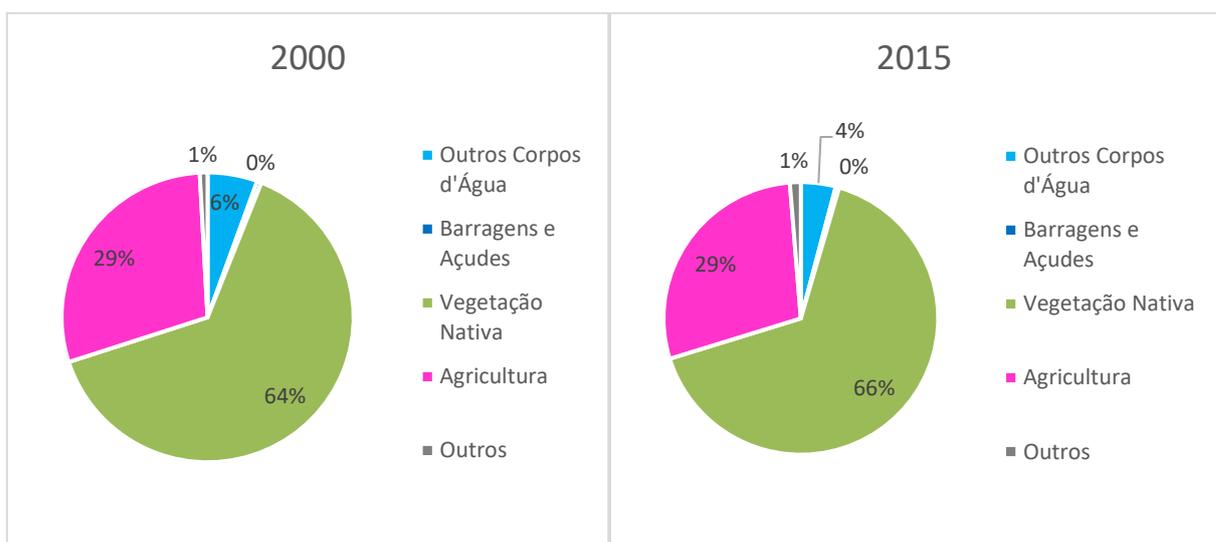


Figura 40: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Tabela 41: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	2377	540	138,9
2015	2500	522	114,8
Diferença	+123	-18	-24,1

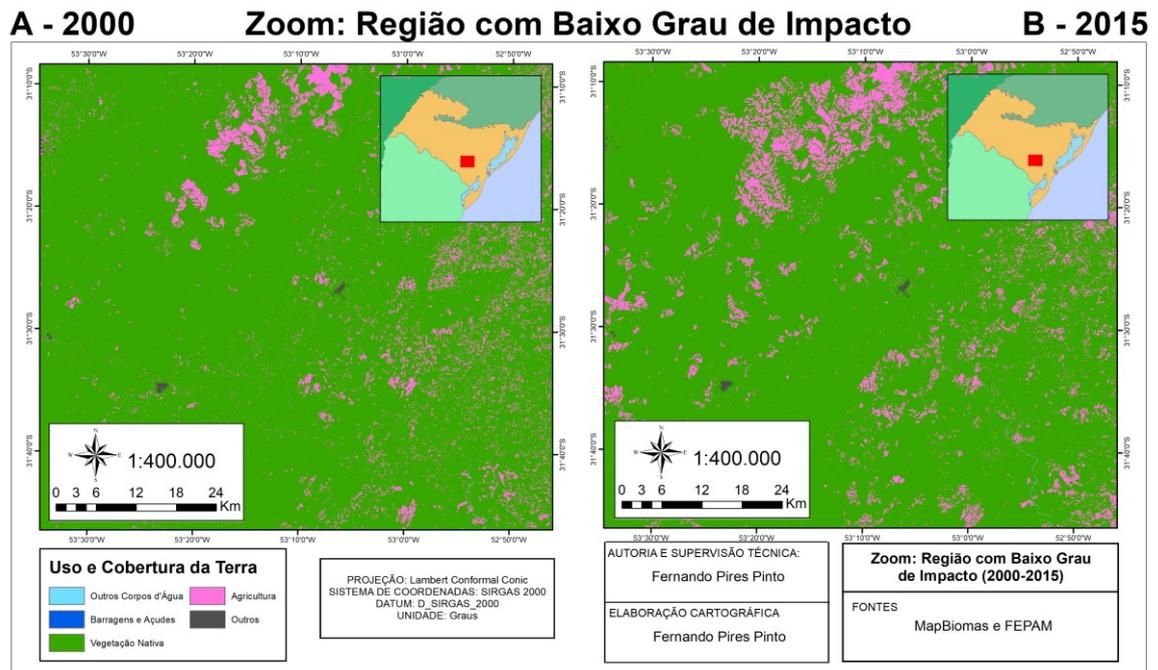


Figura 41: Zoom da Sub-Região 2 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.

A Figura 41 mostra uma área irrisória de barragens e açudes, isso corrobora o Baixo Grau de Impacto referente a estas estruturas. A paisagem aponta que em algumas áreas houve perda da vegetação nativa, porém não se observa junto às áreas agrícolas o aumento do número e área de barramentos.

Sub-Região 3: Região próxima à Região Metropolitana de Porto Alegre, caracterizada por relevos planos e de planícies com predominância de planossolos com florestas costeiras e campos mistos de andropogôneas e compostas. No período apresentou pouco ganho de vegetação nativa, pouca diminuição da área agrícola, como mostra a Figura 42, e mínima perda da área de pecuária. Houve pouco aumento de barragens e açudes e uma situação confortável em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais (ver Tabela 42).

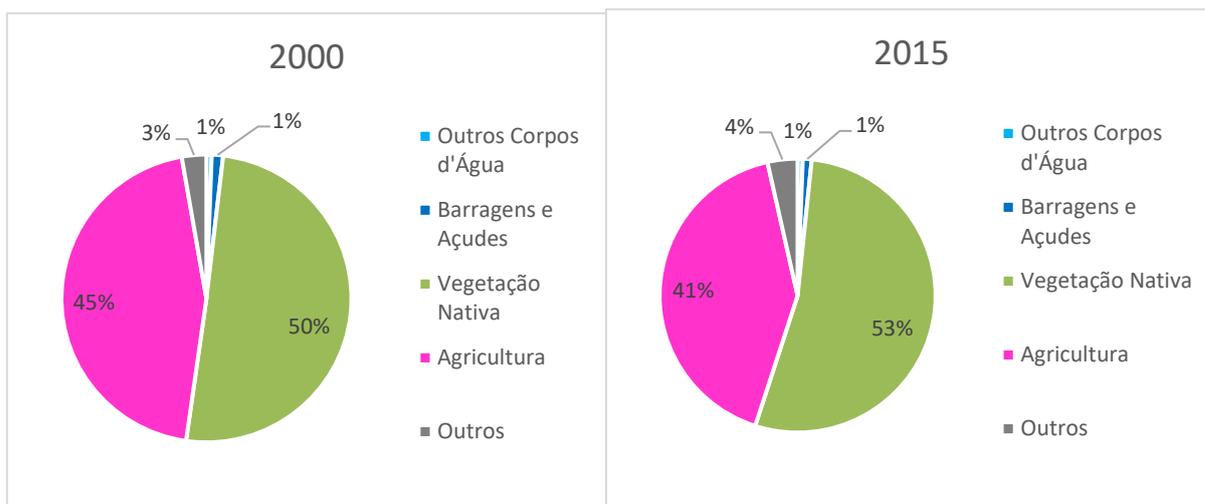


Figura 42: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Por se tratar de uma sub-região que engloba parte da Região Metropolitana de Porto Alegre, as mudanças tendem a ser menores visto o uso e ocupação da terra já estarem consolidados. A isso pode ser notado com redução da agricultura e de barragens e açudes tanto em número quanto em área (Tabela 42), e paralelamente o aumento da vegetação nativa e da classe “Outros” que está incluído as infraestruturas urbanas.

Tabela 42: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	1356	269	46,6
2015	1128	194	38,2
Diferença	-228	-75	-8,4

Sub-Região 4: Região que corresponde ao Litoral Norte do estado com relevos planos de planícies com predominância de gleissolos e campos litorâneos. No período apresentou pouca perda da vegetação nativa, pouca elevação da área agrícola, conforme a Figura 43, e diminuta perda da área de pecuária. Apresentou também moderado aumento de barragens e açudes, de acordo com a Tabela 43, e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

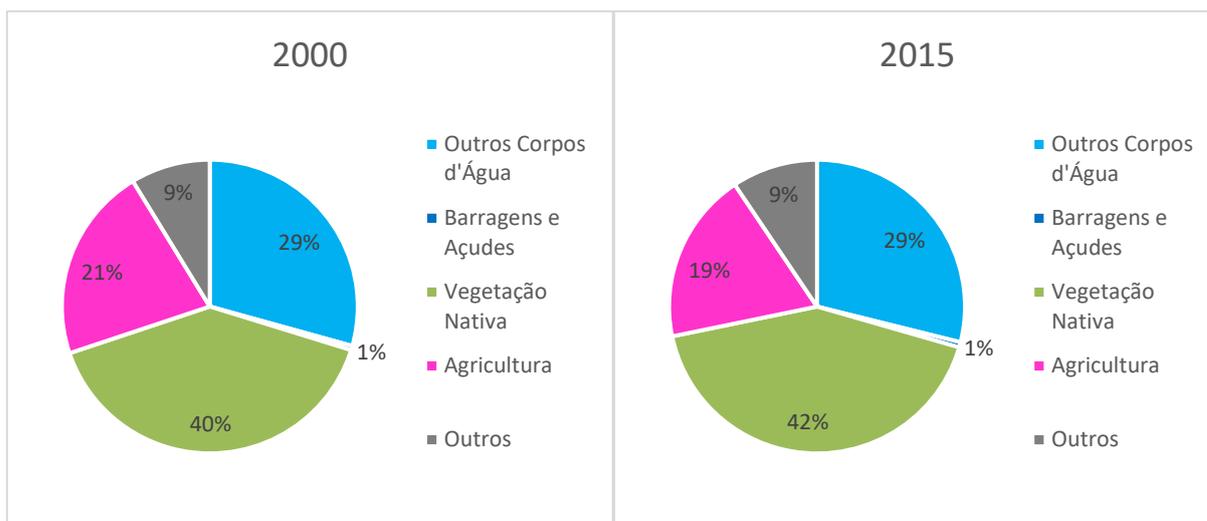


Figura 43: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Sub-região caracterizada principalmente pela riqueza de corpos hídricos naturais que ocupam aproximadamente 30% de sua área entre lagos, rios e lagoas. Devido a disponibilidade destes recursos, a necessidade da criação de barragens e açudes se mostra desnecessária, como pode ser visto na Tabela 43.

Tabela 43: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	3	0	6,4
2015	68	0	7,8
Diferença	+65	0	+1,4

5.2.2 Grau de Impacto Moderado

A maior região do período com área de 93.665 km² e média de 1,835, o que mostra um pequeno aumento da sua ocupação comparado ao período de 1985-2000, equivale a cerca de 53% de todo o Pampa ou 56,9% da área analisada. Segue ocupando grande parte do leste do bioma, principalmente na região da Campanha, onde a atividade pecuária é expressiva, conforme dados do MapBiomias. A Figura 44 apresenta o quanto cada classe ocupa em sua abrangência:

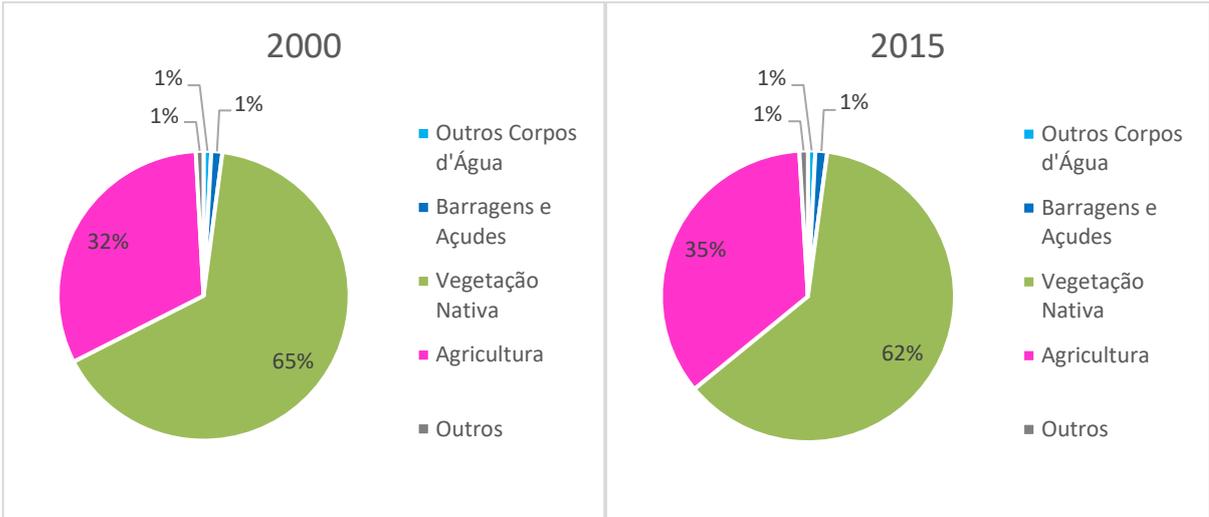


Figura 44: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Sub-Região 1: Região ocupa quase toda metade do leste do bioma e apresenta relevos fortemente e suavemente ondulados de colinas e morros com campos em areais, solos rasos, barba-de-bode, graminosos e mistos com andropogôneas e compostas, além de predomínio de planossolos, latossolos e argissolos. No período apresentou grande perda da vegetação nativa, de moderado a elevado aumento da área agrícola, como mostram as Figuras 45 e 46, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também de moderado aumento de barragens e açudes e uma situação de crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

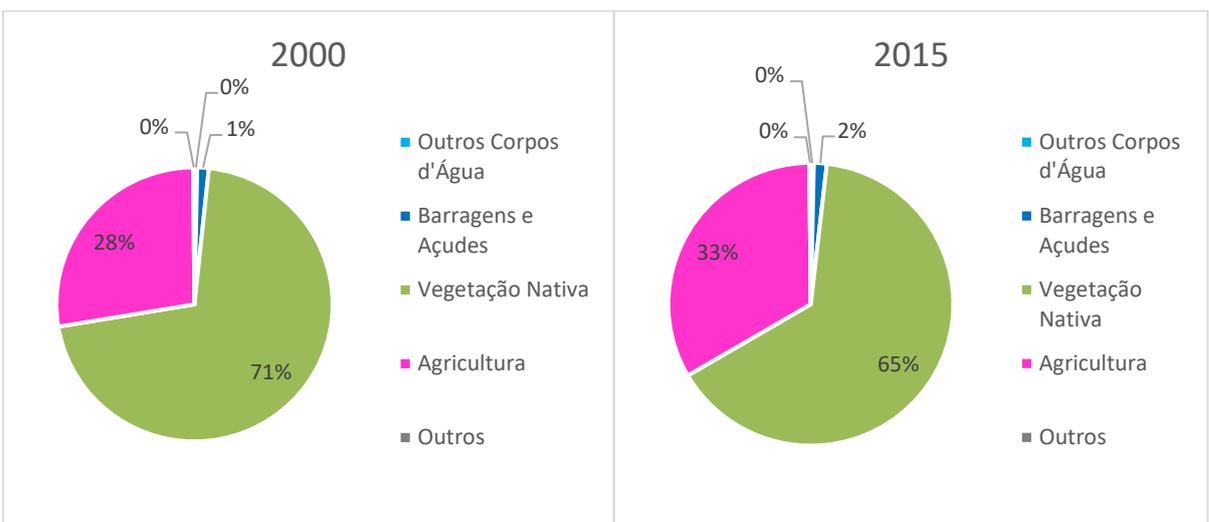


Figura 45: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

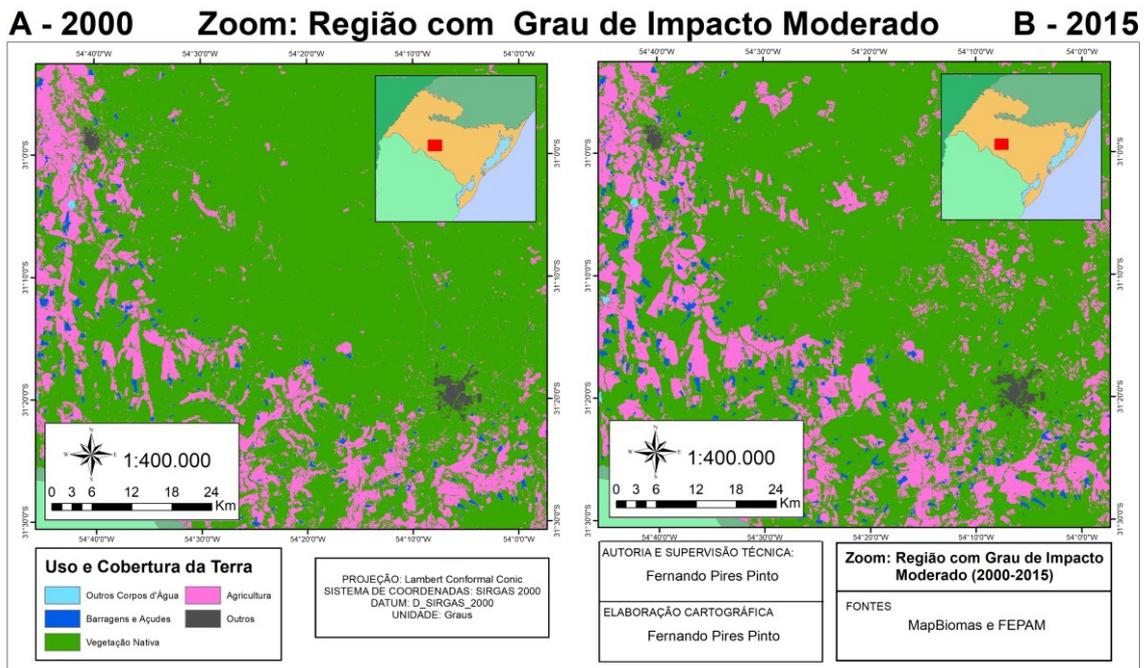


Figura 46: Zoom da Sub-Região 3 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.

A sub-região 1 de Grau de Impacto Moderado, como revela a Figura 46, indica uma área agrícola já bem consolidada, porém evidencia-se um avanço sobre a vegetação nativa com certo aumento de barragens e açudes na área principalmente em relação a sua área ocupada, conforme Tabela 44.

Tabela 44: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	11272	1874	953,4
2015	11383	1669	1031,1
Diferença	+111	-205	+77,7

Sub-Região 2: Região segmentada em três áreas localizadas a sul do bioma com relevos fortemente ondulados de degraus estruturais com campos litorâneos e mistos do cristalino oriental, além de predominância de argissolos. No período apresentou de moderada a elevada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola, de acordo com a Figura 47, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também redução de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

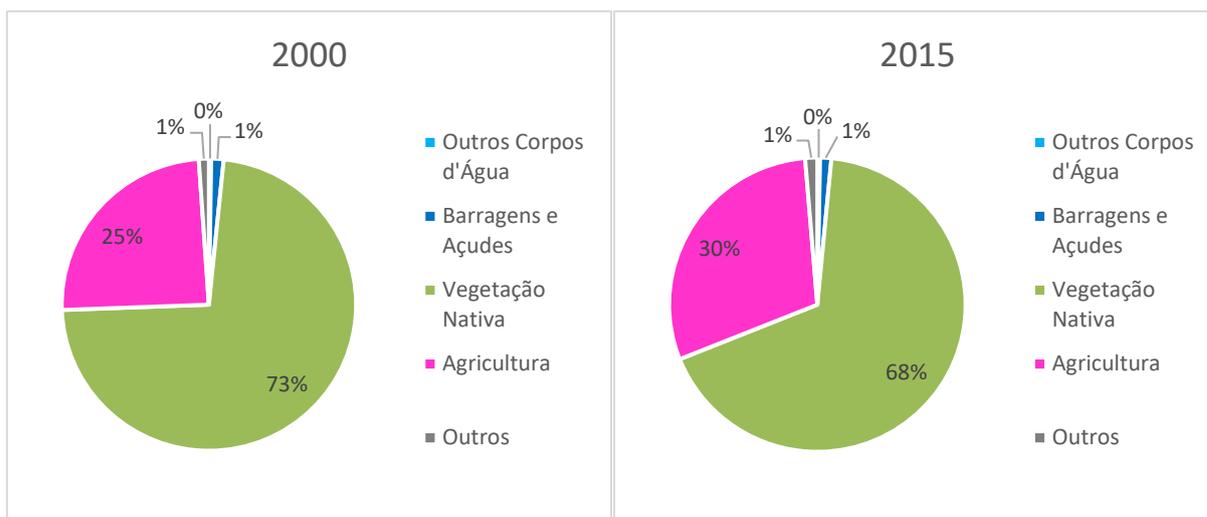


Figura 47: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

A sub-região está inserida dentro da área ocupada pela Sub-Região 2 de Baixo Grau de Impacto e a redução foi referente tanto em quantidade quanto em área ocupada como pode ser visto na Tabela 45. É caracterizada por ser uma região com inúmeras áreas úmidas naturais referente a conexão da Laguna dos Patos e Lagoa Mirim, o que a torna atrativa para produtores de arroz.

Tabela 45: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	461	83	55
2015	383	60	49,5
Diferença	-78	-23	-5,5

Sub-Região 3: Região localizada a oeste da Laguna dos Patos de relevos fortemente ondulados de colinas, morros e degraus estruturais com campos arbustivos e mistos com andropogôneas e compostas e predominância de argissolos e neossolos. No período apresentou pouquíssimo aumento da vegetação nativa, pouco recuo da área agrícola, conforme Figura 48, e moderada diminuição da área de pecuária. Apresentou também redução da área de barragens e açudes e uma situação de alerta a crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

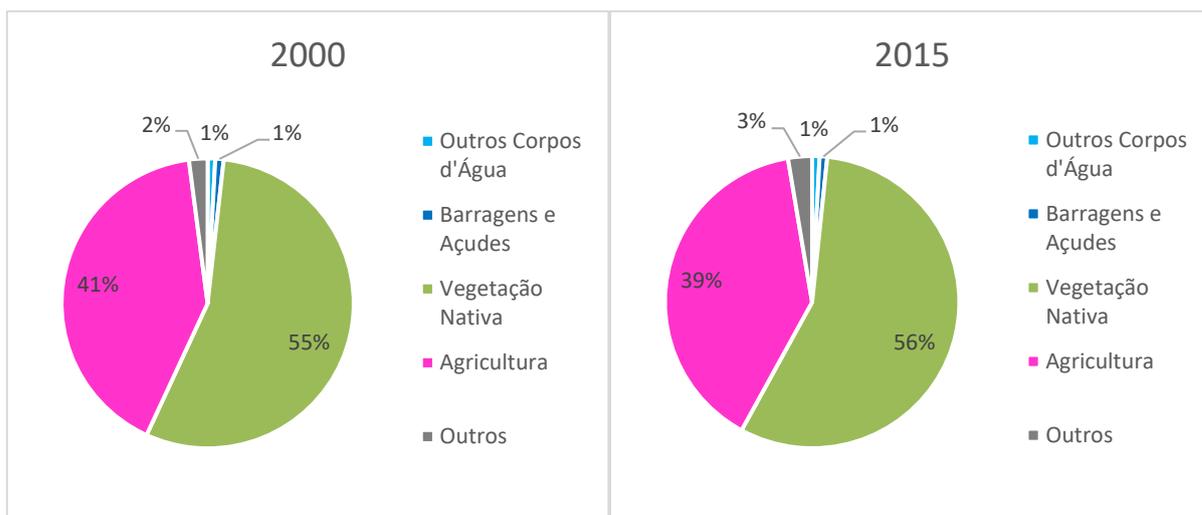


Figura 48: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

A redução de barragens e açudes se deu não apenas na área, mas nos números também como mostra a Tabela 46. Ouve pouca mudança decorrente dessas alterações na paisagem visto já ser uma área com o uso e ocupação da terra bem definidos.

Tabela 46: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	3220	692	118,5
2015	2963	555	107,1
Diferença	-257	-137	-11,4

Sub-Região 4: Região litorânea com relevos planos de planícies e predomínio de gleissolos e planossolos com campos litorâneos e mistos de andropogôneas e compostas. No período apresentou elevado aumento da vegetação nativa, recuo da área agrícola, conforme Figura 49, e situação sem grandes alterações na área de pecuária. Apresentou também elevado aumento de barragens e açudes e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

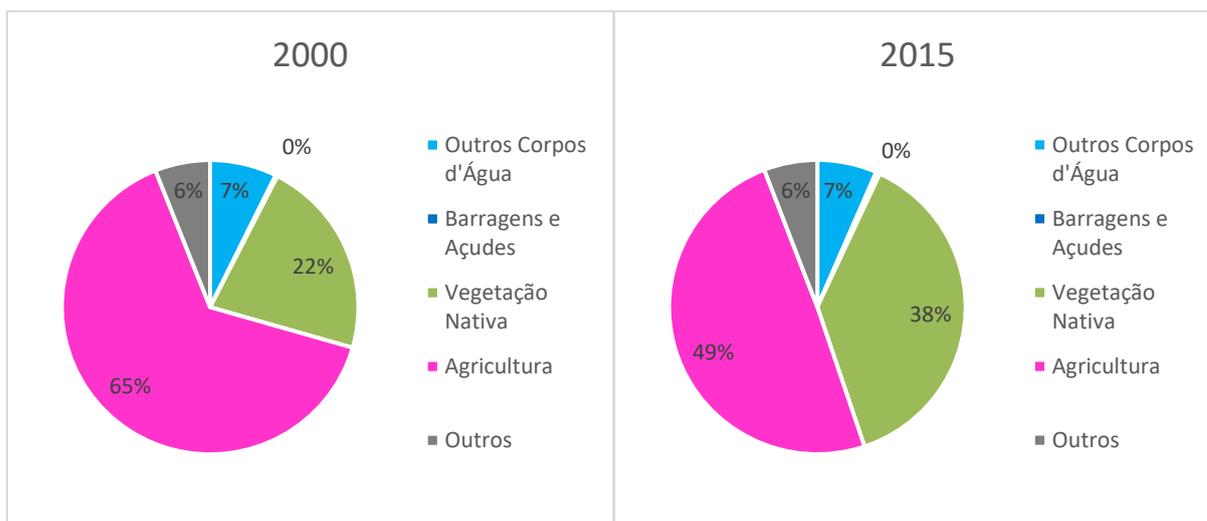


Figura 49: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

O elevado aumento do número e área das barragens e açudes na sub-região, como mostra a Tabela 47, ainda que mesmo dobrando a área e aumentando o número em 5x, representa menos de 1% do total da área, ou seja, esse aumento foi pouco influente para a mudança da paisagem.

Tabela 47: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	137	42	13,1
2015	869	227	26,5
Diferença	+732	+185	+13,4

5.2.3 Elevado Grau de Impacto

A região apresentou, comparada ao período 1985-2000, pouca diminuição de sua área correspondendo agora a 20,8% da área total do bioma contando as lagoas, com área de 36.778 km². Em relação à área analisada, corresponde a cerca de 22,3% e a média de valores encontrada se mostrou maior que o período 1985-2000, com 2,24 demonstrando o aumento da criticidade da região. O aumento de barragens e açudes se deu principalmente referente a sua área ocupada do que propriamente o número dessas estruturas. A área ocupada por cada classe na região como um todo é apresentado na Figura 50:

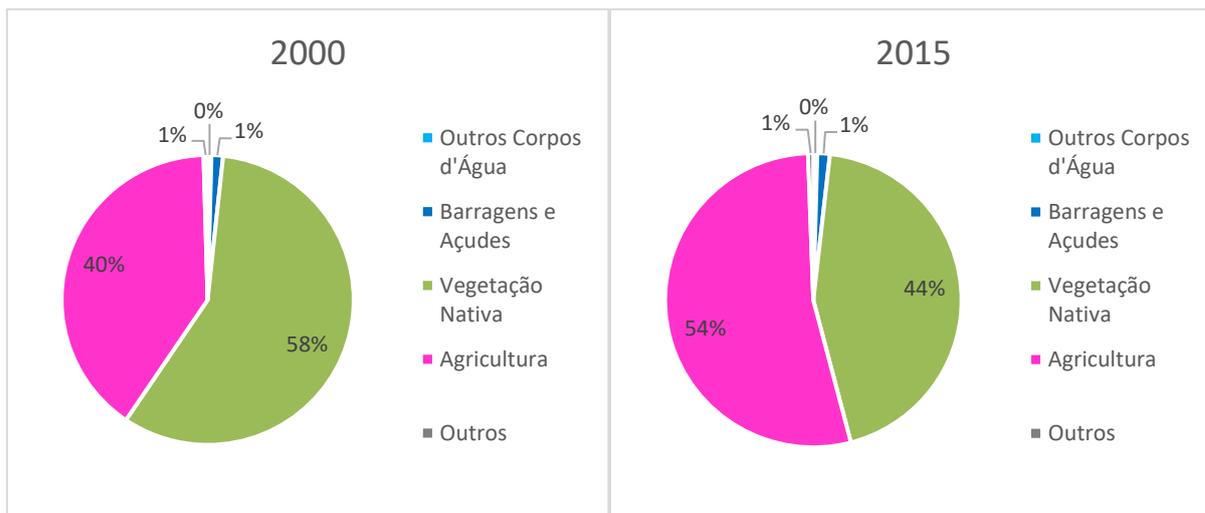


Figura 50: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Sub-Região 1: Região na divisa com a Argentina com relevos de superfície aplainadas suavemente ondulados e predominância de chernossolos e planossolos com campos com espinilho. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola (Figura 51), e baixa perda da área de pecuária. Apresentou também pouco aumento de barragens e açudes (Tabela 48), e uma situação de crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

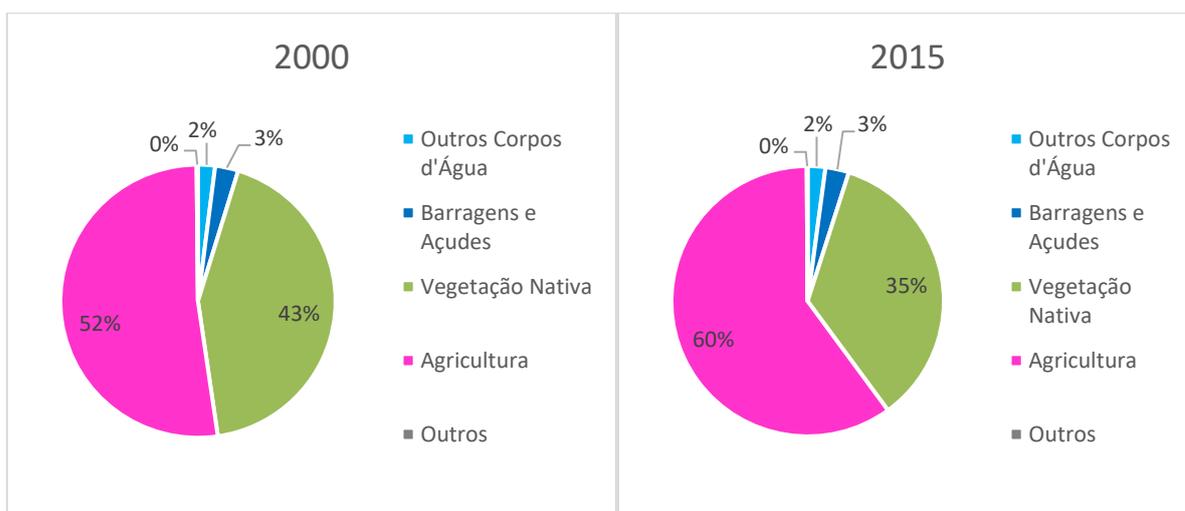


Figura 51: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Região que seguiu com transformações em sua paisagem visto que ocupa parte da Sub-Região 1 de Alto Grau de Impacto do período de 1985-2000. A bacia do Uruguai é ocupada, em grande parte de sua área de várzea, pela orizicultura como

percebeu-se nos mapeamentos reclassificados do MapBiomass. O aumento aqui evidenciado é o da área (Tabela 48) havendo uma redução no número de barragens e açudes na região ao longo do período.

Tabela 48: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	818	155	120,8
2015	920	131	123,8
Diferença	+102	-24	+3

Sub-Região 2: Grande região localizada no centro-norte do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros, predominância de latossolos, argissolos e neossolos com campos com barba-de-bode e misto com andropogônias e compostas. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola, de moderada elevada perda da área de pecuária. Apresentou também redução de área e número de barragens e açudes e uma situação de alerta a crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais. As Figuras 52 e 53 expressa o rápido avanço da área agrícola sobre a vegetação nativa e nas áreas onde houve tal aumento, focos de novos açudes.

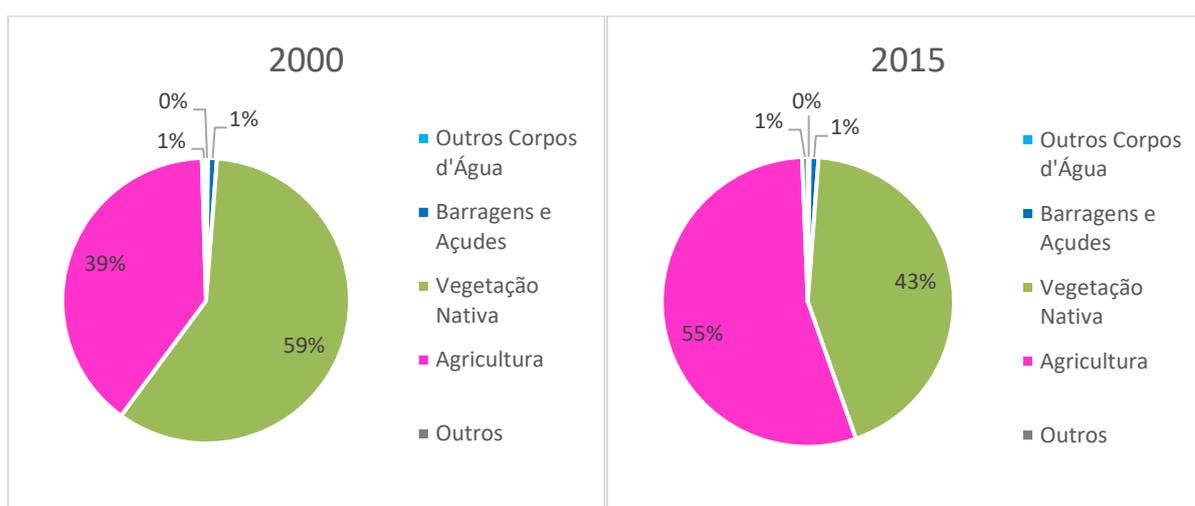


Figura 52: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Percentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

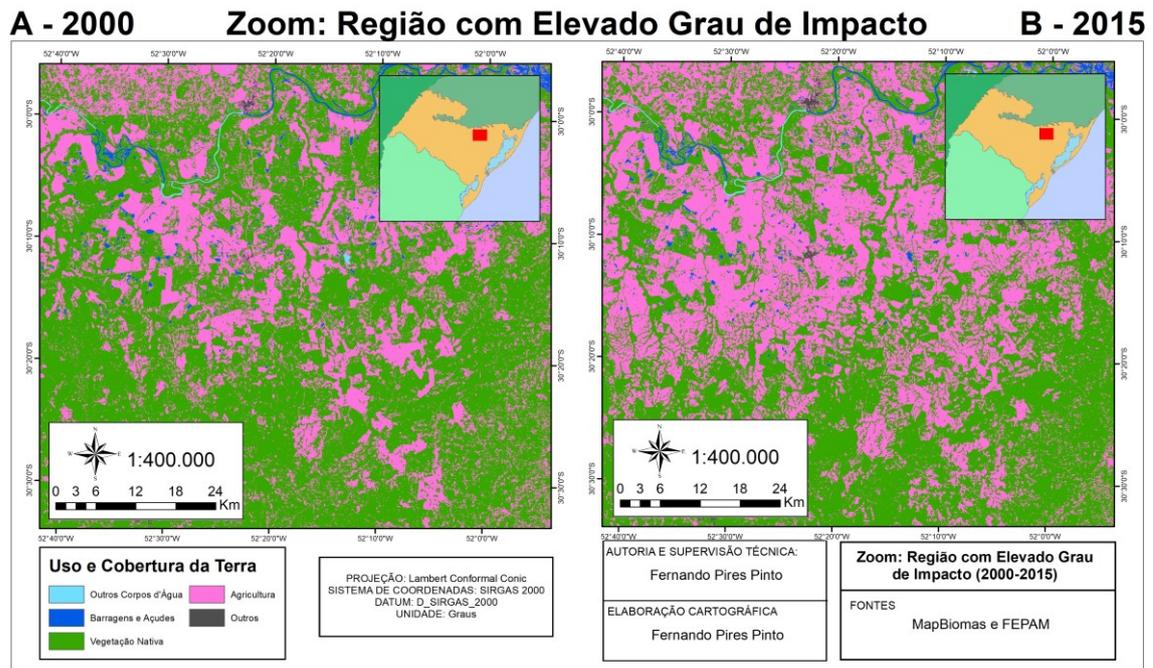


Figura 53: Zoom da Sub-Região 2 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 2000 e o mapa B para o ano de 2015.

A classificação dessa região como Alto Grau de Impacto pouco foi relacionada à área e número de barragens e açudes como é mostrado na Tabela 49. As variáveis de Perda de Área de Pecuária, de Vegetação e Aumento da Área de Agricultura foram determinantes para essa classificação, além da situação dos recursos hídricos superficiais, no caso crítica.

Tabela 49: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	8479	1173	296,1
2015	8290	1086	290,6
Diferença	-189	-87	-5,5

Sub-Região 3: Região na Campanha com relevos fortemente ondulados de colinas suaves com predominância de planossolos e chernossolos e campos gramíneos. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa moderado aumento da área agrícola (ver Figura 54) e pouca diminuição da área de pecuária. Apresentou também aumento elevado da área de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

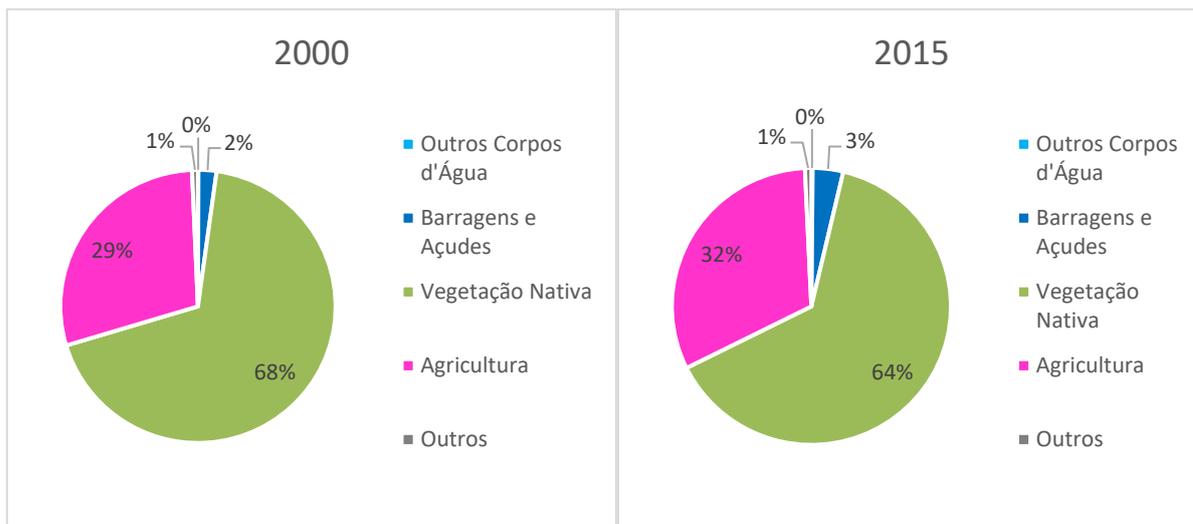


Figura 54: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Essa sub-região é caracterizada por campos abertos e apresentou redução no número de barragens, contudo ocorreu um aumento significativo da área ocupada pelas existentes como mostra a Tabela 50. Aqui esta variável teve bastante significância para a classificação da sub-região como Alto Grau de Impacto.

Tabela 50: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	909	181	51,9
2015	711	72	86,5
Diferença	-198	-109	+34,4

Sub-Região 4: Região muito pequena com relevos planos com planícies e superfícies aplainadas e predomínio de planossolos e campos litorâneos. No período apresentou pouco aumento da vegetação nativa, pouco recuo da área agrícola (Figura 55), e leve perda da área de pecuária. Apresentou também, considerando a área (Tabela 51), elevado aumento de barragens e açudes e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

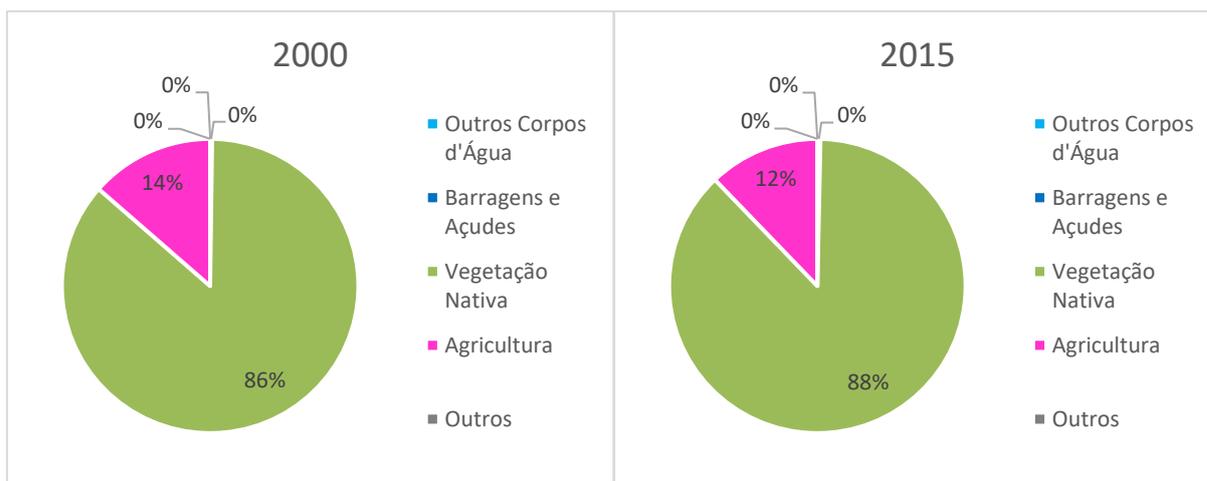


Figura 55: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 2000-2015.

Tabela 51: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	28	5	0,5
2015	44	5	0,9
Diferença	+16	0	+0,4

5.3 Período de 1985 a 2015

O período total de análise, que compreende 30 anos (1985 a 2015), aponta um aumento significativo da região com Elevado Grau de Impacto e diminuição da área da região de Baixo Grau de Impacto. Esse resultado representa um sinal de alerta para o bioma, que ao longo do tempo vem sofrendo com a descaracterização de suas paisagens através da conversão de sua área de vegetação nativa em áreas de monoculturas. E, também, áreas onde a pecuária apresentava-se como uma resistência para a permanência da biodiversidade campestre, que passaram a ser substituídas por lavouras mais rentáveis (HASENACK, 2017, p.12-14).

As áreas mais críticas encontradas no período em relação ao grau de impacto negativo por barragens e açudes estão próximas à fronteira com a Mata Atlântica, na fronteira com a Argentina ao longo do rio Uruguai, no Litoral Médio e na área a oeste da Lagoa dos Patos e uma área maior que a do período 2000-2015 localizada na Campanha. A região de Baixo Grau de Impacto mostra-se bem menor se comparada com as demais, o que também configura um alerta. Por outro lado, a região

classificada como Grau de Impacto Moderado teve, para algumas variáveis, valores que precisam ser apreciados com atenção pelos órgãos responsáveis pelo planejamento socioeconômico e ambiental do Pampa, com o intuito de promover a sustentabilidade do bioma (Figura 56).

Em relação a valores estatísticos, o período apresentou:

- Média Geral: 2,05
- Desvio Padrão: 0,2
- Valor Mínimo: 1,4
- Valor Máximo: 2,65
- Percentis: 25% = 1,9; 50% = 2,05; 75% = 2,2.

Estes valores demonstram aumento significativo na média e nos percentis podendo explicar a criticidade do período analisado como pode ser visto nas Tabelas 52 e 53 onde a vegetação nativa sofreu grande recuo em todas as regiões, a agricultura apresentou um avanço correspondente e o número e área de barragens e açudes também demonstrou aumentos significativos.

Tabela 52: Área aproximada ocupada por classe em cada região para o período 1985-2015 (km²).

Classe	B1985	B2015	≠	M1985	M2015	≠	A1985	A2015	≠
Outros Corpos Hídricos	201,4	206,0	+4,6	1894,8	1775,8	-119,0	716,0	509,3	-206,7
Barragens e Açudes	72,1	77,5	+5,4	791,2	1028,7	+237,5	660,2	779,7	+119,5
Vegetação Nativa	19417,4	18404,8	-1012,6	64716,9	57096,7	-7620,2	26666,6	19791,1	-6875,5
Agricultura	4578,2	5525,3	+947,1	23582,9	30851,5	+7268,6	19034,3	25930,8	+6896,5
Outros	284,3	339,8	+55,5	540,2	773,1	+232,9	521,0	587,6	+66,6

Tabela 53: Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha) em cada região para o período 1985-2015.

Ano	Baixo	<1 pix	Moderado	<1 pix	Alto	< 1pix	Total	Total <1
1985	2058	324	13637	2452	9794	1439	25489	4215
2000	2178	367	14903	2341	12029	1796	29110	4504
Diferença	+120	+43	+1266	-111	+2235	+357	+3621	+289

Pampa: Regionalização por Impactos de Barragens e Açudes

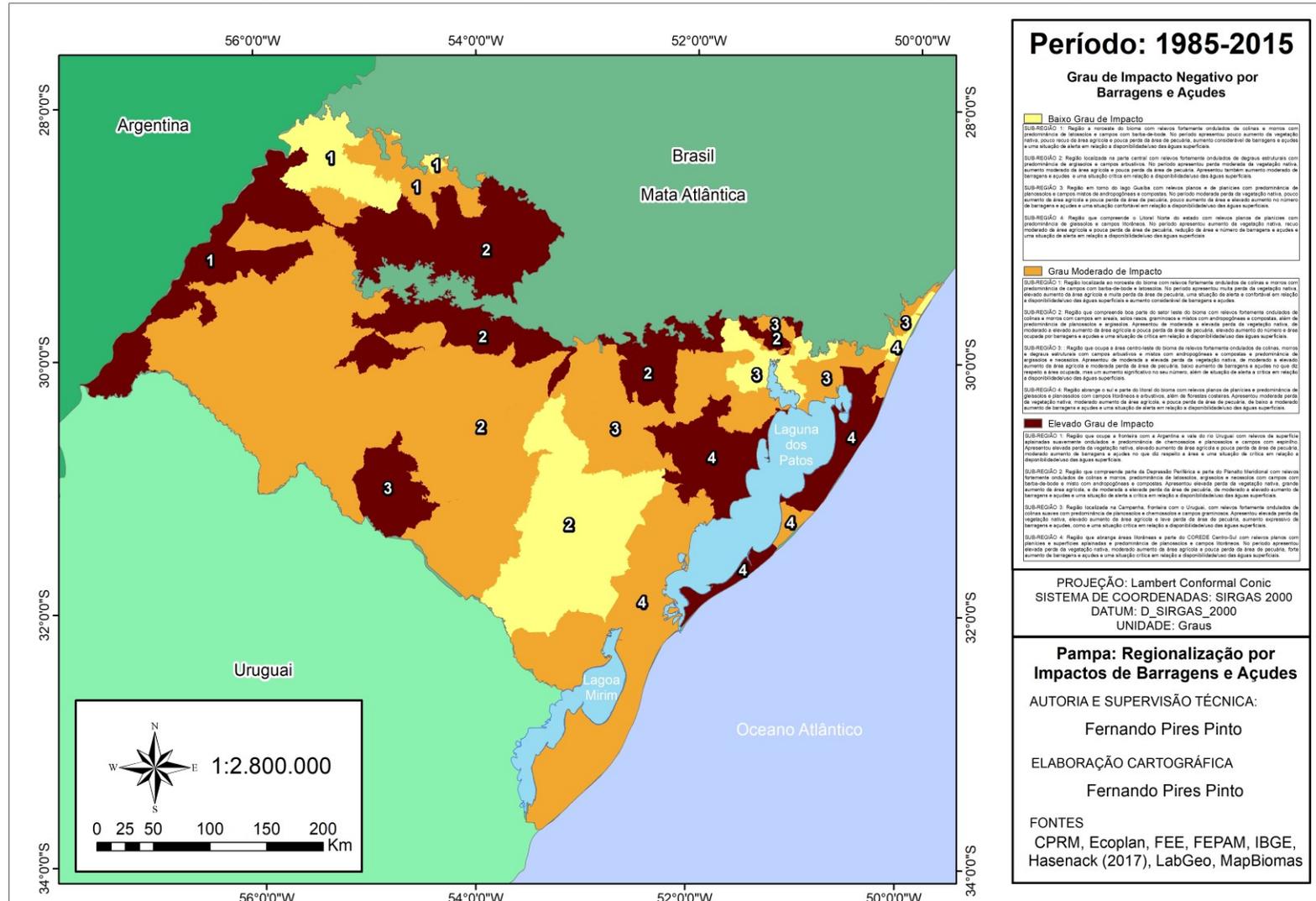


Figura 56: Regionalização do grau de impacto negativo decorrente do surgimento de barragens e açudes durante o período de 1985-2015.

5.3.1 Baixo Grau de Impacto

Conforme mencionado anteriormente, a região representa a menor área ocupada do bioma durante o período 1985-2015, o que indica que poucas áreas do bioma podem ser consideradas estáveis em relação a sua preservação e manutenção. Durante o período, esta região ocupava apenas 24.678 km², o que corresponde apenas 13,8% de todo bioma e 15% da área observada. A média de valores desta região se aproxima das encontradas para as regiões de Grau Moderado de Impacto para os períodos de 1985-2000 e 2000-2015, com 1,76. Na Figura 57 está disposta a configuração do uso e cobertura do solo para a região ao longo deste período.

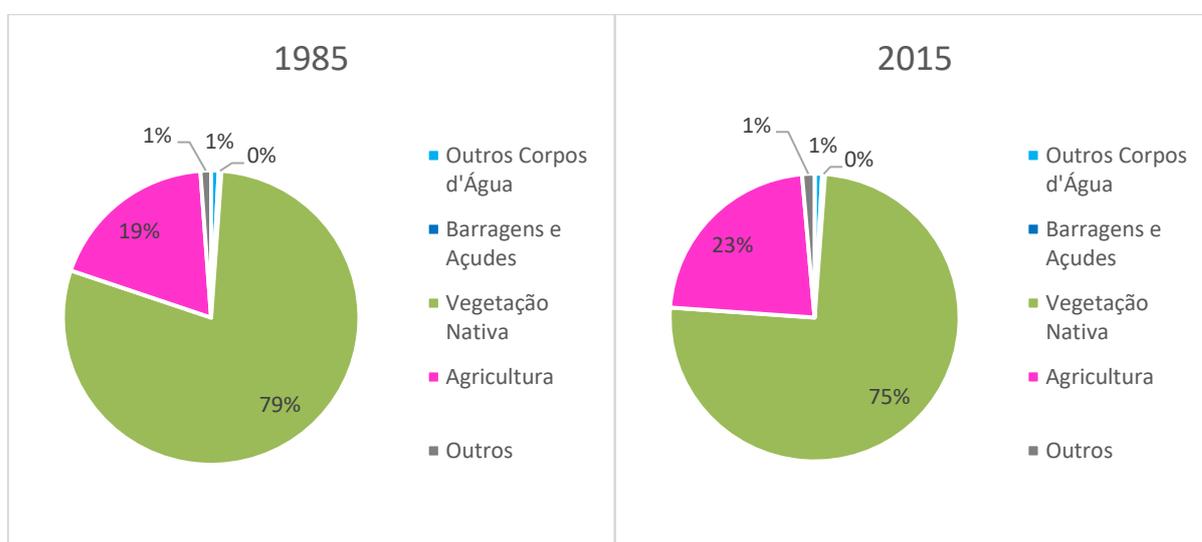


Figura 57: Baixo Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Sub-Região 1: Região a noroeste do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros com predominância de latossolos e campos com barba-de-bode. No período apresentou pouco aumento da vegetação nativa, pouco recuo da área agrícola, como mostra a Figura 58, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também aumento considerável de barragens e açudes e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

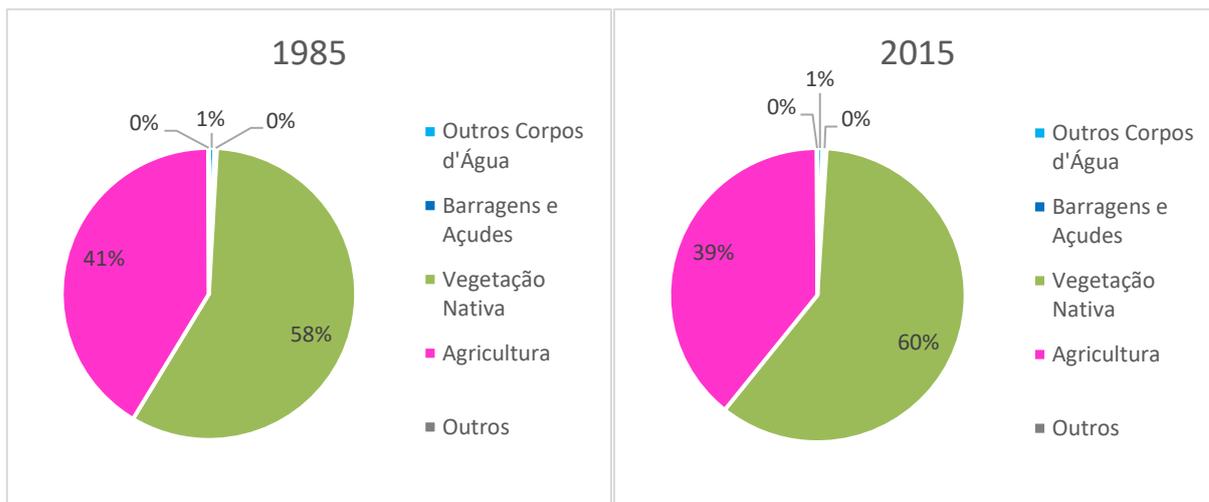


Figura 58: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Houve pouca alteração paisagística na região durante o período como pode ser percebido na Figura 58 e o aumento de área e número das barragens e açudes (Tabela 54) pouco interferiu na configuração espacial.

Tabela 54: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	183	21	13,3
2015	383	33	21,1
Diferença	+200	+12	+8,8

Sub-Região 2: Região localizada na parte central com relevos fortemente ondulados de degraus estruturais com predominância de argissolos e campos arbustivos. No período apresentou perda moderada da vegetação nativa, aumento moderado da área agrícola (Figuras 59 e 60) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também aumento moderado de barragens e açudes (Tabela 55) e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

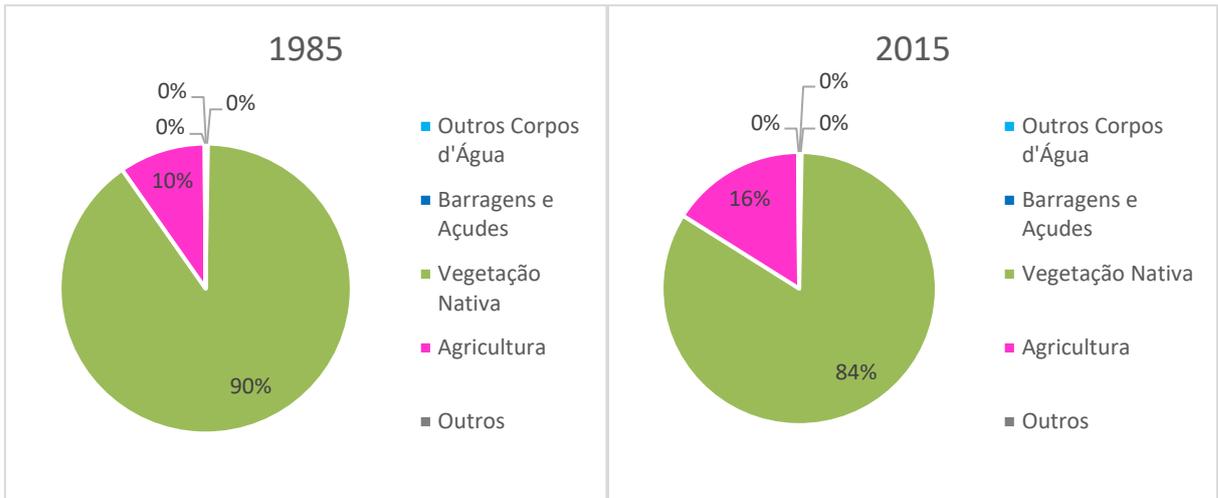


Figura 59: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 55: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	585	59	28,4
2015	892	191	33,0
Diferença	307	132	+4,6

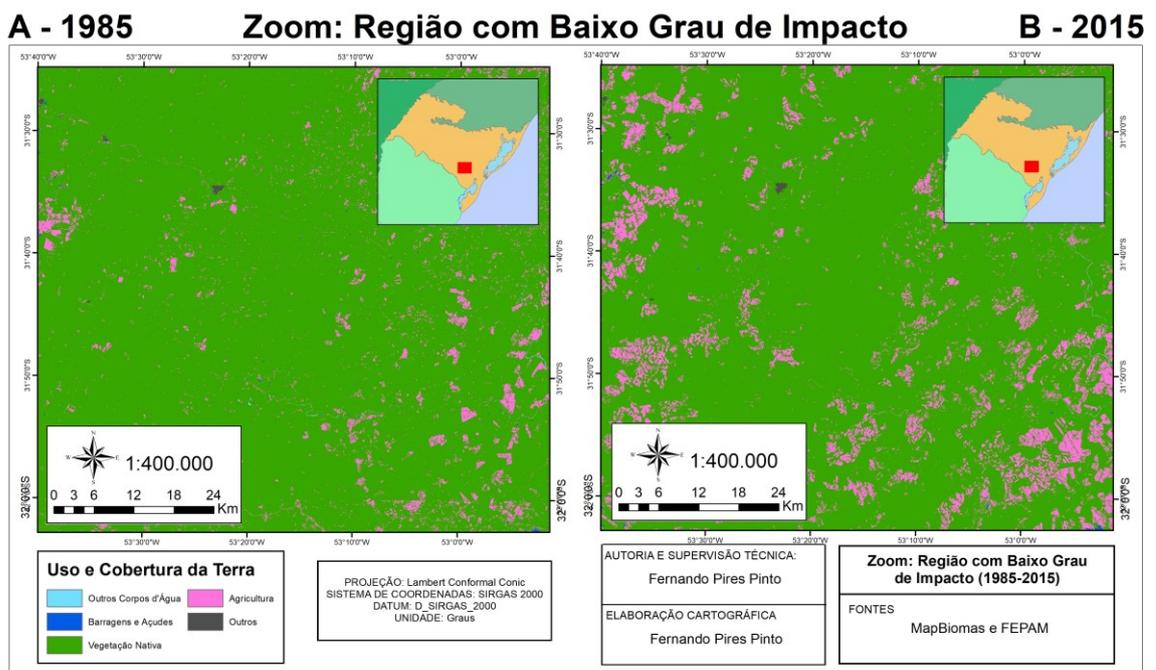


Figura 60: Zoom da Sub-Região 2 de Baixo Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2015.

Conforme a Figura 60, a região demonstra pouca alteração na sua paisagem e nas MUCT derivadas do surgimento de barramentos, tendo em vista a pouca representatividade deles na área. Trata-se de uma área onde o bioma ainda se mantém conservado devido à tipologia geomorfológica com relevos fortemente ondulados e solos rasos e pouco férteis devido sua localização sobre o Escudo Sul-riograndense. A soja e a silvicultura tem sido as alternativas para a inserção agrícola nessa área (AB'SABER, 2012, p. 106).

Sub-Região 3: Região em torno do lago Guaíba com relevos planos e de planícies com predominância de planossolos e campos mistos de andropogôneas e compostas. No período moderada perda da vegetação nativa, pouco aumento da área agrícola, conforme a Figura 61, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também pouco aumento da área e elevado aumento no número de barragens e açudes (Tabela 56) e uma situação confortável em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

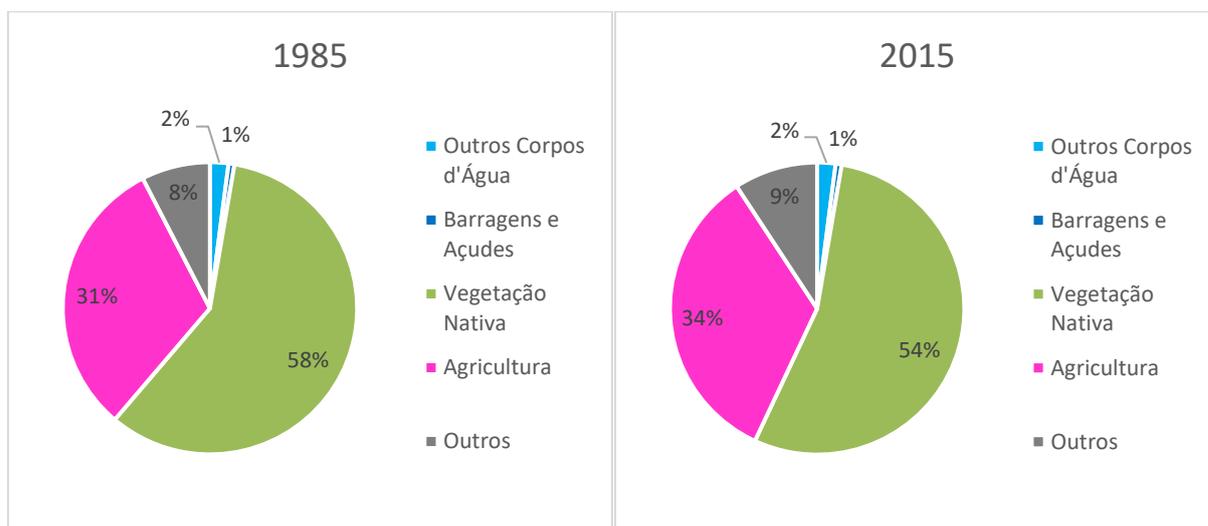


Figura 61: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 56: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	585	59	17,3
2015	892	191	17,8
Diferença	+307	+132	+0,5

Sub-região que ocupa parte da região metropolitana, assim como nos demais períodos anteriores, classificada como Baixo Grau de Impacto devido a já estar com seu uso e ocupação da terra consolidado. Mesmo que o número de barragens e açudes tenha quase triplicado, não ocorreu grandes mudanças na região ao longo dos 30 anos.

Sub-Região 4: Região que compreende o Litoral Norte do estado com relevos planos de planícies com predominância de gleissolos e campos litorâneos. No período apresentou aumento da vegetação nativa, recuo moderado da área agrícola (Figura 62) e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também redução da área e número de barragens e açudes (Tabela 57) e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

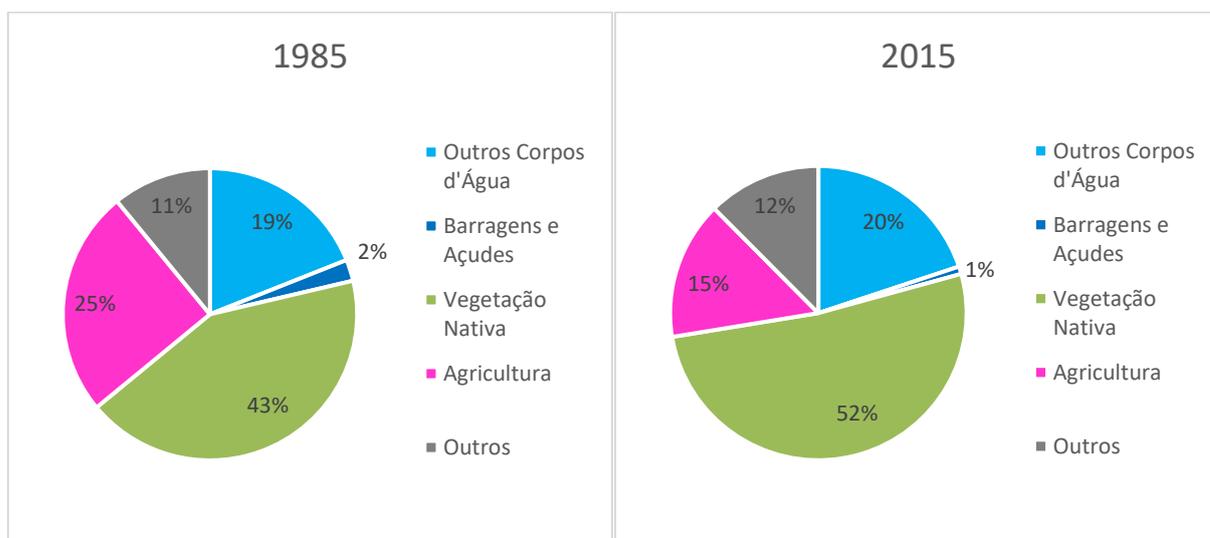


Figura 62: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Região certa com riqueza e disponibilidade hídrica representando cerca de 20% de sua área em ambos os anos, com diversos lagos e lagoas e, devido a isso a criação de novas barragens e açudes se apresenta como não necessária visto a possibilidade de canalização desses corpos d'água mesmo em épocas de estiagem.

Tabela 57: Baixo Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	41	9	13,1
2015	2	0	4,6
Diferença	-39	-9	-8,5

5.3.2 Grau de Impacto Moderado

Região que possui 91.979 km² o que significa 52,1% da área total do bioma e 55,8% da área analisada. Mesmo com sua área menor, comparado aos períodos de 1985-2000 e 2000-2015, e sendo classificada como moderada, diversas variáveis apresentaram valores elevados, os quais indicam sinal de alerta no que diz respeito ao planejamento dos recursos hídricos, ambiental e socioeconômico. Assim como na região de Baixo Grau de Impacto, a média encontrada dos valores desta região se aproxima aos encontrados nas regiões de Elevado Grau de Impacto dos períodos 1985-2000 e 2000-2015 com 1,997. A Figura 63 apresenta a proporção de cada classe nos anos avaliados ficando evidente o avanço da agricultura e o recuo da vegetação nativa.

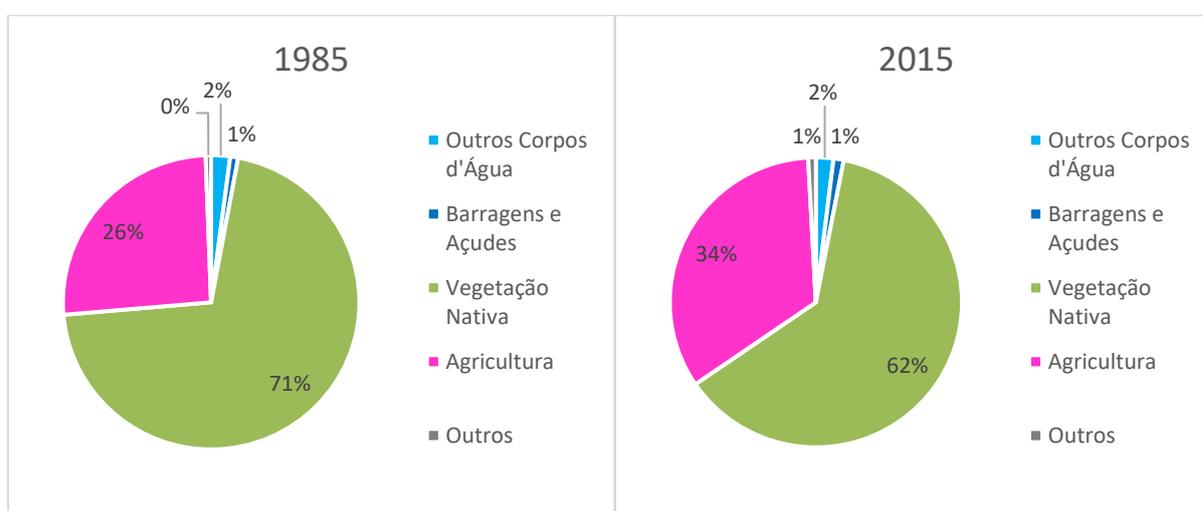


Figura 63: Grau de Impacto Moderado - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Sub-Região 1: Região localizada ao noroeste do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros com predominância de campos com barba-de-bode e latossolos. No período apresentou muita perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola (Figura 64) e muita perda da área de pecuária. Apresentou também

uma situação de alerta e confortável em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais e aumento considerável de barragens e açudes, conforme a Tabela 58.

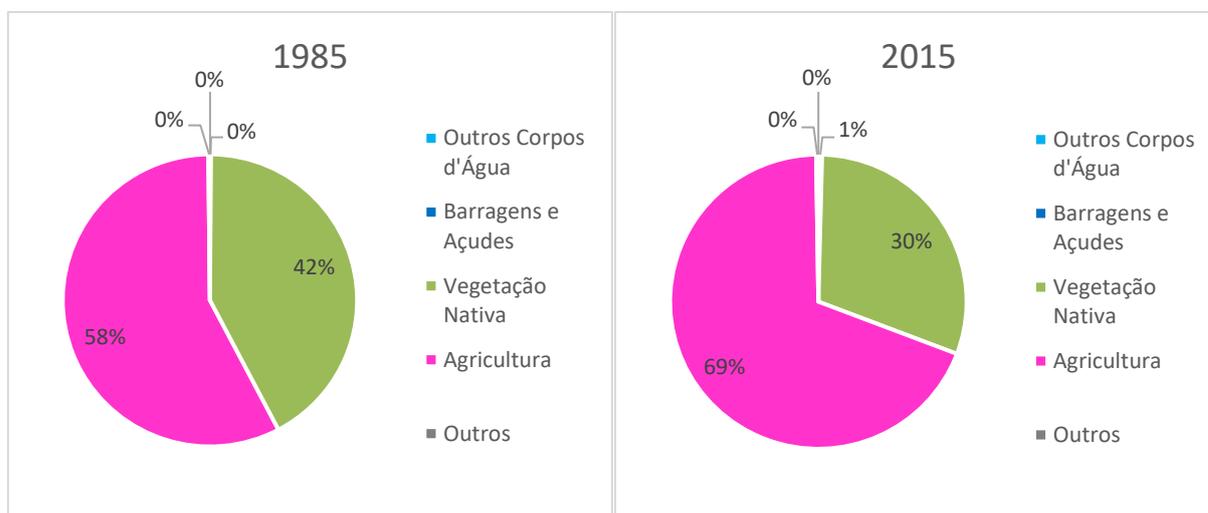


Figura 64: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 58: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	1874	23	2,8
2015	1669	52	13,2
Diferença	-205	+29	+10,4

Sub-Região 2: Região que compreende boa parte do setor leste do bioma com relevos fortemente ondulados de colinas e morros com campos em areais, solos rasos, gramíneos e mistos com andropogôneas e compostas, além de predominância de planossolos e argissolos. No período apresentou de moderada a elevada perda da vegetação nativa, de moderado a elevado aumento da área agrícola, como pode ser visto nas Figuras 65 e 66, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou, também, elevado aumento do número e área ocupada por barragens e açudes (Tabela 59) e uma situação de crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

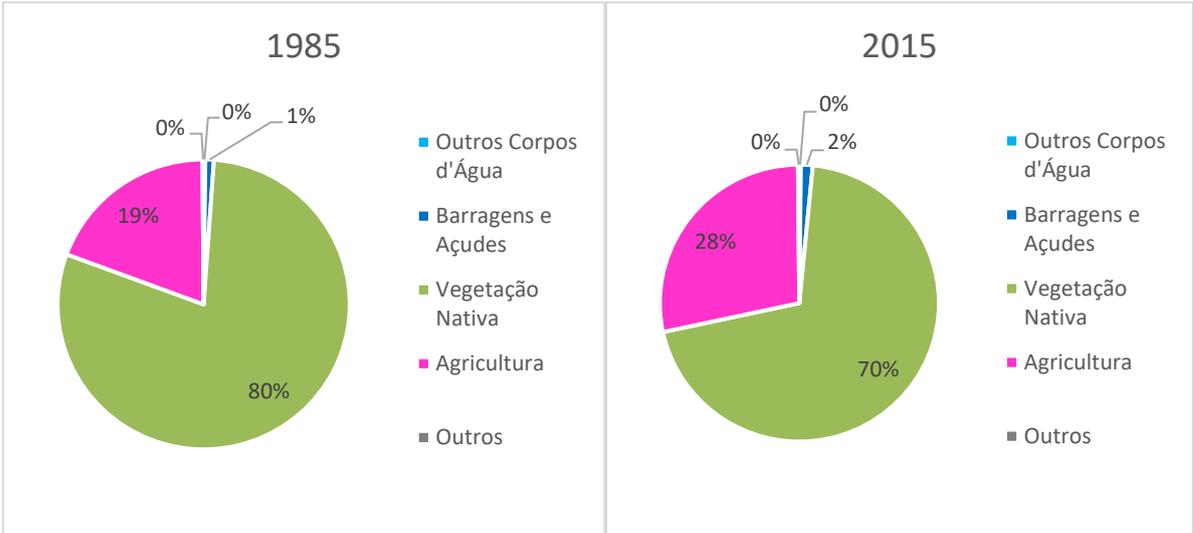


Figura 65: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 59: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	7186	1089	522,2
2015	8911	1239	757,8
Diferença	+1725	+150	+235,6

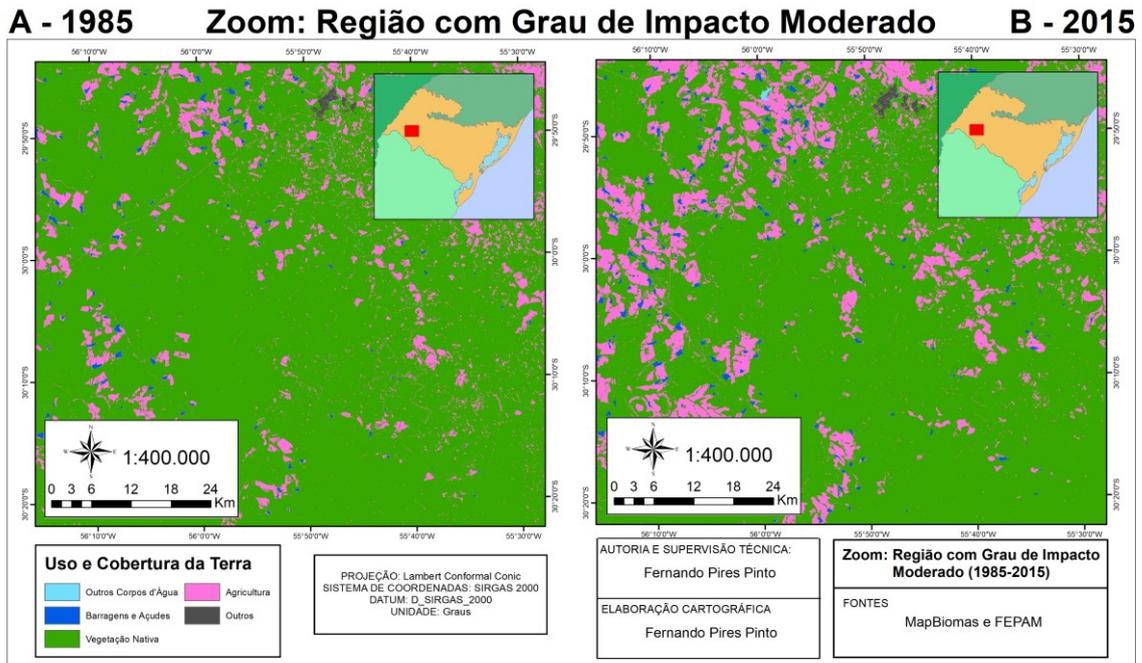


Figura 66: Zoom da Sub-Região 2 de Grau de Impacto Moderado onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano de 2015.

Essa região, mesmo considerada ao longo do período como Grau de Impacto Moderado, apresenta elevada descaracterização do bioma com intenso avanço agrícola sobre a área de vegetação nativa (Figura 66) e grande aumento de barragens e açudes que aparecem próximos a essas áreas de agricultura.

Sub-Região 3: Região que ocupa a área centro-leste do bioma de relevos fortemente ondulados de colinas, morros e degraus estruturais com campos arbustivos e mistos com andropogôneas e compostas e predominância de argissolos e neossolos. No período apresentou de moderada a elevada perda da vegetação nativa, de moderado a elevado aumento da área agrícola, como mostra a Figura 67, e moderada perda da área de pecuária. Apresentou também baixo aumento de barragens e açudes no que diz respeito a área ocupada, mas um aumento significativo do número dessas estruturas (Tabela 60), além de situação de alerta a crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

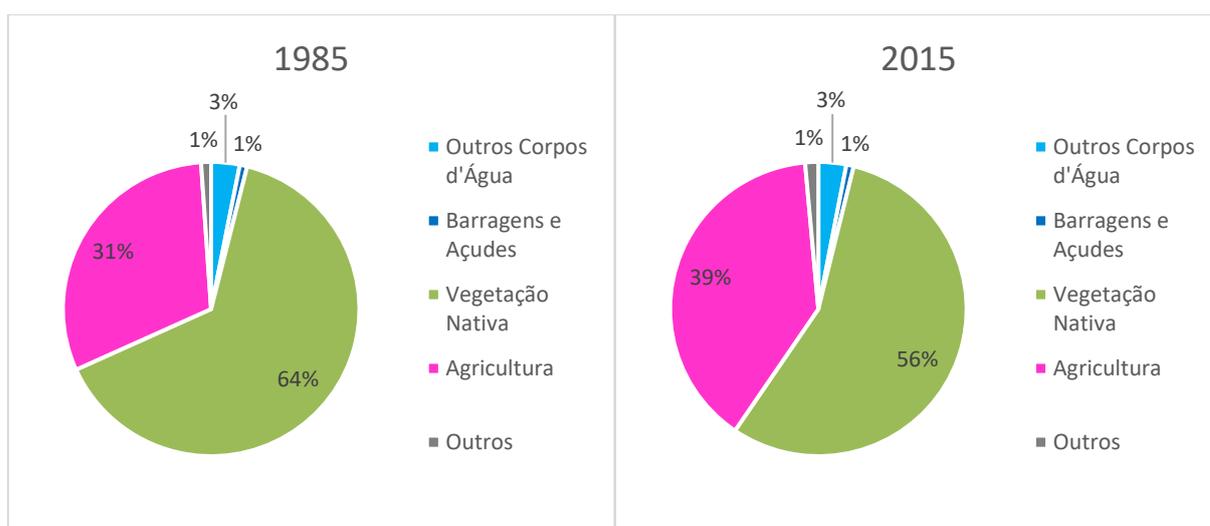


Figura 67: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 60: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	3088	435	123,3
2015	3395	576	122,4
Diferença	+307	+141	-0,9

Sub-Região 4: Região que engloba o sul e parte do litoral do bioma com relevos planos de planícies e predominância de gleissolos e planossolos com campos litorâneos e arbustivos, além de florestas costeiras. No período apresentou moderada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola, e pouca perda da área de pecuária, de baixo a moderado aumento de barragens e açudes e uma situação de alerta em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

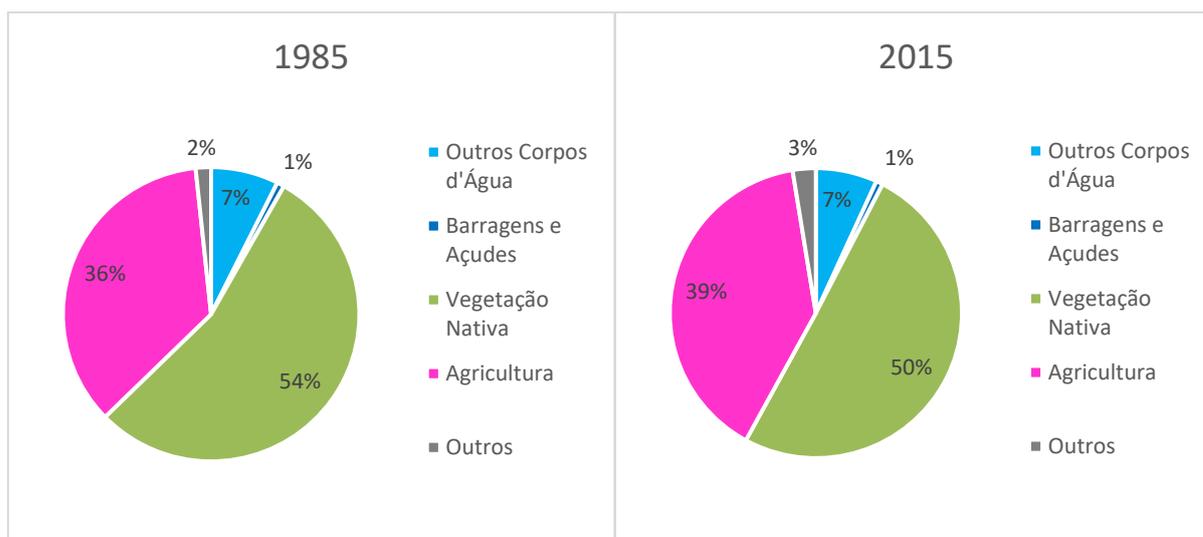


Figura 68: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 61: Grau de Impacto Moderado Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	3088	435	123,3
2015	3395	576	122,4
Diferença	+307	+141	-0,9

5.3.3 Elevado Grau de Impacto

Trata-se da região mais crítica e que apresenta Elevado Grau de Impacto decorrente do surgimento de barragens e açudes e suas consequências nas MUCT. Ocupa área de 47.711,1 km², o que corresponde a cerca de 29% da área analisada, distribuídos entre a fronteira com a Argentina ao longo da bacia do Rio Uruguai, boa parte do que corresponde a Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, áreas litorâneas, as áreas dos COREDEs Central, Alto Jacuí e Noroeste Colonial, além de parte do Centro-Sul e uma área significativa da Campanha.

Estas sub-regiões apresentaram altos valores para o grau de impacto por barragens e açudes em praticamente todas as variáveis, o que pode ser observado a partir do range atribuído a mesma com valores superiores a 2,2. Apresentou a maior média de todos os períodos analisados com 2,443 também devido ao maior tempo analisado. Para facilitar a visualização das áreas com Elevado Grau de Impacto, serão apresentados zooms das quatro sub-regiões, identificando os processos que mais se intensificaram ao longo dos 30 anos analisados. No geral, apresentou elevado recuo da vegetação nativa, aumento da área e número de barragens e açudes e um grande avanço da agricultura, como aponta a Figura 69.

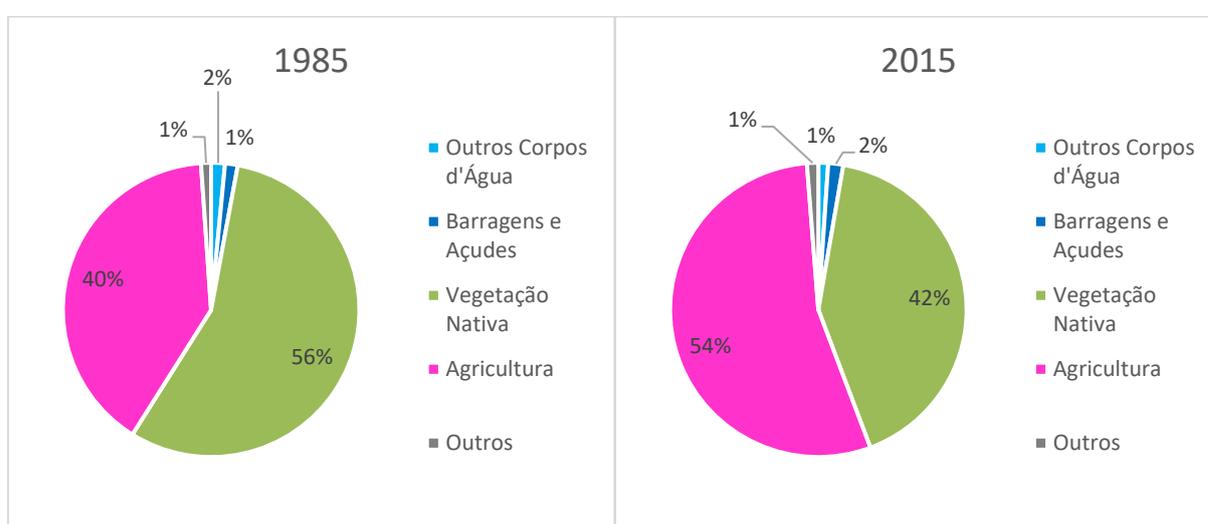


Figura 69: Alto Grau de Impacto - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Sub-Região 1: Região que ocupa a fronteira com a Argentina e vale do rio Uruguai com relevos de superfície aplainadas suavemente ondulados e predominância de chernossolos e planossolos e campos com espinilho. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também moderado aumento de barragens e açudes no que diz respeito a área (Tabela 62) e uma situação de crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

Esta sub-região, como indicam as Figuras 70 e 71, foi uma das mais descaracterizadas ao longo dos 30 anos, juntamente com a Sub-Região 3. O aumento, mesmo que moderado, das barragens e açudes causou um avanço importante que resultou em recuo da vegetação nativa na região, que já era

consolidada com a produção arroseira. A agricultura que ocupava menos de 50% do mapa de 1985 passou a se estender por uma área superior a 60% no mapa de 2015, principalmente ao longo da bacia do rio Ibicuí e Uruguai.

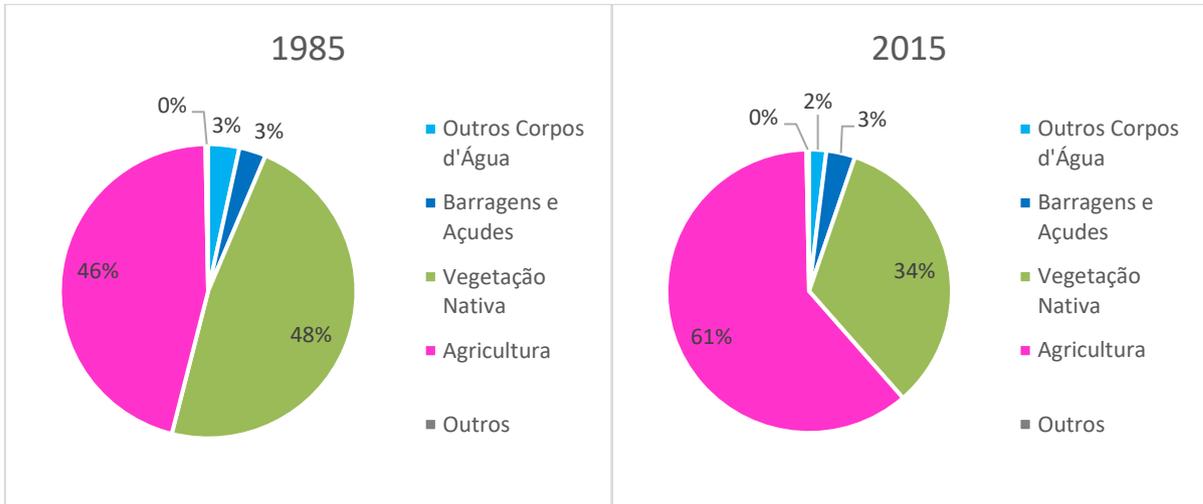


Figura 70: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1- Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

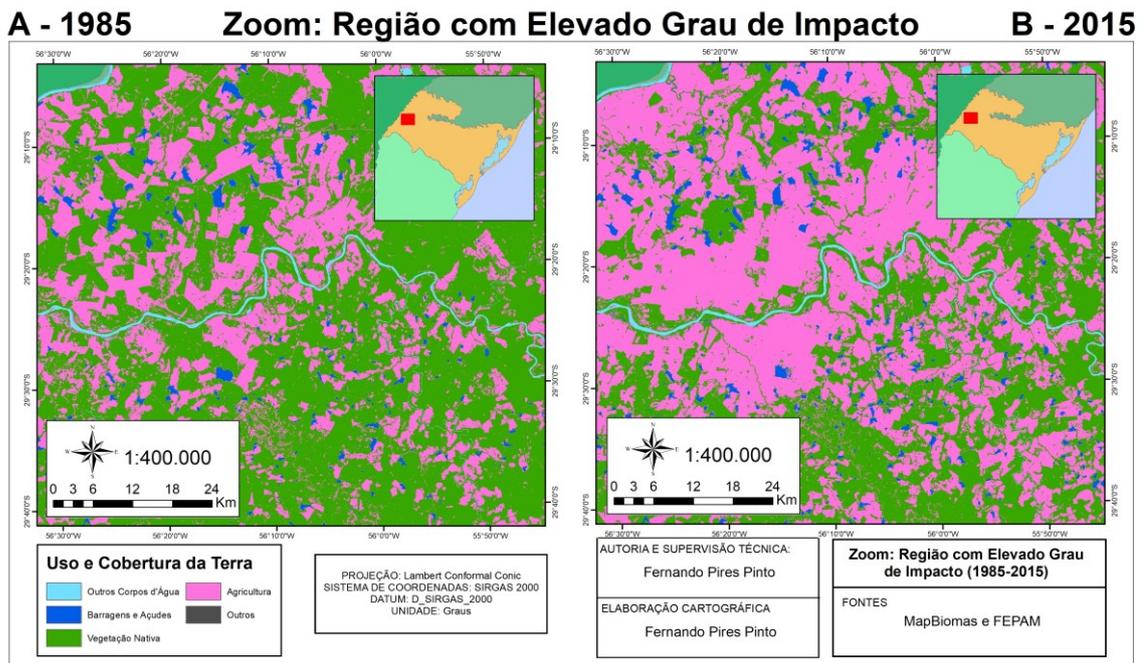


Figura 71: Zoom da Sub-Região 1 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.

Tabela 62: Alto Grau de Impacto Sub-Região 1 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	1966	373	296,8
2015	2325	317	330,7
Diferença	+359	-56	+33,9

Sub-Região 2: Região que compreende parte da Depressão Periférica e parte do Planalto Meridional com relevos fortemente ondulados de colinas e morros, predominância de latossolos, argissolos e neossolos com campos com barba-de-bode e misto com andropogôneas e compostas. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, grande aumento da área agrícola, e de moderada a elevada perda da área de pecuária. Apresentou também de moderado a elevado aumento de barragens e açudes de acordo com a Tabela 63, e uma situação de alerta a crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais. As Figuras 72 e 73 mostram claramente que grande parte da área de vegetação nativa retrocedeu em relação ao aumento das áreas agrícolas.

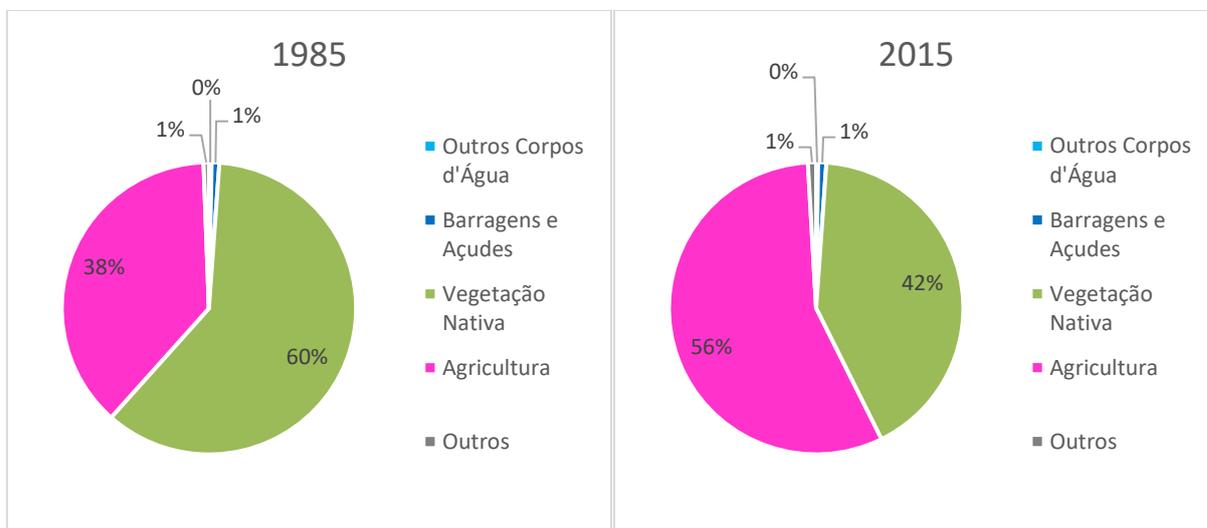


Figura 72: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 63: Alto Grau de Impacto Sub-Região 2 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	5248	686	196,4
2015	6413	842	209,4
Diferença	+1165	+156	+13,0

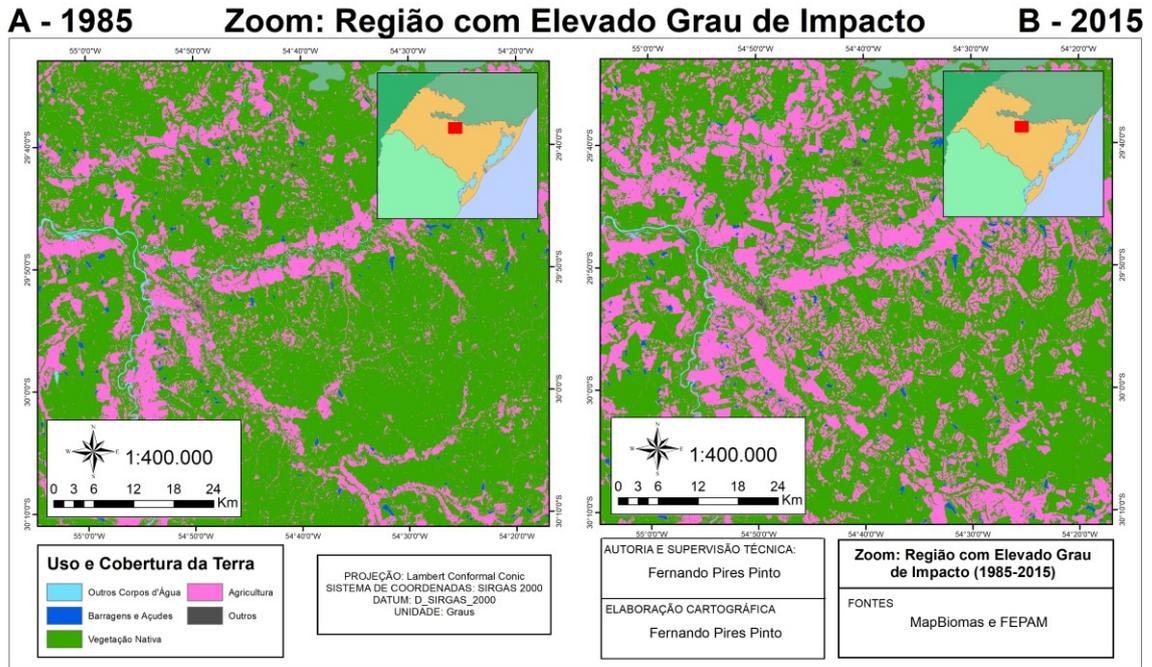


Figura 73: Zoom da Sub-Região 2 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.

Sub-Região 3: Região localizada na Campanha, fronteira com o Uruguai, com relevos fortemente ondulados de colinas suaves com predominância de planossolos e chernossolos e campos gramíneos. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, elevado aumento da área agrícola (Figuras 74 e 75) e leve perda da área de pecuária. Apresentou também aumento expressivo de barragens e açudes, como aponta a Tabela 64, e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

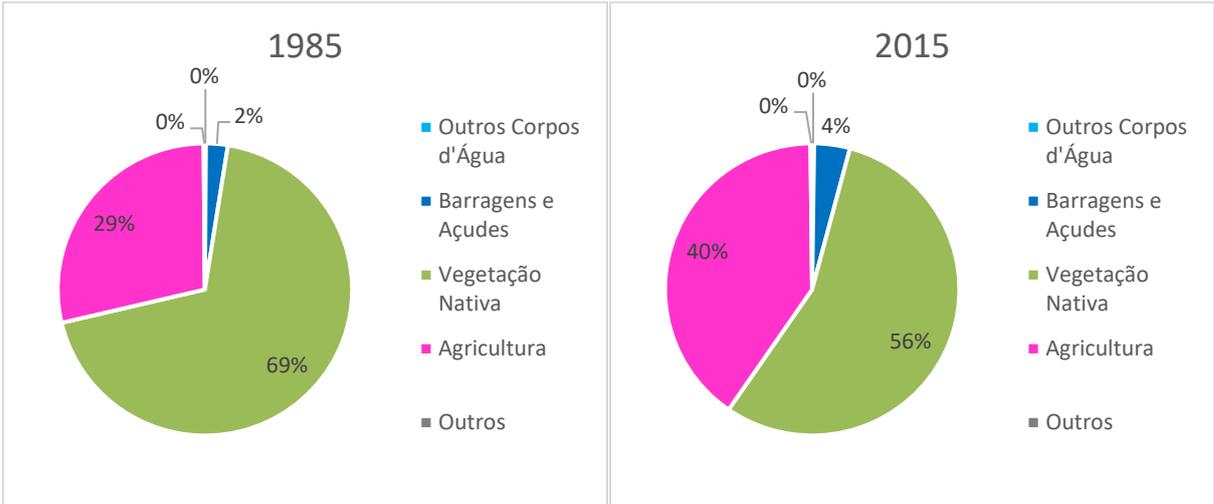


Figura 74: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Tabela 64: Alto Grau de Impacto Sub-Região 3 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	892	118	95,6
2015	1484	257	156,5
Diferença	+592	+139	+60,8

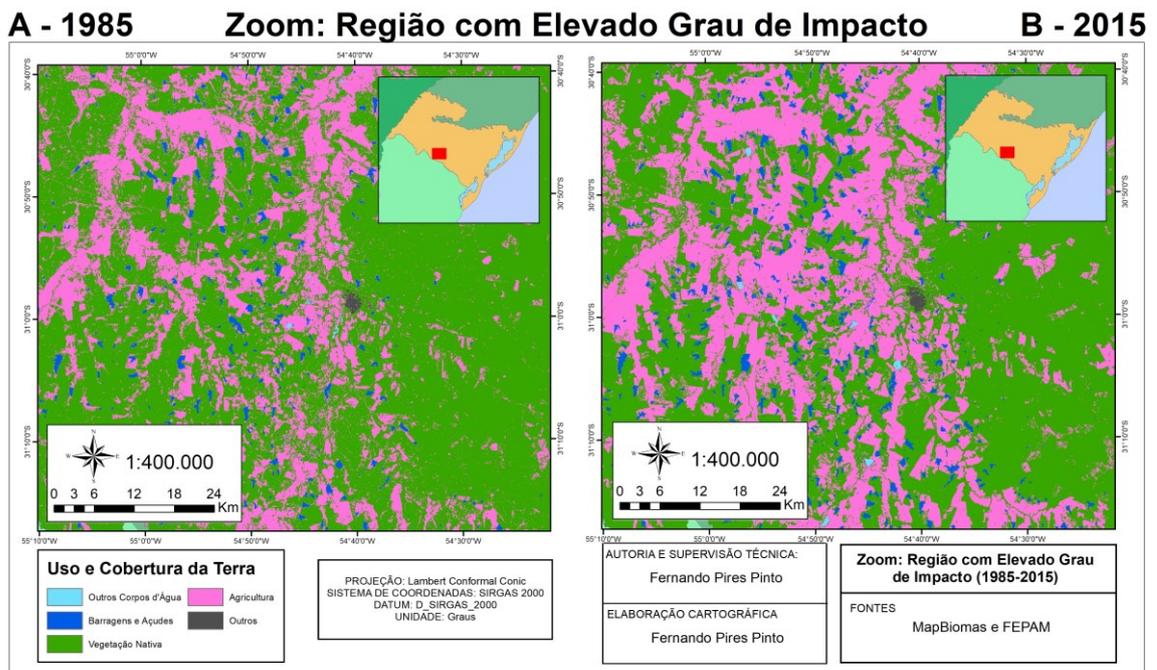


Figura 75: Zoom da Sub-Região 3 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.

Esta pequena sub-região, comparada às outras, teve uma das maiores mudanças na paisagem no que diz respeito ao recuo do bioma derivado do surgimento das barragens. Isso pode ter afetado e comprometido, também, a qualidade das águas superficiais localizadas ali, além de provocar mudanças na biota aquática e terrestre (PIMENTEL, 2004, p. 51-52), alterando drasticamente seu uso e ocupação do solo.

Sub-Região 4: Região que abrange áreas litorâneas e parte do COREDE Centro-Sul com relevos planos com planícies e superfícies aplainadas e predominância de planossolos e campos litorâneos. No período apresentou elevada perda da vegetação nativa, moderado aumento da área agrícola, como podem ser vistos nas Figuras 76 e 77, e pouca perda da área de pecuária. Apresentou também forte aumento de barragens e açudes (Tabela 65) e uma situação crítica em relação a disponibilidade/uso das águas superficiais.

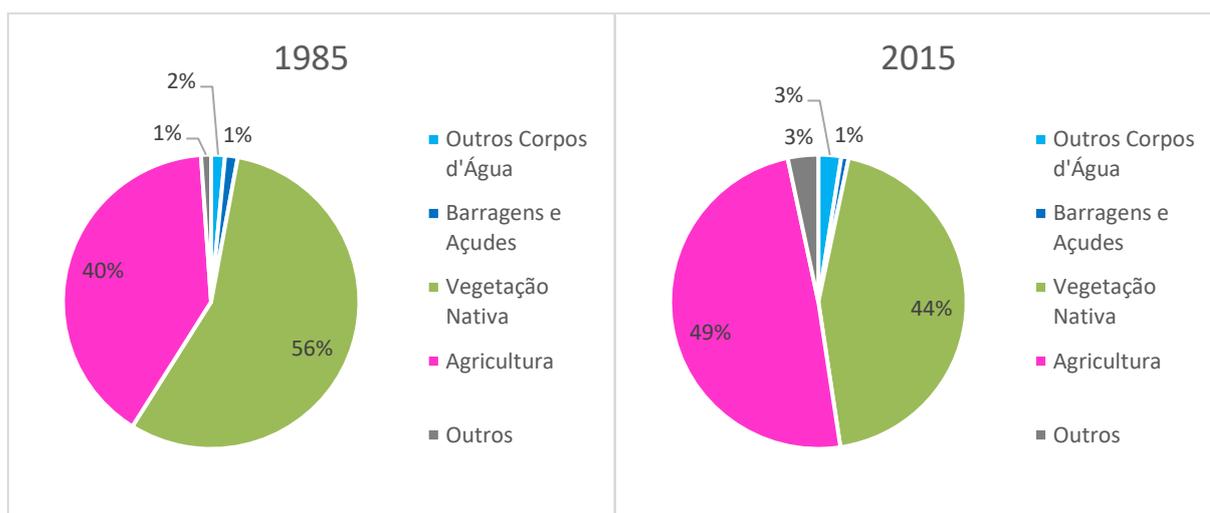


Figura 76: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Porcentagem de área ocupada por cada classe no período 1985-2015.

Mesmo estando próxima da Laguna dos Patos e das lagoas e lagos litorâneos, ou seja, mesmo apresentando uma disponibilidade hídrica elevada, ainda assim ocorreu o aumento de barragens e açudes tanto em área, quanto em número. A última sub-região com Elevado Grau de Impacto evidencia grande antropização a oeste da Laguna dos Patos, área também conhecida pela sua produção arrozeira conforme dados do Censo Agropecuário de 2017 do IBGE.

Tabela 65: Alto Grau de Impacto Sub-Região 4 - Número de barragens e açudes maiores que 1 pixel (0,09 ha).

Ano	Total	< 1 pixel	Área Total (km ²)
2000	1688	262	71,4
2015	1807	380	83,1
Diferença	+119	+118	+11,7

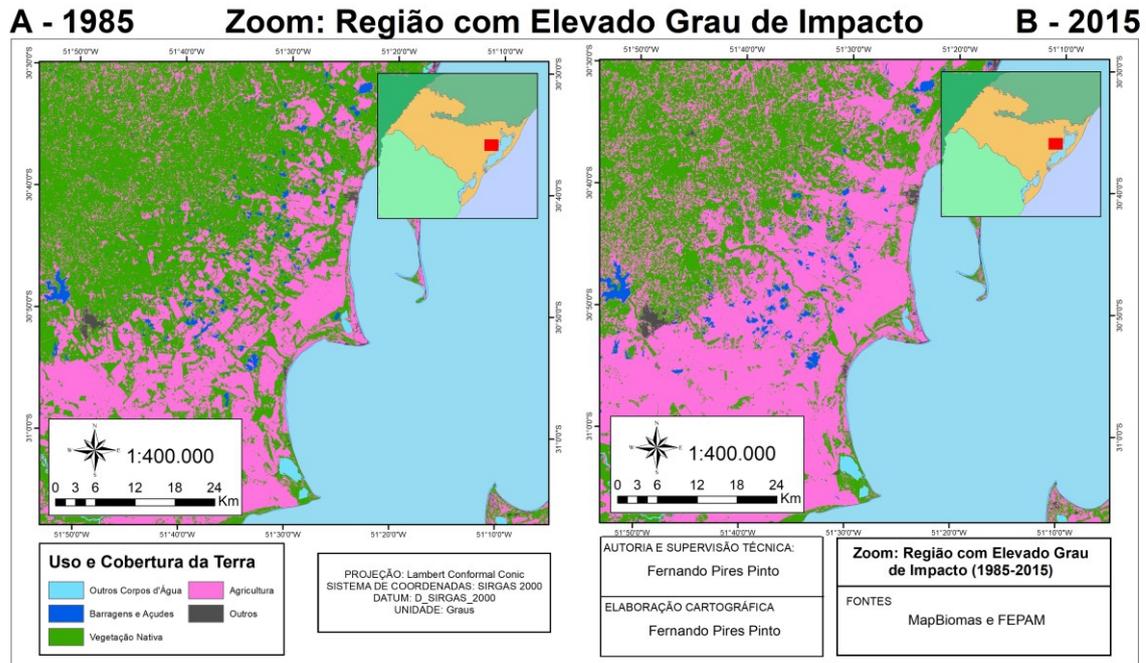


Figura 77: Zoom da Sub-Região 4 de Elevado Grau de Impacto onde o mapa A representa a situação para o ano de 1985 e o mapa B para o ano 2015.

De uma maneira geral o bioma apresentou um crescimento significativo de áreas com alto grau de impacto por barragens e açudes ao longo dos 30 anos. Cada período demonstrou algumas similaridades e singularidades em relação às sub-regiões e sua disposição espacial.

No período de 1985-2000 as áreas mais impactadas negativamente foram encontradas na região litorânea, COREDE Centro-Sul e próximo à divisa com a Argentina, correspondendo a uma área superior a 40 mil km². Dentre os três períodos analisados, 2000-2015 foi o que apresentou a menor área com alto grau de impacto negativo do recuo e conversão da vegetação nativa do bioma, com cerca de 37 mil km² e a sub-região com a área mais representativa localiza-se no centro-norte do bioma.

Ao longo dos 30 anos, foi encontrada a maior média entre os valores atribuídos para o grau de impacto negativo (2,05) o que representa uma elevação destes valores encontrados entre todas as regiões (baixo, moderado e elevado) levantando um sinal de alerta até mesmo para as áreas com baixo grau de impacto. A região de Elevado Grau de Impacto entre 1985-2015 também demonstrou significativa área ocupada do bioma com 29% do mesmo, o que demonstra elevada alteração nas mudanças de uso e ocupação da terra no período decorrente do surgimento de novas barragens e açudes. Estas áreas estão distribuídas ao longo da fronteira com a Argentina na bacia do Rio Uruguai, boa parte do que corresponde a Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, áreas litorâneas, as áreas dos COREDEs Central, Alto Jacuí e Noroeste Colonial, além de parte do Centro-Sul e uma área significativa na Campanha.

Em números, as barragens e açudes avançaram o que, conseqüentemente descaracterizou diversas áreas do bioma com o avanço de culturas como soja, arroz e eucalipto. Outros impactos como poluição dos recursos hídricos naturais, alteração da fauna aquática e terrestre, alteração das vazões, entre outros não foram aqui avaliados devido a falta de dados disponíveis a respeito. O que foi levado em consideração aqui foi a alteração na paisagem do uso e cobertura da terra, além de aspectos físicos e naturais que interferem na decisão da construção de um barramento e probabilidade de aumento de expansão da área agrícola.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, através dos objetivos propostos, procurou encontrar as regiões mais impactadas negativamente conforme a área ocupada e número de barragens e açudes instalados na área do bioma Pampa. Através de variáveis físicas e análises de processos, tais como de antropização do bioma e recuo da vegetação nativa e sua relação com surgimento de novas estruturas hidráulicas ao longo do período de 30 anos, de 1985 a 2015, adaptou-se uma metodologia reconhecida e proposta por Crepani et. al (2001), com o intuito de verificar possíveis mudanças no uso e cobertura da terra na área do bioma.

Primeiramente é importante salientar que a presente pesquisa está “aberta” a melhorias e aprimoramentos de sua metodologia, tendo em vista seu ineditismo até o presente momento. Constatou-se ao longo da pesquisa bibliográfica o potencial que ainda pode ser explorado em relação ao Pampa no que diz respeito às pesquisas científicas. Isto pode ser devido ao Pampa ser, ainda, considerado pela população um bioma negligenciado (OVERBECK, 2009), que não se caracteriza majoritariamente por espécies arbóreas, motivo esse que também serviu de motivação para a definição da área de estudo e execução da pesquisa.

Os levantamentos bibliográfico e cartográfico foram fundamentais para a caracterização da área de estudo, além de possibilitarem a compreensão sobre os processos históricos, socioeconômicos e ambientais particulares do Pampa tais como: intensificação do aumento da área agrícola, recuo da vegetação nativa, inserção de novas culturas em áreas ocupadas tradicionalmente por outras lavouras e a antropização dos recursos hídricos. Isto serviu de base para a definição das variáveis que amparam a metodologia aplicada, assim como possibilitou obter um panorama acerca dos recursos hídricos, mais especificamente de barragens e açudes, que fazem parte do bioma e integram as suas paisagens e reorganizam a sua área através das mudanças de uso e cobertura da terra.

Também com esse levantamento se pôde compreender acerca da dinâmica local do entorno de um barramento, seja ele de pequeno ou grande porte, e suas consequências ambientais. Essas consequências para o meio socioeconômico tendem para o lado positivo visto o aumento da produção, a disponibilidade de um reservatório caso ocorra um período de seca, entre outros impactos positivos. Para o

meio físico e biota tanto terrestre quanto aquática, os impactos tendem a ser negativos com alteração da vazão em diversos pontos da bacia hidrográfica, na qualidade da água, recuo da vegetação nativa e possível eutrofização dos lagos e assoreamento dos cursos d'água. O mapeamento e identificação das barragens e açudes tanto em número quanto em área tende a servir de base para o planejamento ambiental e zoneamentos com intuito de prevenção e manutenção das áreas naturais visto que, com estes dados, tem-se a localização com bastante acurácia destas estruturas.

A disponibilização de dados abertos de MUCT pela plataforma MapBiomas e bases cartográficas como as elaboradas pela FEPAM, CPRM e IBGE foram de extrema importância para o desenvolvimento desse trabalho. O trabalho com SIG e outras tecnologias geoespaciais permitiram a integração dos dados que proviam de diferentes projeções, escalas e sistemas de coordenadas.

Dentre as variáveis utilizadas, a Declividade, Disponibilidade/Uso das águas superficiais e a variável de Diminuição da Área de Pecuária foram as que menos apresentaram variação e, conseqüentemente as que menos interferiram nos valores finais do grau de impacto das regiões. Posteriormente pode tentar-se aplicar a Análise de Componentes Principais ou a Jackknife a fim de definir quais as variáveis que seriam mais significativas para o estudo. As demais variáveis oscilaram mais, tanto na sua disposição espacial quanto nos valores atribuídos.

A identificação das regiões permitiu a visualização das áreas mais impactadas em todos os períodos analisados, o que apontou a intensificação de certos processos em determinadas regiões e períodos. De modo geral o bioma apresentou diversas áreas com valores elevados para o grau de impacto negativo por barragens e açudes, sendo as áreas com baixo grau de impacto as menos significativas em área ocupada. Cada período demonstrou algumas similaridades e singularidades em relação às sub-regiões e sua disposição espacial.

Primeiramente, no período de 1985-2000 as áreas mais impactadas negativamente foram encontradas na região litorânea, COREDE Centro-Sul e próximo à divisa com a Argentina. Nestas regiões, com exceção da Sub-Região 2, a orizicultura se apresenta como cultura dominante, ou seja, uma cultura irrigada e anual que para sua implementação, a construção de barramentos e canalização dos rios é de extrema importância. A região de Grau de Impacto Moderado deste período que ocupa grande

parte do leste e centro-sul do bioma servindo de alerta para a possível alteração futura que esta região podia vir a sofrer.

O período de 2000-2015 foi o que apresentou a menor área com alto grau de impacto negativo referente ao recuo e conversão da vegetação nativa do bioma e a sub-região com a área mais representativa localiza-se no centro-norte do bioma. Os processos significaram grande recuo da vegetação nativa do bioma na área entre o Planalto Meridional e a Depressão Periférica do Estado e parte da Campanha. Áreas litorâneas e próximas à fronteira com a Argentina se mantiveram com aproximadamente a mesma área ocupada pela vegetação nativa e área agrícola não apresentando grande mudança dentro do período.

Por fim, ao longo dos 30 anos (1985-2015), foi encontrada a maior média entre os valores atribuídos para o grau de impacto negativo (2,05). Isto representa uma elevação dos valores encontrados para o grau de impacto entre todas as regiões (baixo, moderado e elevado) levantando um sinal de alerta até mesmo para as áreas com baixo grau de impacto. A região de Alto Grau de Impacto no período 1985-2015 demonstrou elevada alteração nas mudanças de uso e ocupação da terra no período, decorrente do surgimento de novas barragens e açudes. Suas sub-regiões distribuem-se entre o litoral médio, fronteira com a Argentina, uma grande área da Campanha e a região de transição entre o Pampa e a Mata Atlântica, próximo ao rebordo da escarpa do Planalto Meridional. A região de Grau de Impacto Moderado apontou valores elevados para o grau de impacto negativo, indicando que, em geral, todo o Pampa sofreu grande descaracterização de sua paisagem ao longo período analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AB' SABER, Aziz. **Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.

AGUIAR, Ana P. D. de. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais. *In*: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio M. V. **Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial**. São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/>>. Acesso em: 12 mar. 2019. cap. 4.

AKIYAMA, Tsuyoshi; KAWAMURA, Kensuke. ***Grassland degradation in China: Methods of monitoring, management and restoration***. *Grassland Science* nº 53, pp. 1–17, 2007.

ADRADE, Carlos F. F. et al. **Fluxos de nutrientes associados às descargas de água subterrânea para a Lagoa Mangueira (Rio Grande do Sul, Brasil)**. *Química Nova*, São Paulo, v.35, nº1, 2012.

BANCO DO NORDESTE. **Manual de Impactos Ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais na atividade produtiva. Fortaleza, Banco do Nordeste, 1999. 297p.

BARBOSA, Francisco A. R.; PAULA, João A; MONTE-MÓR, Roberto L. M. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Análise e Realidade de Integração Disciplinar. *In*: BARBIERI, Alisson F. et al. **Biodiversidade, População e Economia: uma região de Mata Atlântica**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/ECMVS/UFMG, 1997. cap. 6. pp. 257-270.

BASSO, Luís A. Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul: Implicações Ambientais. *In*: VERDUM, Roberto; BASSO, Luís A; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (Org.). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. v. 1. pp. 87-108.

BEHLING, H.; PILLAR, V.D.; BAUERMANN, S.G. ***Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio***

Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 133, n. 3-4, 2005. pp. 235-248.

BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann. **Sensoriamento Remoto e SIG: novos sistemas sensores: métodos inovadores.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 286p.

BOLDRINI, Ilsi I. A Flora dos Campos do Rio Grande do Sul. *In*: PILLAR, Valério de P. et al. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade.** Brasília: MMA, 2009. cap. 4. pp. 63-77.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Diário Oficial da União, Brasília, 17 de fevereiro de 1986.

_____. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Diário Oficial da União, Brasília, 9 de janeiro de 1997a.

_____. SEF. **Parâmetros Curriculares Nacionais: meio ambiente e saúde.** Brasília: MEC, 1997b.

_____. Decreto nº 7.257 de 4 de agosto de 2010. **Regulamenta a Medida Provisória no 494 de 2 de julho de 2010, para dispor sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e dá outras providências.** Brasília, 2010a.

_____. Lei nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de**

1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 21 de setembro de 2010b.

_____. **Legislação ambiental no Brasil é uma das mais completas do mundo.** Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2010/10/legislacao>>. Acesso em: 10 mar. de 2019.

_____. **Atlas Nacional Digital do Brasil.** Porto Alegre: IBGE, 2010c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/>. Acesso em: 24 fev. 2019.

_____. **Manual do Empreendedor – Volume VIII - Guia Prático de Pequenas Barragens.** Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2015.

CARDOSO, Olímpio. R. et al. **A utilização de SIG no Auxílio da Análise dos Impactos Ambientais Causados pelas Usinas Hidroelétricas Passo São João e São José Localizadas no Rio Ijuí, RS.** Scientia Plena, v. 11, pp. 1-13, 2015.

CECH, Thomas V. **Recursos hídricos: história, desenvolvimento, política e gestão.** 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 418p.

CHRISTOPHERSON, Robert W. **Geossistemas: Uma introdução à geografia física.** Porto Alegre: Bookman, 7ª edição, 2012. 727p.

COELHO NETTO, Ana L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. *In:* GUERRA, Antônio J. T. e CUNHA, Sandra B. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 3. pp. 93-148

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (CBDB). **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: Cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens.** Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 522p.

_____. **Apresentação das Barragens.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://www.cbdb.org.br/5-38/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

CONTI, José B.; FURLAN, Sueli A. Geoeecologia: O Clima, Os Solos e a Biota. *In*: ROSS, Jurandyr. L. Sanches (Org.). **Geografia do Brasil**. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 549p. Cap. 5. P. 67-208.

CORDEIRO, José L.P; HASENACK, Heinrich. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. *In*: PILLAR, Valério de P. et al. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 23. p. 285–299.

CORRÊA, Roberto L. Região: A tradição geográfica. *In*: CORRÊA, Roberto L. (org). **Trajetórias Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. p. 183-196.

CRAMER, Wolfgang. **Biome Models**. *The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change*. v. 2, 2002. pp 166–171.

CREPANI, Edilson et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento territorial**. São José dos Campos. SAE/INPE, 2001.

CUNHA, Sandra B. da. Geomorfologia Fluvial. *In*: GUERRA, Antônio José Teixeira; _____ (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. cap. 5. pp. 211-252.

D'ISEP, Clarissa F. M. **Água juridicamente sustentável**. 2006. 441 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

ECOPLAN ENGENHARIA. Ltda. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul**. Relatório Síntese da Fase A – Diagnóstico e Prognóstico Hídrico das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007. 146p.

ECOPLAN ENGENHARIA. Ltda. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul**. Relatório Síntese da Fase C – Conclusão da Etapa B e Elaboração das Etapas C e D. Porto Alegre, 2013. 133p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FREITAS, Marcos W. D. de. **Estudo integrado e modelagem da dinâmica da paisagem no Alto Uruguai (RS/SC)**. 2013. 149 p. Tese (Doutorado) - Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2013.

GIRARD, Pierre. **Efeito cumulativo das barragens no Pantanal**. Instituto Centro Vida, Campo Grande, 2002.

GOMES, Paulo C. da C. O Conceito de Região e sua Discussão. *In*: CASTRO, Iná E; _____; CORRÊA, Roberto L. (Org). **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. pp. 49-76.

GUERRA, Antônio T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 439p.

HAESBAERT, Rogério. **Latifúndio e Identidade Regional**. Col. Série Documentada. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1988. 106p.

_____. **Região, diversidade territorial e globalização**. GEOgraphia (UFF), Rio de Janeiro, v.1, n.1, 1999. pp. 15-39.

_____. Morte e vida da região: Antigos paradigmas e novas perspectivas da Geografia Regional. *In*: SPOSITO, Eliseu Savério (org). **Produção do Espaço e Redefinições Regionais: a construção de uma temática**. 1ª ed. Presidente Prudente: UNESP/FCT/GAsPEER, 2005, p. 09 – 34.

HASENACK, Heinrich. **Determinantes biofísicos e geopolíticos do uso da terra no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2017. 70 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, UFRGS. Porto Alegre, 2017.

IBGE. **Mapa dos biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 2004

_____. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE. 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

_____. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE. 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?tema=76424&localidade=43>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INPE. **El Niño**. 2016. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>>. Acesso em: 25 jan 2020.

INPE. **Ocorrência do El Niño**. 2020. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/~renos/misc/elnino.html>>. Acesso em: 25 jan 2020.

KEFI, Mohamed; YOSHINO, Kunihiro. **Estimation of Soil Loss by using Combination of Erosion Model and GIS: Case of Study Watersheds in Tunisia**. *Journal of Arid Land Studies*, n. 19, pp. 287-290, 2009.

KELMAN, Jerson et al. Hidreletricidade. In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. cap. 16. pp. 507-543.

KINGSFORD, Richard T. **Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia**. *Austral Ecology* n. 25, pp. 109–127, 2000.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424p.

LIBANIO, Paulo A. C.; CHERNICHARO, Carlos A. de L.; NASCIMENTO, Nilo de O. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, pp. 219-228, jul/set, 2005.

LIPP-NISSINEN, Kátia H. & RODRIGUES, Manuela B. **Licenciamento Ambiental para Irrigação Superficial da Orizicultura no RS: Manual de Orientação**. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, 2018. Coleção Referências, v.3. 64 p.

MARÍN, Cayetano E. **Anotaciones en torno al concepto de región**. *Nimbus*, n. 11-12, 2003. pp. 67-88.

MOLION, Luiz C. B. **Aquecimento global**: Uma visão crítica. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, p.7-24, 2008.

MOLLE, François; CADIER, Eric. **Manual do Pequeno Açude**. Recife: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Secretaria do Desenvolvimento Regional, 1992. 523p.

NOVO, Evelyn M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2008. 363p.

OLIVEIRA, Tamara E. de. et al. **Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. Land use policy**, v. 63, pp. 394-400, *april*, 2017.

OVERBECK, Gerhard E. et al. Os Campos Sulinos: Um Bioma Negligenciado. *In*: PILLAR, Valério de P. et al. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 2. pp. 26-41.

PEDROSA, Bianca M; CÂMARA, Gilberto. *In*: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio M. V. **Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial**. São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/>>. Acesso em: 12 mar. 2019. cap. 1.

PEREIRA, Paulo A. S. **Rios, Redes e Regiões**: A sustentabilidade a partir de um enfoque integrado dos recursos terrestres. Porto Alegre: Editora AGE, 2000. 355 p.

PILLAR, Valério de P. et al. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. 403p.

PIMENTEL, Virgínia C. R. **Alternativas de Solução para os Impactos Físicos de Barragens**, 2004, 416p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta; HAVENS, Karl. **Gestão de recursos hídricos em tempos de crise**. Porto Alegre: Artmed, 2016. 228 p.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 3 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2018. Acessado em 28 de fevereiro de 2019 através do link: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>>.

RAMALHO, Maria F. de J. L. **Considerações sobre o ambiente de rios represados: o caso do rio Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte**. Sociedade e Território, v. 21, n. 1 e 2, pp. 183-196, jan./dez., 2009. Edição especial.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água Doce no Mundo e no Brasil. *In*: _____; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. cap. 1. pp. 1-35.

REECE, Jane B. et al. **Biologia de Campbell**. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. 1488p

RENNÓ, Camilo D; SOARES, João V. Conceitos Básicos de Modelagem Hidrológica. *In*: CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio M. V. **Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial**. São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/>>. Acesso em: 12 mar. 2019. cap. 2.

RIGAUX, Philippe; SCHOLL, Michel; VOISARD, Agnès. **Spatial Databases with application to GIS**. San Francisco: Morgan Kaufmann , 2002. 408 p.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. **Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Diário Oficial do Estado. Porto Alegre, 1 de janeiro de 1995.

_____. Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996. **Regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos artigos 29, 30 e 31 da LEI Nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994**. Sistema LEGIS, 21 de novembro de 1996.

_____. CRH. Resolução nº 141, de 21 de março de 2014. **Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul – PERH/RS**. Diário Oficial do Estado. Porto Alegre, 28 de março de 2014.

_____. Decreto Estadual nº 52.931, de 07 de março de 2016. **Dispõe sobre os procedimentos para a Outorga do Direito de Uso da Água e obtenção de Alvará de Obra de Reservatórios em empreendimentos de irrigação, bem como sobre procedimentos para acompanhamento da Segurança de Barragens.** Diário Oficial do Estado. Porto Alegre, 8 de março de 2016a.

_____. CONSEMA. Resolução nº 323/2016. **Dispõe sobre os procedimentos de Licenciamento Ambiental dos empreendimentos de irrigação.** Diário Oficial do Estado. Porto Alegre, 21 de setembro de 2016b.

_____. CRH. Resolução nº 274, 06 de junho de 2018. **Estabelece critérios gerais de outorga de açudes e barragens.** Diário Oficial do Estado. Porto Alegre, 12 de junho de 2018.

_____. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SCP, 4ª edição, 2019. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

ROHDE, Geraldo M. **Estudos de Impacto Ambiental.** Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 42p. (Boletim técnico, 4)

ROSSATO, Maíra S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia.** 2011. 240p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS. Porto Alegre, 2011.

SAHIN, Sukran; KURUM, Ekrem. ***Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study-Seyhan Kopru Dam construction.*** *Journal of Environmental Management*, n. 66, pp. 239-247, 2002.

SAMUEL-ROSA, Alessandro et al. **Uso da terra no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.** *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 33, n. 1, pp.161-173, 2011.

SENA, Felipe T. N. de S; SANTIAGO NETO, Benvenuto J; LEITE, Antonio C. de S. **Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRTM na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da barragem Boa Esperança no Estado do Piauí.** 2012. 5 f. *In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.* Instituto Federal do Piauí, Recife, 2012.

SILVA, Silas et al. Análise de impactos ambientais gerados pela construção de uma barragem na Bacia do Médio Una, Taubaté, SP. *In: Seminário da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (SERHIDRO): O Eucalipto e o Ciclo Hidrológico*, 1, 2007, Taubaté. Anais... Taubaté: IPABHi, 2007. pp.43-50.

SUERTEGARAY, Dirce M. A.; SILVA, Luís A. P. da. Tchê Pampa: Histórias da Natureza Gaúcha. *In: PILLAR, Valério de P. et al. (Org.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: MMA, 2009. 403p. cap. 3. pp. 42-59.

TELLES, Dirceu D'A. Água e Ambiente. *In: _____*. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher; 2013. cap. 1. pp. 27-54.

_____; GÓIS, Josué S. de. Água e Ambiente. *In: _____*. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher; 2013. cap. 7. pp. 177-216.

TRIVELATO, Gilberto C. **Técnicas de modelagem e simulação de sistemas dinâmicos**. INPE. São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/07.08.08.27/doc/INPE%20-%209665%20-%20NTC.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

TUNDISI, José G. et al. Limnologia de Águas Interiores: Impactos, Conservação e Recuperação de Ecossistemas Aquáticos. *In: REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; _____* (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. cap. 1. pp. 1-35.

VENEZIANI, Yuri. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VERDUM, Roberto; BASSO, Luís Alberto; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (Org.). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 355p.

VOLCAN, Matheus V. **Ecologia e conservação de peixe anuais em áreas úmidas temporárias no sul do Brasil**. 2015. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, UFSM, Santa Maria, 2015.

VIERO, Ana C.; SILVA, Diogo R.A. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. 250p.; 30 cm + 1 DVD-ROM

WU, Gui P.; LIU, Yuan B. **Assessment of the Hydro-Ecological Impacts of the Three Gorges Dam on China's Largest Freshwater Lake**. *Remote Sens*, v. 9, 1069, 2017.

YERRAMILLI, Shuda. **Potential Impact of Climate Changes on the Inundation Risk Levels in a Dam Break Scenario**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, n. 2(1), pp. 110-134, 2013.

ANEXOS

Anexo A: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomas por tipologias campestres e florestais (nº de pixels)

RECLASSIFICAÇÃO 1 PARA PERDA DA VEGETAÇÃO NATIVA POR TIPOLOGIAS (POR PIXELS) MAPBIOMAS												
1985												
Rowid	LABEL	AND_	ARB	ARE	BAR	COS	CRI	ESP	GRA	LIT	SOL	
2		1	213667	12480	25267	38891	6204	161	425658	12416	2400194	4198
3		2	503707	50496	9065	36350	13042	10461	416357	248108	240365	166498
4		3	25043748	30413508	3180694	13949556	7616376	1056712	8118143	9205986	11138935	13406240
5		4	12879531	2961280	1979178	9520438	2083841	221797	6425140	3289859	11467867	1618874
6		5	506122	34075	2291	23445	4728	1414	37075	23021	854219	9940
	TOTAL		39146775	33471839	5196495	23568680	9724191	1290545	15422373	12779390	26101580	15205750
	% VEG_NAT		63,97%	90,86%	61,21%	59,19%	78,32%	81,88%	52,64%	72,04%	42,68%	88,17%
2000												
Rowid	LABEL	AND_	ARB	ARE	BAR	COS	CRI	ESP	GRA	LIT	SOL	
2		1	187082	14043	27190	39293	7123	36	235605	8129	2747179	2517
3		2	564044	66222	10941	58178	11428	20427	497627	289703	239217	252971
4		3	24643749	30505637	3402629	13104068	6544814	1131718	6398432	8454371	7812252	12383874
5		4	13215901	2843539	1752846	10336527	3154038	137050	8248401	4001839	14417118	2556841
6		5	534997	42569	2783	28847	6768	1598	42532	27056	886130	11427
	TOTAL		39145773	33472010	5196389	23566913	9724171	1290829	15422597	12781098	26101896	15207630
	%VEG_NAT		62,95%	91,14%	65,48%	55,60%	67,30%	87,67%	41,49%	66,15%	29,93%	81,43%
	%PERDA		-1,60%	0,30%	6,98%	-6,06%	-14,07%	7,10%	-21,18%	-8,16%	-29,87%	-7,63%
2015												
Rowid	LABEL	AND_	ARB	ARE	BAR	COS	CRI	ESP	GRA	LIT	SOL	
2		1	183895	16619	28043	32344	6180	51	259812	17524	2227463	5336
3		2	549102	56928	11847	76541	11287	18513	497271	376370	220533	278066
4		3	21404187	27932569	2885639	10248298	7219106	825339	5647302	7420433	10296199	12013412
5		4	16321468	5427078	2267096	13172946	2477673	444764	8977080	4937105	12324455	2898607
6		5	686292	38837	3734	36363	9880	2169	41037	29616	1033256	12207
	TOTAL		39144944	33472031	5196359	23566492	9724126	1290836	15422502	12781048	26101906	15207628
	%VEG_NAT		54,68%	83,45%	55,53%	43,49%	74,24%	63,94%	36,62%	58,06%	39,45%	79,00%
	%PERDA_2000		-13,15%	-8,43%	-15,19%	-21,79%	10,30%	-27,07%	-11,74%	-12,23%	31,80%	-2,99%

Anexo B: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomias por bacias hidrográficas (nº de pixels)

RECLASSIFICAÇÃO 1 PARA AUMENTO DE BARRAGENS E AÇÚDES POR BACIA HIDROGRÁFICA (POR PIXELS) MAPBIOMAS																						
1985																						
Rowid	LABEL	U070	U080	L040	G060	G030	G010	U090	U040	U110	G050	G090	L050	G070	L030	G080	G040	U060	U050	L010	L020	G020
1	1	36193	1399	1405938	11289	5703	3509	0	51748	28942	246	2443	0	85747	72605	24827	13890	20109	428827	453543	486302	2513
2	2	229471	60581	169668	134250	4390	14260	4074	19533	128788	5421	1883	0	204898	121151	33900	9604	129062	387525	17969	14934	2783
3	3	13279417	2548318	19427211	7183643	459596	789550	1227487	4082541	5261105	994771	171653	1273	10247990	18875762	1761776	651755	6178393	26294354	632601	2676611	388038
4	4	3869305	660491	7001896	4083502	219000	653521	1743471	4010719	3435286	1615397	269940	978	4805195	4873676	765279	319605	1043471	9000070	388296	3469912	224484
5	5	24657	20105	305017	27851	12065	147625	370	8893	10799	2431	6601	1234	34386	45193	131497	2902	3565	49011	131482	400368	130969
	TOTAL	17439043	3290894	28309730	11440535	700754	1608465	2975402	8173434	8864920	2618266	452520	3485	15378216	23988387	2717279	997756	7374600	36159787	1623891	7048127	748787
	%BARRA_AÇU	1,32%	1,84%	0,60%	1,17%	0,63%	0,89%	0,14%	0,24%	1,45%	0,21%	0,42%	0,00%	1,33%	0,51%	1,25%	0,96%	1,75%	1,07%	1,11%	0,21%	0,37%
2000																						
Rowid	LABEL	U070	U080	L040	G060	G030	G010	U090	U040	U110	G050	G090	L050	G070	L030	G080	G040	U060	U050	L010	L020	G020
1	1	26878	1383	1746774	8806	4787	8301	0	52299	27513	375	1015	0	77854	76149	23234	13393	8028	244620	458536	487579	2232
2	2	286245	58847	205697	160294	4252	17454	6255	27854	181418	8199	1603	0	195801	131417	33788	7579	160101	498487	7404	14998	3054
3	3	12931963	2402823	17595847	7533781	400985	825715	908808	4085585	4990423	785072	181351	1510	9827424	17383848	1327790	638677	5569546	24307286	645481	1706755	337062
4	4	4162336	803454	8438191	3698045	278516	606875	2059824	3997868	3653592	1821538	258615	723	5237048	6340902	1206290	333067	1632043	11050797	379269	4431701	271383
5	5	31585	24402	323335	39702	12227	150078	469	9861	12007	3111	9951	1267	40231	56150	126226	5039	4796	58560	133217	407084	135024
	TOTAL	17439007	3290909	28309844	11440628	700767	1608423	2975356	8173467	8864953	2618295	452535	3500	15378358	23988466	2717328	997755	7374514	36159750	1623907	7048117	748755
	%BARRA_AÇU	1,64%	1,79%	0,73%	1,40%	0,61%	1,09%	0,21%	0,34%	2,05%	0,31%	0,35%	0,00%	1,27%	0,55%	1,24%	0,76%	2,17%	1,38%	0,46%	0,21%	0,41%
	%AUMENTO	24,74%	-2,86%	21,24%	19,40%	-3,14%	22,40%	53,53%	42,60%	40,87%	51,25%	-14,87%	0,00%	-4,44%	8,47%	-0,33%	-21,08%	24,05%	28,63%	-58,80%	0,43%	9,74%
2015																						
Rowid	LABEL	U070	U080	L040	G060	G030	G010	U090	U040	U110	G050	G090	L050	G070	L030	G080	G040	U060	U050	L010	L020	G020
1	1	27386	3982	1297849	7100	5579	6652	0	47716	29020	0	31	0	83733	68849	23875	12996	7889	267850	450884	433793	2575
2	2	342202	97500	180684	163924	5104	21068	12818	32989	168897	10430	2887	0	171740	112031	26813	9008	178849	518148	8903	29692	3065
3	3	11451573	2235206	17735604	6106277	381362	901420	638419	3573914	4837098	431806	159304	1501	8343541	17232367	1437593	503177	5418997	20725002	690390	2792465	302709
4	4	5586964	927880	8630902	5114877	289957	489101	2323478	4507258	3817490	2171651	275220	722	6724716	6516238	1070260	464237	1764266	14584554	331770	3392943	262249
5	5	30866	26320	464804	48282	18755	190226	737	11596	12451	4390	15053	1282	54669	58935	158746	8345	4484	64186	141987	399150	178155
	TOTAL	17438991	3290888	28309843	11440460	700757	1608467	2975452	8173473	8864956	2618277	452495	3505	15378399	23988420	2717287	997763	7374485	36159740	1623934	7048043	748753
	%BARRA_AÇU	1,96%	2,96%	0,64%	1,43%	0,73%	1,31%	0,43%	0,40%	1,91%	0,40%	0,64%	0,00%	1,12%	0,47%	0,99%	0,90%	2,43%	1,43%	0,55%	0,42%	0,41%
	%AUMENTO_2000	19,55%	65,68%	-12,16%	2,26%	20,04%	20,71%	104,92%	18,44%	-6,90%	27,21%	80,10%	0,00%	-12,29%	-14,75%	-20,64%	18,85%	11,71%	3,94%	20,25%	97,97%	0,36%
	%AUMENTO_1985	49,13%	60,94%	6,49%	22,10%	16,26%	47,74%	214,63%	68,89%	31,14%	92,40%	53,32%	0,00%	-16,18%	-7,53%	-20,91%	-6,21%	38,58%	33,71%	-50,45%	98,82%	10,13%

Anexo C: Dados para a Reclassificação 1 do MapBiomias por COREDE (nº de pixels)

RECLASSIFICAÇÃO 1 PARA AUMENTO DA ÁREA AGRÍCOLA POR COREDES (POR PIXELS) MAPBIOMAS																		
1985																		
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT	
2		1	141	8797	12021	69013	470878	24870	795898	122795	33866	0	1513516	2572	44891	6806	24959	4775
3		2	4984	212131	47846	128622	745151	105798	26654	33592	17074	1222	191260	2233	47731	3362	125661	1362
4		3	742352	16810251	5858966	7476593	37057366	3843989	1862830	2780955	4430148	608386	27085043	331175	7942204	462663	5632399	204199
5		4	1191209	3156050	3888654	3770881	12812978	3430983	2629347	2000840	4113758	668219	9224334	139707	2898346	258079	2158106	109978
6		5	130	41188	18773	43927	72475	16646	415651	261889	9282	243	429010	7800	11660	155586	11621	1854
	TOTAL		1938816	20228417	9826260	11489036	51158848	7422286	5200071	5730380	8604128	1278070	38443163	483487	10944832	886496	7952746	322168
	%AGROPEC		61,44%	15,60%	39,57%	32,82%	25,05%	46,23%	38,48%	45,88%	47,81%	52,28%	23,99%	28,90%	26,48%	29,11%	27,14%	34,14%
2000																		
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT	
2		1	185	8661	6374	71102	279395	22044	791874	123073	35869	0	1861131	1935	36069	5838	20954	4399
3		2	6835	240344	67093	146121	951981	129368	15272	35706	25031	2457	221613	2285	64318	3450	97600	1253
4		3	512606	16473937	5434886	5741237	34259507	4230703	1550151	2553663	4627557	468573	24239602	300252	7889244	371498	5531449	199455
5		4	1418566	3455091	4288851	5477696	15582417	3020604	2961028	2228486	3904841	806689	11666589	170232	2940043	344787	2283836	114010
6		5	383	51036	28991	52964	87787	19345	412447	258898	10208	283	455668	8685	14941	160863	18620	3036
	TOTAL		1938575	20229069	9826195	11489120	51161087	7422064	5730772	5199826	8603506	1278002	38444603	483389	10944615	886436	7952459	322153
	%AGROPEC		73,18%	17,08%	43,65%	47,68%	30,46%	40,70%	51,67%	42,86%	45,39%	63,12%	30,35%	35,22%	26,86%	38,90%	28,72%	35,39%
	%AUMENTO		19,09%	9,48%	10,29%	45,26%	21,61%	-11,96%	47,99%	-15,25%	-5,08%	20,72%	26,48%	21,85%	1,44%	33,60%	5,83%	3,67%
2015																		
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT	
2		1	0	18882	4292	68425	301112	22849	752199	120383	30873	0	1391397	1825	34281	6377	19374	4350
3		2	8845	319930	73734	120214	994923	117293	28575	40293	36386	3960	190656	2914	61309	3840	92373	1380
4		3	293015	15153761	3359674	6072339	31324861	3284856	1985726	2724785	4260286	326352	25227678	286397	6613794	341237	4478136	164889
5		4	1636525	4685340	6350983	5161271	18451918	3974117	2544106	1985323	4264816	947389	11042338	178645	4216728	325945	3336419	146333
6		5	530	50780	38091	66797	87590	23071	420224	329324	11753	381	591955	13681	18910	209149	26746	5265
	TOTAL		1938915	20228693	9826774	11489046	51160404	7422186	5730830	5200108	8604114	1278082	38444024	483462	10945022	886548	7953048	322217
	%AGROPEC		84,40%	23,16%	64,63%	44,92%	36,07%	53,54%	44,39%	38,18%	49,57%	74,13%	28,72%	36,95%	38,53%	36,77%	41,95%	45,41%
	%AUMENTO_2000		15,36%	35,61%	48,08%	-5,78%	18,41%	31,57%	-14,08%	-10,91%	9,22%	17,44%	-5,35%	4,94%	43,42%	-5,46%	46,09%	28,35%
	%AUMENTO_1985		37,38%	48,46%	63,32%	36,87%	44,01%	15,83%	27,15%	-24,49%	3,67%	41,78%	19,71%	27,87%	45,49%	26,30%	54,60%	33,06%

Anexo D: Dados para a Reclassificação 2 do MapBiomias por COREDE (nº de pixels)

RECLASSIFICAÇÃO 2 PARA DIMINUIÇÃO DA ÁREA DE PECUÁRIA POR COREDE (POR PIXELS) MAPBIOMAS																	
1985																	
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT
2	1	191738	2412733	1127999	4127344	4937259	1229509	2113131	1744048	1251323	172187	12588220	193184	1322536	421111	2266283	88481
3	2	665858	17621967	5724641	4881181	39587125	3411205	1493931	1973238	3908418	528220	21954303	205174	7970720	307367	4484639	157200
4	3	1369280	3714653	4496524	4412355	14857923	3998549	3073827	2326926	4721489	766384	10946034	161822	3352681	299477	2516710	127729
	TOTAL	2035138	21336620	10221165	9293536	54445048	7409754	4567758	4300164	8629907	1294604	32900337	366996	11323401	606844	7001349	284929
	%PEC	32,72%	82,59%	56,01%	52,52%	72,71%	46,04%	32,71%	45,89%	45,29%	40,80%	66,73%	55,91%	70,39%	50,65%	64,05%	55,17%
2000																	
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT
2	1	191088	2522571	1100625	3173417	5172135	1263226	1913544	1709341	1364877	158619	11671005	144833	1410670	412396	2176753	71190
3	2	405938	17155721	5293389	3835025	36136262	3854756	1302642	1738591	4041348	382783	19969754	217537	7832151	214971	4426525	169714
4	3	1629885	4071025	4955150	6412545	18073961	3521325	3464757	2596285	4475019	925378	13847754	197810	3403182	400588	2664474	132506
	TOTAL	2035823	21226746	10248539	10247570	54210223	7376081	4767399	4334876	8516367	1308161	33817508	415347	11235333	615559	7090999	302220
	%PEC	19,94%	80,82%	51,65%	37,42%	66,66%	52,26%	27,32%	40,11%	47,45%	29,26%	59,05%	52,37%	69,71%	34,92%	62,42%	56,16%
	%DIMINUIÇÃO	-39,04%	-2,65%	-7,53%	-21,43%	-8,72%	13,00%	-12,80%	-11,89%	3,40%	-27,53%	-9,04%	6,03%	-1,74%	-30,06%	-1,30%	7,96%
2015																	
Rowid	LABEL	AJ	CAMPANHA	CENTRAL	CS	FO	JC	LITORAL	MET	MISSÕES	NC	SUL	VDC	VDJ	VDRS	VDRP	VDT
2	1	179837	3082449	1092668	4047436	5792666	1399554	2221923	2148672	1382741	156614	12963241	212324	1527274	504794	2520643	146761
3	2	166473	15154935	2921691	3334357	32186007	2606997	1483338	1583791	3613150	223326	19429936	140349	6242430	144294	2856125	56756
4	3	1880596	5511872	7334769	6039119	21403571	4632754	2975629	2311749	4885368	1086858	13095361	207507	4876278	378867	3890985	169893
	TOTAL	2047069	20666807	10256460	9373476	53589578	7239751	4458967	3895540	8498518	1310184	32525297	347856	11118708	523161	6747110	226649
	%PEC	8,13%	73,33%	28,49%	35,57%	60,06%	36,01%	33,27%	40,66%	42,52%	17,05%	59,74%	40,35%	56,14%	27,58%	42,33%	25,04%
	%DIMIN_2000	-58,99%	-11,66%	-44,80%	-13,06%	-10,93%	-32,37%	13,87%	-8,90%	-10,60%	-41,66%	-2,70%	-35,48%	-20,30%	-32,88%	-35,48%	-66,56%
	%DIMIN_1985	-75,00%	-14,00%	-48,96%	-31,69%	-18,70%	-23,58%	-0,71%	-19,74%	-7,55%	-57,72%	-11,50%	-31,60%	-21,68%	-53,05%	-36,31%	-63,90%

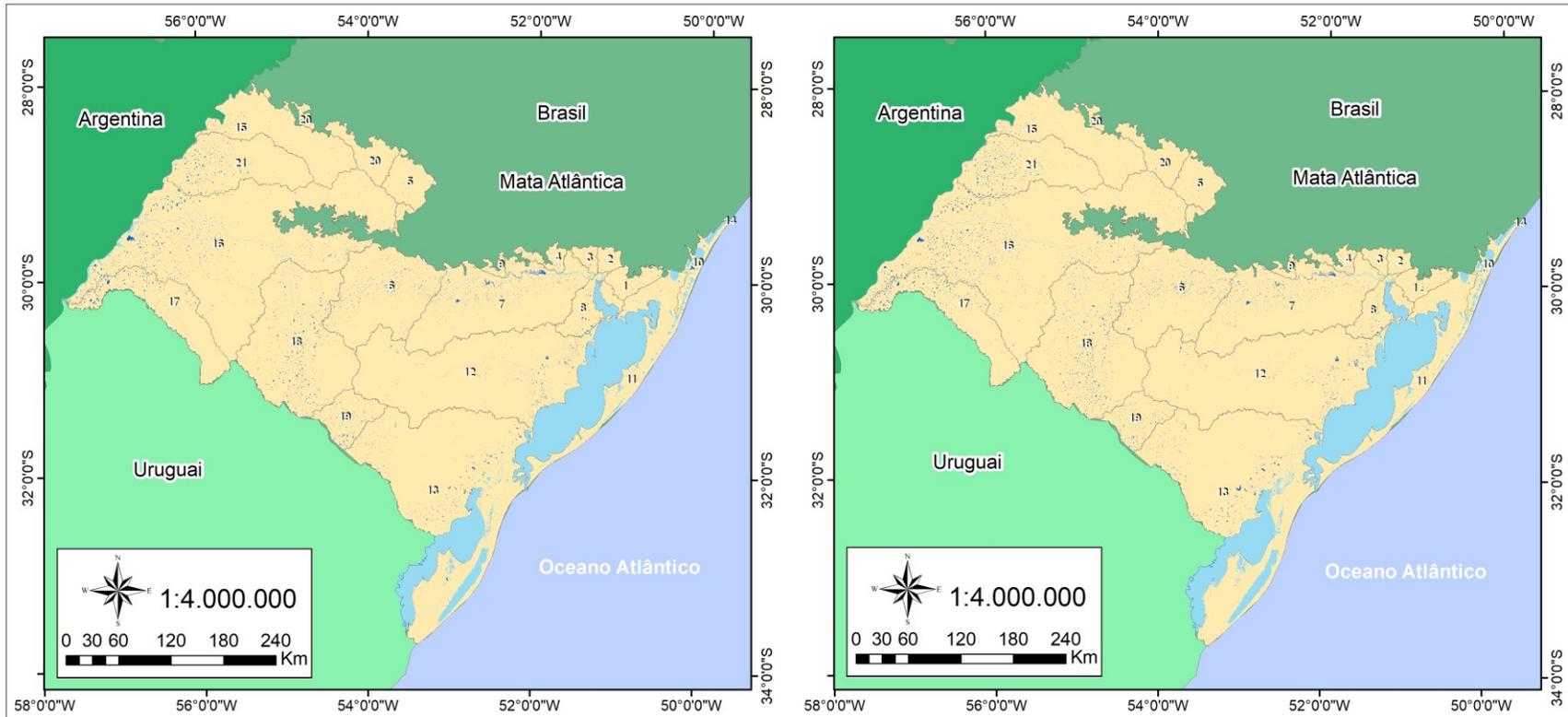
Anexo E: Dados de disponibilidade/uso de águas superficiais por bacia hidrográfica (ECOPLAN, 2013)

Balancos Hídricos: Disponibilidades versus Consumos para as Bacias Hidrográficas (ECOPLAN, 2013)			
Bacia Hidrográfica	Consumo Méd. Anual / Dispon. Méd. Anual	Consumo Méd. Anual / Dispon. Mín. Anual (Q95%)	Consumo Verão /Dispon. Méd. Verão
Gravataí (G10)	5,40%	43,30%	39,60%
Sinos (G20)	3,20%	37,30%	11,50%
Caí (G30)	1,60%	23,90%	7,40%
Taquari - Antas (G40)	0,70%	9,70%	2,60%
Alto Jacuí (G50)	0,60%	7,40%	2,50%
Vacacaí – Vacacaí-Mirim (G60)	3,20%	95,40%	33,20%
Baixo Jacuí (G70)	0,90%	10,00%	7,00%
Lago Guaíba (G80)	0,30%	3,20%	1,70%
Pardo (G90)	1,60%	32,00%	10,70%
Região Hidrográfica (Guaíba)	2,20%	23,30%	14,30%
Tramandaí (L10)	2,60%	5,30%	8,90%
Litoral Médio (L20)	7,00%	14,40%	27,10%
Camaquã (L30)	1,60%	29,90%	14,80%
Mirim – São Gonçalo (L40)	4,60%	78,60%	33,60%
Mampituba (L50)	13,00%	26,90%	51,00%
Região Hidrográfica (Litoral)	3,30%	30,50%	24,20%
Piratinim (U40)	0,80%	9,30%	4,80%
Ibicuí (U50)	2,30%	49,10%	19,70%
Quarai (U60)	1,30%	29,90%	8,60%
Santa Maria (U70)	1,50%	28,10%	12,30%
Negro (U80)	1,30%	43,30%	10,20%
Ijuí (U90)	0,60%	4,20%	2,50%
Butuí - Icamaguã (U110)	9,30%	111,10%	77,40%
Região Hidrográfica (Uruguai)	1,90%	25,10%	12,40%

Anexo F: Mapas de Barragens e Açudes para os anos de 1985 e 2000 (aproximar para melhor visualização).

Barragens e Açudes 1985

Barragens e Açudes 2000



Barragens e Açudes 1985
AUTORIA E SUPERVISÃO TÉCNICA: Fernando Pires Pinto
ELABORAÇÃO CARTOGRÁFICA Fernando Pires Pinto
FONTES MapBiomias, Ecoplan e LabGeo

Legenda
Outros Corpos d'Água
Barragens e Açudes
PROJEÇÃO: Lambert Conformal Conic SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000 DATUM: D. SIRGAS_2000 UNIDADE: Graus

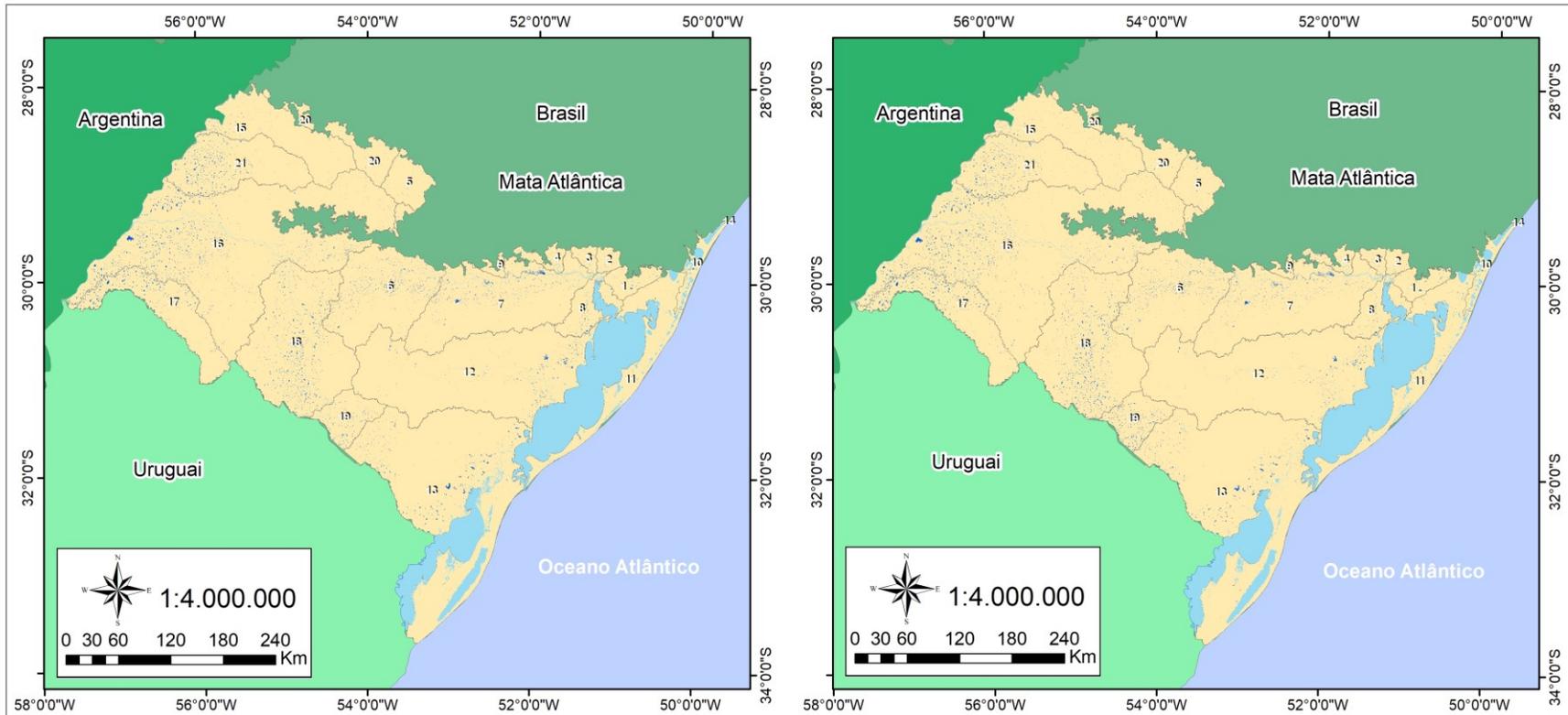
Bacias Hidrográficas			
1 - Gravataí	7 - Baixo Jacuí	13 - Mirim - São Gonçalo	19 - Negro
2 - Sinos	8 - Lago Guaíba	14 - Mampituba	20 - Ijuí
3 - Caí	9 - Pardo	15 - Piratinim	21 - Butuí - Icamaquã
4 - Taquari-Antas	10 - Tramandaí	16 - Ibicuí	
5 - Alto Jacuí	11 - Litoral Médio	17 - Quaraí	
6 - Vacacaí - Vacacaí-Mirim	12 - Camaquã	18 - Santa Maria	

Barragens e Açudes 2000
AUTORIA E SUPERVISÃO TÉCNICA: Fernando Pires Pinto
ELABORAÇÃO CARTOGRÁFICA Fernando Pires Pinto
FONTES MapBiomias, Ecoplan e LabGeo

Anexo G: Mapas de Barragens e Açudes para os anos de 2000 e 2015 (aproximar para melhor visualização).

Barragens e Açudes 2000

Barragens e Açudes 2015



Barragens e Açudes 2000	Legenda	Bacias Hidrográficas	Barragens e Açudes 2015
AUTORIA E SUPERVISÃO TÉCNICA: Fernando Pires Pinto	 Outros Corpos d'Água  Barragens e Açudes	1 - Gravataí 7 - Baixo Jacuí 13 - Mirim - São Gonçalo 19 - Negro 2 - Sinos 8 - Lago Guaíba 14 - Mampituba 20 - Ijuí 3 - Caiá 9 - Pardo 15 - Piratiningim 21 - Butuí - Icamaguã 4 - Taquari-Antas 10 - Tramandaí 16 - Ibicuí 5 - Alto Jacuí 11 - Litoral Médio 17 - Quaraí 6 - Vacacaí - Vacacaí-Mirim 12 - Camaquã 18 - Santa Maria	AUTORIA E SUPERVISÃO TÉCNICA: Fernando Pires Pinto
ELABORAÇÃO CARTOGRÁFICA Fernando Pires Pinto	PROJEÇÃO: Lambert Conformal Conic SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000 DATUM: D_SIRGAS_2000 UNIDADE: Graus		ELABORAÇÃO CARTOGRÁFICA Fernando Pires Pinto
FONTES MapBiomass, Ecoplan e LabGeo			FONTES MapBiomass, Ecoplan e LabGeo

Anexo H: Contagem de Barragem e Açudes por Bacias Hidrográficas Maiores e Menores que 1 pixel para os anos de 1985, 2000 e 2015 e a Soma das suas Áreas

1985	Gravataí	Sinos	Caí	Taquari-Antas	Alto Jacuí	Vacacai-Vacacai Mirim	Baixo Jacuí	Lago Guaíba	Pardo	Tramandaí	Litoral Médio
Count	408	285	142	249	298	2827	3797	710	104	94	343
Minimum	0,049569	0,049778	0,049714	0,049717	0,050074	0,049291	0,049272	0,049384	0,049690	0,049519	0,048678
Maximum	90,179766	17,992058	62,347163	131,635192	5,281193	157,380201	1345027,521520	328,221749	7,315554	1005,695080	82,947989
Sum	1027,575625	173,697048	317,552022	729,362613	240,527219	11131,005386	2701615,052329	2717,620060	118,692912	1332,235123	418,855953
Mean	2,518568	0,609463	2,236282	2,929167	0,807138	3,937391	711,513050	3,827634	1,141278	14,172714	1,221154
SD	7,663505	1,540437	7,350452	9,286135	0,826788	9,197041	30861,039255	20,190293	1,325591	104,337769	5,177197
<1 pixel	275	252	92	131	210	1446	2283	419	66	80	278
Relevantes	133	33	50	118	88	1381	1514	291	38	14	65

1985	Camaquã	Mirim-São Gonçalo	Mampituba	Piratinim	Ibicuí	Quaraí	Santa Maria	Negro	Ijuí	Butuí-Icamaquã	SOMA
Count	3091	3698	0	424	4475	840	2292	716	335	1010	9257
Minimum	0,048934	0,047899	0,000000	0,053651	0,049646	0,049489	0,049009	0,048834	0,050242	0,050099	
Maximum	823,172449	490,599621	0,000000	59,318005	2828,398039	980,609086	353,831970	211,207679	16,561108	277,840137	
Sum	9819,897291	12274,277028	0,000000	1465,511434	32087,926966	11055,202683	19526,858935	5196,829058	270,622518	11088,216863	2719822,18
Mean	3,176932	3,319166	0,000000	3,456395	7,170486	13,160956	8,519572	7,258141	0,807828	10,978433	744,91
SD	18,455212	18,721263	0,000000	8,433354	48,437320	50,058364	23,412082	20,050634	1,376381	27,996436	
<1 pixel	2042	2779		261	2765	507	1302	446	264	497	5532
Relevantes	1049	919	0	163	1710	333	990	270	71	513	3725

2000	Gravataí	Sinos	Caí	Taquari-Antas	Alto Jacuí	Vacacai-Vacacai Mirim	Baixo Jacuí	Lago Guaíba	Pardo	Tramandaí	Litoral Médio
Count	512	303	195	409	446	3292	3994	1005	85	3	165
Minimum	0,057634	0,057634	0,061603	0,057634	0,061588	0,057634	0,057634	0,057634	0,061603	37,718498	0,057656
Maximum	186,113007	10,836400	40,462399	47,622398	11,172900	350,427002	3463,090088	310,615997	6,586950	236,822998	38,665501
Sum	1197,447416	188,677750	279,972960	534,204087	412,771559	13043,914902	15911,629368	2582,197445	93,776360	395,043495	213,565959
Mean	2,338764	0,622699	1,435759	1,306122	0,925497	3,962307	3,983883	2,569351	1,103251	131,681165	1,294339
SD	11,425556	1,249887	4,011189	3,139996	1,176509	10,723267	58,692070	14,712820	1,195589	81,667541	4,212142
<1 pixel	377	261	139	290	320	1639	2450	705	56	0	134
Relevantes	135	42	56	119	126	1653	1544	300	29	3	31

2000	Camaquã	Mirim-São Gonçalo	Mampituba	Piratinim	Ibicuí	Quaraí	Santa Maria	Negro	Ijuí	Butuí-Icamaquã	SOMA
Count	3024	2234	0	556	5572	1084	3371	981	498	1601	18921
Minimum	0,057656	0,057656	0,000000	0,057634	0,057634	0,057634	0,057634	0,057656	0,057634	0,057634	
Maximum	1228,540039	1572,550049	0,000000	72,095596	2356,310059	809,669983	352,210999	155,143997	26,670099	319,464996	
Sum	10443,207776	14434,069866	0,000000	2067,876451	41585,113371	13719,959109	24099,312615	4897,224714	396,991752	15417,296685	127061,05
Mean	3,453442	6,461088	0,000000	3,719202	7,463229	12,656789	7,149010	4,992074	0,797172	9,629792	56,32
SD	25,691288	41,965016	0,000000	8,329125	38,504369	39,631310	19,023457	12,385355	1,770490	25,478259	
<1 pixel	2146	1577		326	3384	641	3384	634	390	858	9956
Relevantes	878	657	0	230	2188	443	3371	347	108	743	8965

2015	Gravataí	Sinos	Cai	Taquari-Antas	Alto Jacuí	Vacacai-Vacacai Mirim	Baixo Jacuí	Lago Guaíba	Pardo	Tramandaí	Litoral Médio
Count	579	294	225	300	444	3264	3641	826	234	79	881
Minimum	0,057634	0,057656	0,057656	0,057634	0,057656	0,057634	0,057634	0,057634	0,061603	0,057634	0,057634
Maximum	418,592010	9,833260	50,895302	109,635002	88,565201	351,269989	3157,899902	292,011993	35,510399	222,824997	50,682800
Sum	1568,013918	183,842568	345,942073	644,996565	615,514757	13503,577805	13927,742664	2086,830602	204,681806	535,693983	1793,983791
Mean	2,708141	0,625315	1,537520	2,149989	1,386294	4,137126	3,825252	2,526429	0,874709	6,780936	2,036304
SD	19,295152	1,014601	4,202626	7,344093	4,552371	11,095399	55,948022	14,278675	2,583537	29,449309	5,786679
<1 pixel	433	244	158	186	288	1612	2260	569	193	61	639
Relevantes	146	50	67	114	156	1652	1381	257	41	18	242
2015	Camaquã	Mirim-São Gonçalo	Mampituba	Piratinim	Ibicuí	Quaraí	Santa Maria	Negro	Ijuí	Butuí-Icamaquã	SOMA
Count	2700	2502	0	821	5794	1099	3243	783	444	1405	10767
Minimum	0,057656	0,057656	0,000000	0,061588	0,057634	0,057634	0,057634	0,057656	0,061587	0,057634	
Maximum	1165,410034	1449,979980	0,000000	74,937897	2454,550049	865,500000	296,821014	194,460999	42,956699	269,147003	
Sum	8939,394472	13774,266580	0,000000	2541,429769	43299,597197	15433,708323	28817,692154	8327,461529	833,340254	14420,052094	35410,82
Mean	3,310887	5,505302	0,000000	3,095530	7,473179	14,043411	8,886122	10,635328	1,876892	10,263382	28,59
SD	25,074163	36,196977	0,000000	6,467958	38,671700	41,432674	21,761790	21,791410	4,127616	25,150307	
<1 pixel	1871	1707		477	3415	614	1952	413	278	670	6643
Relevantes	829	795	0	344	2379	485	1291	370	166	735	4124