



CEPSRM

CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS
EM SENSORIAMENTO REMOTO
E METEOROLOGIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

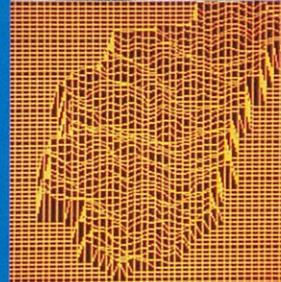
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DO SOLO NO REFÚGIO
DA VIDA SILVESTRE BANHADO DOS PACHECOS E
ENTORNO

DANIEL DUARTE DAS NEVES

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. TATIANA SILVA DA SILVA

PORTO ALEGRE / RS, 2018



Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Campus do Vale
Fones: (5551) 316.6221 - 316.6858 - Fax: (5551) 319.1533
Caixa Postal 15044 - CEP 90501-970 - Porto Alegre - RS
<http://www.srm.ufrgs.br> - e-mail: cepsrm@srm.ufrgs.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E
METEOROLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DO SOLO NO REFÚGIO DA VIDA SILVESTRE
BANHADO DOS PACHECOS E ENTORNO

DANIEL DUARTE DAS NEVES

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. TATIANA SILVA DA SILVA

PORTO ALEGRE / RS

2018

DANIEL DUARTE DAS NEVES

**MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DO SOLO NO REFÚGIO DA VIDA SILVESTRE
BANHADO DOS PACHECOS E ENTORNO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto para a obtenção do grau de Mestre em Sensoriamento Remoto.

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. TATIANA SILVA DA SILVA

PORTO ALEGRE / RS

2018

DANIEL DUARTE DAS NEVES

**MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DO SOLO NO REFÚGIO DA VIDA SILVESTRE
BANHADO DOS PACHECOS E ENTORNO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto para a obtenção do grau de Mestre em Sensoriamento Remoto.

PROFª DR.ª FLÁVIA CRISTIANE FARINA (UFRGS)

PROF. DR. CARLOS GUSTAVO TORNQUIST (PPGSR/UFRGS)

PROFª. DRª. KÁTIA KELLEM DA ROSA (PPGSR/UFRGS)

PORTO ALEGRE / RS

2018

The mind that opens to a new idea
never returns to its original size
Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

À Deus e ao meu anjo da guarda que me guiam pelos caminhos da vida.

À minha esposa, Daniele Arizi, por esses quase 20 anos juntos, onde compartilhamos os mais diversos sentimentos e sensações que a vida poderia nos proporcionar.

Ao meu filho, Bruno Arizi das Neves, que com o seu nascimento e em tão pouco tempo foi capaz de mudar completamente as minhas prioridades na vida.

À minha mãe, Daese de Almeida Duarte, que fez diversos sacrifícios para que eu pudesse ter acesso a uma faculdade de completar o ensino superior, dessa forma mudando completamente as minhas perspectivas.

À minha irmã, Cristina Duarte das Neves pelo exemplo de vida e de superação que ela me dá, pois a pesar de tudo nunca a vi reclamando dos obstáculos a vida lhe apresentou.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a Tatiana Silva da Silva, por seus conselhos, orientações e profissionalismo.

Ao PPGRS e a UFRGS por proporcionar um ensino público e de qualidade.

À Ecoplan Engenharia, por ter me abrigado e confiado no meu potencial, onde hoje me sinto parte desta grande família. Especialmente à Eng. Civil Sandra Sontagg, por ser um exemplo de gerenciamento de equipe e competência, em um mercado de trabalho dominado por homens.

À FZB e o seu laboratório de geoprocessamento, por proporcionar o contato com diversos projetos conservacionistas, possibilitando assim meu aperfeiçoamento profissional, além das amizades de Ricardo Aranha Ramos e Arlete Pasqualetto.

Ao grupo empresarial IMAGEM, por proporcionar o início do meu aprendizado nas áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

À ULBRA, por possibilitar uma formação adequada na área da Geografia.

RESUMO

As Unidades de Conservação (UC) são espaços territoriais com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas. A Legislação Brasileira instituiu no ano de 2000 o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Dentre os diversos ambientes encontrados em território nacional, o Pampa tem uma representatividade de apenas 0,4% de sua área protegida, conforme consta no SNUC. O Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) é uma UC de proteção integral estadual, localizada no Rio Grande do Sul e no Bioma Pampa, com uma área de 2.560 ha e representa cerca de 3,5% de todas as UC's de proteção integral desse bioma. O RVSBP criada no ano de 2002, e ainda não possui plano de manejo, bem como carece de maiores investimentos e atenção. O uso de imagens de satélites como subsídio aos estudos ambientais já está consolidado e a interpretação destas imagens, a partir de diversos métodos, para classificar o uso e cobertura da terra, tem se tornado uma constante, munindo os pesquisadores de informações dos diversos processos que possam estar ocorrendo em uma determinada área de estudo, inclusive monitorando as mudanças ao longo do tempo. Os objetivos desta dissertação são os de verificar as mudanças no uso e cobertura do solo ocorridas entre 2001 e 2017 no RVSBP e em seu entorno direto de 10km, baseando-se na análise de imagens de satélite. Para tanto serão mapeadas as classes de uso e cobertura do solo, a partir de imagens dos satélites LANDSAT 5 – Sensor TM, LANDSAT 7 – Sensor ETM+ e LANDSAT 8 – Sensor OLI, para os anos de 2001, 2009 e 2017. O método de detecção das mudanças no uso e cobertura do solo aplicada foi a técnica de comparação pós-classificação para uma melhor compreensão das interações entre os fenômenos naturais e as atividades humanas. Essa técnica foi aplicada para os períodos de 2001 a 2009, de 2009 a 2017 e de 2001 a 2017. Para o período de 2001 a 2009 as mudanças ocorreram em 17,5% da área de estudo e em 19,9% do RVSBP. Para o período de 2009 a 2017 as mudanças ocorreram em 22,8% da área de estudo e em 23,9% do RVSBP. Para o período de 2001 a 2017 as mudanças ocorreram em 24% da área de estudo e em 32% do RVSBP. Dentre esses 32% a classe que apresentou os maiores acréscimos de área foram as classes de Agricultura – Arroz e de Associação de Sítio e produtores rurais, que respectivamente compreendem áreas de 410 hectares e de 135 hectares. As classes que foram mais impactadas com perda de área foram as classes Banhado e Vegetação Arbórea, que respectivamente compreendem áreas de 435 hectares e de 173 hectares. A análise de detecção de mudanças se mostrou efetiva como uma forma de monitoramento sistemático do uso e cobertura do solo do RVSBP e entorno, trazendo elementos importantes para a gestão da UC.

Palavra-chave: Sensoriamento Remoto, Classificação de Imagens, Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, Unidade de Conservação, Detecção de Mudança.

ABSTRACT

Conservation Units (UC) are territorial spaces with relevant natural characteristics, which have a role of ensuring the representativeness of significant and ecologically viable samples of different populations, habitats and ecosystems. Brazilian legislation established in 2000 the National System of Nature Conservation Units (SNUC). Among the several environments found in the national territory, the Pampa has a representation of only 0,4% of its own protected area, according to SNUC. The Wildlife Refuge Banhado dos Pachecos (RVSBP) is a state UC of integral protection, located in Rio Grande do Sul and Bioma Pampa, with 2.560 ha and comprises about 3,5% of all integral protection UC of this biome. RVSBP was created in 2002, still does not have a management plan, and lacks greater investments and attention. The use of satellite images to support environmental studies is already consolidate and the interpretation of these images, using different methods, to classify land and use cover, has become a constant, providing researchers with information on the various processes that may be occurring in a particular study area, including monitoring changes over time. The objective of this dissertation is to verify the changes in the land use and cover occurred between 2001 and 2017 in RVSBP and in its surrounds of 10km, based on the analysis of satellite images. Therefore, the land and use coverage classes were mapped using images from the LANDSAT 5 - Sensor TM, LANDSAT 7 - ETM + and LANDSAT 8 - OLI Sensor, for the years 2001, 2009 and 2017. The method of detecting changes in land use and cover was the post-classification comparison technique for a better understanding of the interactions between natural phenomena and human activities. This technique was applied for the periods from 2001 to 2009, from 2009 to 2017, and from 2001 to 2017. For the period 2001 to 2009 the changes occurred in 17,5% of the whole study area and in 19,9% of RVSBP. For the period from 2009 to 2017, changes occurred in 22,8% of the whole study area and 23,9% of RVSBP. For the period from 2001 to 2017, changes occurred in 24% of the whole study area and 32% of RVSBP. Among these 32%, the class with the greatest increases in area were Agriculture – Rice crops and Site Association of Rural Producers, which respectively comprises areas of 410 hectares and 135 hectares. The classes that were most impacted with loss of area were the class Weands and Arboreal Vegetation, which respectively comprise areas of 435 and 173 hectares. The change detection analysis was effective as a way of systematically monitoring the land use and coverage of RVSBP and surroundings, bringing important elements to the management of the UC.

Keywords: Remote Sensing, Image Classification, Wildlife Refuge Banhado dos Pachecos, Conservation Unit, Change Detection.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Paisagens e Sistema de Unidades de Conservação no Sul do Brasil.	3
2.1.1	O Bioma Pampa: Caracterização da Paisagem no RS	3
2.1.2	Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos: Marco Legal.....	4
2.2	Geoprocessamento Aplicado à Análise de Mudanças	6
2.2.1	LANDSAT e o Monitoramento Contínuo de Recursos Terrestres.....	6
2.2.2	Métodos de Mapeamento para a Análise de Mudanças	7
2.2.3	Deteção de mudança no uso e cobertura do solo.....	11
3	OBEJTIVO	13
4	METODOLOGIA.....	14
4.1	Área de Estudo	14
4.2	Classificação de Imagens	17
4.2.1	Área de Cobertura Natural	24
4.2.2	Área de Uso Antrópico	25
4.3	Deteção de Mudanças e Avaliação de Seus Impactos.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	Classificação do Uso e Cobertura do Solo para o Ano de 2001	28
5.2	Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2009.....	30
5.3	Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2017.....	32
5.4	Análise da comparativa do uso e cobertura do solo.....	34
5.5	Deteção das mudanças entre o ano 2001 e 2009	35
5.6	Deteção das mudanças entre o ano 2009 e 2017	39
5.7	Deteção das mudanças entre o ano 2001 e 2017	43
5.8	Discussões.....	47
6	CONCLUSÕES.....	54
7	BIBLIOGRAFIA.....	56
8	ANEXOS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo dos satélites LANDSAT.....	6
Figura 2 – Comparativo entre as bandas dos sensores presentes nos satélites LANDSAT.....	7
Figura 3 – Região onde duas classes se sobrepõe.....	9
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.....	15
Figura 5 – Mapa de altimetria da área de estudo.....	16
Figura 6 – Fluxo metodológico utilizado no levantamento e a classificação de uso e cobertura do solo.....	17
Figura 7 – Cena LANDSAT que cobre o RVSBP.....	18
Figura 8 – Testes de segmentação das imagens com valores de parâmetro de escala.....	21
Figura 9 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2001.....	29
Figura 10 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2009.....	31
Figura 11 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2017.....	33
Figura 12 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2001 - 2009.....	38
Figura 13 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2009 - 2017.....	42
Figura 14 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2001 - 2017.....	46
Figura 15 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Vegetação Arbórea.....	49
Figura 16 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Agricultura - Arroz.....	50
Figura 17 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Banhado.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das classes no ano de 2001.	28
Tabela 2 – Distribuição das classes no ano de 2009.	30
Tabela 3 – Distribuição das classes no ano de 2017.	32
Tabela 4 – Balanço de mudanças, período de 2001 a 2009.	35
Tabela 5 – Balanço de mudanças ocorridas no RVSBP, período de 2001 a 2009.	36
Tabela 6 – Balanço de mudanças, período de 2009 a 2017.	39
Tabela 7 – Balanço de mudanças ocorridas na RVSBP, período de 2009 a 2017.	40
Tabela 8 – Balanço de mudanças, período de 2001 a 2017.	43
Tabela 9 – Balanço de mudanças ocorridas no RVSBP, período de 2001 a 2017.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sensores e datas das imagens a serem utilizadas.	19
Quadro 2 – Chave de interpretação com base na imagem LANDSAT 8 (2017).....	23
Quadro 3 – Precipitação acumulada e média para os períodos de estudo.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição percentual das classes de uso e cobertura do solo por ano.....	34
Gráfico 2 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2001 - 2009.	37
Gráfico 3 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2009 - 2017.	41
Gráfico 4 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2001 - 2017.	45
Gráfico 5 – Mudanças de uso e cobertura do solo, em hectares, ocorridas no período de estudo para cada classe.	48
Gráfico 6 – Mudanças de uso e cobertura do solo dentro do RVSBP, em hectares, ocorridas no período de estudo para cada classe.	53

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2001.....	63
Anexo 2 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2009.....	64
Anexo 3 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2017.....	65
Anexo 4 – Balanço de mudanças das classes, período de 2001 a 2009.....	66
Anexo 5 – Balanço de mudanças das classes, período de 2009 a 2017.....	68
Anexo 6 – Balanço de mudanças das classes, período de 2001 a 2017.....	70

1 INTRODUÇÃO

Entre as diversas estratégias de conservação da biodiversidade está a conservação *in situ*, ou seja, no próprio ambiente natural, através de Áreas Naturais Protegidas (Unidades de Conservação – UC). Essa estratégia de conservação não é uma ideia nova, mas sim o fruto de uma longa história de atitudes relacionadas à proteção da natureza, sejam estas motivadas por interesses práticos ou mesmo crenças religiosas (ANTÔNIO & DUARTE, 2004; DAVENPORT & RAO, 2002 *apud* DUARTE & BENCKE, 2006).

O estado do Rio Grande do Sul (RS) possui atualmente 34 unidades de conservação federais e estaduais que são divididas em dois grupos: a) unidades de proteção integral, com 26 UC's (168.894 ha), são as áreas mais protegidas ambientalmente e b) unidades de uso sustentável, com 08 UC's (537.726 ha), onde as atividades econômicas são permitidas, porém com ressalvas.

No RS ocorrem os Biomas Mata Atlântica e Pampa, sendo que este último, no Brasil, é restrito a este estado da federação. Com relação a distribuição das áreas de proteção integral, no estado do RS, constata-se que o Bioma Mata Atlântica tem 88.713,69 ha, o que corresponde a aproximadamente 0,09 % de sua área, no caso do Bioma Pampa as áreas de proteção integral somam 72.045,54 ha, o que corresponde a 0,04% de sua área.

A Convenção sobre Diversidade Biológica, da qual o Brasil é signatário, em suas metas para 2020, prevê a proteção de pelo menos 17% de áreas terrestres representativas da heterogeneidade de cada bioma. Considerando a soma de todas as áreas protegidas, de proteção integral e uso sustentável, independente do bioma o RS atinge uma área de 706.620 ha o que representa 0,25% do estado. Esta baixa representatividade das áreas protegidas no estado do RS aumenta ainda mais a responsabilidade da sociedade civil na busca por manter e conservar as poucas áreas legalmente designadas pelos governos a Proteção Ambiental.

O Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) é uma UC de proteção integral estadual, localizada no Bioma Pampa, com uma área de 2.560 ha e representa cerca de 3,5% de todas as áreas de proteção integral do bioma. Esta unidade é relativamente nova, seu decreto de criação foi assinado no ano de 2002, e ainda não possui plano de manejo, bem como carece de maiores investimentos e atenção. Segundo a informações divulgadas pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA/RS) o RVSBP é importante abrigo para a fauna migratória e residente além de abranger algumas das nascentes do rio Gravataí.

No RVSBP ocorre a presença de diversos animais de especial interesse para conservação, dentre os quais estão os últimos indivíduos do cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) presentes

no estado do Rio Grande do Sul. Além disso destaca-se diversas aves, como o veste-amarela (*Xanthopsar flavus*), a noivinha-de-rabo-preto (*Heteroxolmis dominicana*), o macuquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*) e o curiango-do-banhado (*Eleothreptus anomalus*).

O uso de imagens de satélites de monitoramento terrestre, como subsídio aos estudos ambientais já está consolidado na sociedade. A interpretação destas imagens, a partir de diversos métodos, para classificar o uso e cobertura da terra, tem se tornado uma constante, munindo os pesquisadores de informações dos diversos processos que possam estar ocorrendo na área de estudo. Entretanto, esforços de modelagem espacial ainda são escassos em determinados tipos de aplicação, como no caso específico de suporte à gestão e planejamento de unidades de conservação, por uma série de dificuldades em termos de disponibilidade de recursos e de fluidez nos processos administrativos (Silva, 2018, com.pess.). Não é diferente a situação do RVSBP, onde o entendimento da configuração espacial da paisagem e sua dinâmica é insuficiente até o momento.

Considerando a importância da Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, esta pesquisa pretende, a partir do fornecimento de mapas temáticos, apresentar como vêm se desenvolvendo as mudanças do uso e cobertura do solo após o decreto de criação de 2002, e servir de auxílio como um instrumento que possa fortalecer esta UC e, dessa forma, auxiliar nas discussões de construção do plano de manejo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item são apresentados os principais conceitos que balizam o trabalho. Não existindo neste momento nenhuma pretensão de criar novas leituras para conceitos já extensamente trabalhados, desta forma segue abaixo aqueles que tiveram maior influência na pesquisa.

2.1 Paisagens e Sistema de Unidades de Conservação no Sul do Brasil.

2.1.1 O Bioma Pampa: Caracterização da Paisagem no RS

O Bioma é um conjunto de tipos de vegetação que abrange grandes áreas contínuas, em escala regional, com flora e fauna similares, definida pelas condições físicas predominantes nas regiões. Esses aspectos climáticos, geográficos e litológicos (das rochas), por exemplo, fazem com que um bioma seja dotado de uma diversidade biológica singular, própria. O Brasil possui 5 Biomas, são eles Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pampa e Pantanal e Mata Atlântica.

O Pampa, em território brasileiro, ocorre somente no estado do Rio Grande do Sul e com uma área de aproximadamente 178 km² cobre 63% do RS. As paisagens naturais do Pampa são variadas, de serras a planícies, de morros rupestres a coxilhas. O bioma exibe um imenso patrimônio cultural associado à biodiversidade. As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, mas há também a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos, etc. (MMA,2016).

Por ser um conjunto de ecossistemas muito antigos, o Pampa apresenta flora e fauna próprias e grande biodiversidade, ainda não completamente descrita pela ciência. Estimativas indicam valores em torno de 3.000 espécies de plantas, com notável diversidade de gramíneas, são mais de 450 espécies. (MMA, 2016)

A fauna é expressiva, com quase 500 espécies de aves, dentre elas a ema (*Rhea americana*), o perdigão (*Rynchotus rufescens*), a perdiz (*Nothura maculosa*). Também ocorrem mais de 100 espécies de mamíferos terrestres, incluindo o veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*), o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) e o graxaim (*Pseudalopex gymnocercus*). O Pampa abriga um ecossistema muito rico, com muitas espécies endêmicas tais como: Tuco-tuco (*Ctenomys flamarioni*), o beija-flor-de-barba-azul (*Heliomaster furcifer*); o sapinho-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus atroluteus*) e algumas ameaçadas de extinção tais como: o veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*), o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*), o caboclinho-de-barriga-verde (*Sporophila hypoxantha*) e o picapauzinho-chorão (*Picoides mixtus*) (BRASIL, 2003 *apud* MMA, 2016).

Em relação às áreas naturais protegidas no Brasil o Pampa é o bioma que menor tem representatividade no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), representando apenas 0,4% da área continental brasileira protegida por unidades de conservação. A Convenção sobre Diversidade Biológica, da qual o Brasil é signatário, em suas metas para 2020, prevê a proteção de pelo menos 17% de áreas terrestres representativas da heterogeneidade de cada bioma.

As “Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira”, atualizadas em 2007, resultaram na identificação de 105 áreas do bioma Pampa, destas, 41 (um total de 34.292 km²) foram consideradas de importância biológica extremamente alta. Estes números contrastam com apenas 3,3% de proteção em unidades de conservação (2,4% de uso sustentável e 0,9% de proteção integral), com grande lacuna de representação das principais fisionomias de vegetação nativa e de espécies ameaçadas de extinção da fauna e da flora. A criação de unidades de conservação, a recuperação de áreas degradadas e a criação de mosaicos e corredores ecológicos foram identificadas como as ações prioritárias para a conservação, juntamente com a fiscalização e educação ambiental.

2.1.2 Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos: Marco Legal.

As Unidades de Conservação (UC) são espaços territoriais, incluindo seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente. (MMA, 2016)

A Legislação Brasileira é bastante extensa no que se diz respeito à proteção ambiental, contudo em 2000 foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), pela lei 9.985.

O SNUC busca a conservação *in situ* da diversidade biológica a longo prazo, centrando-a em um eixo fundamental do processo conservacionista. Estabelece, ainda, a relação necessária de complementaridade entre as diferentes categorias de unidades de conservação, organizando-as de acordo com seus objetivos de manejo e tipos de uso. As Unidades de Conservação se dividem em dois grupos, as Unidades de Proteção Integral e as de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral têm normas e regras mais restritivas, onde a proteção ambiental é o principal objetivo. Nesse grupo se permite apenas o uso indireto dos recursos naturais, ou seja, aqueles que não envolvam consumo, coleta ou danos aos recursos naturais. Exemplos de atividades de uso indireto dos recursos naturais são: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental, entre outras. As categorias de

proteção integral são: estação ecológica, reserva biológica, parque, monumento natural e refúgio da vida silvestre.

As Unidades de Uso Sustentável são áreas que visam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. Nesse grupo, atividades que envolvem coleta e uso dos recursos naturais são permitidas, desde que praticadas de uma forma que a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos esteja assegurada. As categorias de uso sustentável são: área de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reserva de fauna, reserva de desenvolvimento sustentável, reserva extrativista, área de proteção ambiental (APA) e reserva particular do patrimônio natural (RPPN).

No âmbito estadual merecem destaque a criação do Sistema Estadual de Unidade de Conservação (SEUC), sob o decreto 34.256/92, a regulamentação do SEUC, sob o decreto 38.814/98, o Código Estadual de Meio Ambiente, sob a Lei 11.520/2000 e a criação do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos sob o decreto 41.559 de 24 de abril de 2002.

No Artigo 12 do decreto de 38.814/98 consta a seguinte descrição sobre o refúgio de vida silvestre:

“I - UNIDADES DE PROTEÇÃO INTEGRAL/ CATEGORIAS DE USO INDIRETO: são aquelas cujo objetivo básico é a preservação ambiental permitindo, tão somente, o uso indireto do ambiente, salvo as exceções legais ...

... **Refúgio da Vida Silvestre** - Área de domínio público ou privado, com o objetivo de garantir, através do manejo específico, a preservação de espécies ou populações migratórias ou residentes...”

Este trecho do decreto demonstra a importância da área para a sociedade, uma vez que esta unidade de conservação está enquadrada dentro do grupo de unidade de proteção integral. Outro trecho que merece destaque é o Artigo 55 da Lei 11.520/2000, onde, no seu parágrafo único, estabelece que empreendimento e atividades localizadas até 10 km dos limites de uma Unidade de Conservação deverá também ter autorização do órgão administrador da mesma.

2.2 Geoprocessamento Aplicado à Análise de Mudanças

2.2.1 LANDSAT e o Monitoramento Contínuo de Recursos Terrestres

A série de satélites LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*) foi iniciada no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana (NASA) dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 2013 com o lançamento do LANDSAT 8 (NASA, 2017).

Atualmente encontram-se em operação os satélites 7 e 8, sendo que o primeiro apresenta problemas na formação das imagens, dificultando o seu uso continuado. Atualmente os planos de continuidade da constelação de satélites LANDSAT permanece e há previsões de que o LANDSAT 9 seja lançado entre 2020 e 2021, conforme por ser observado na Figura 1 (NASA, 2017).

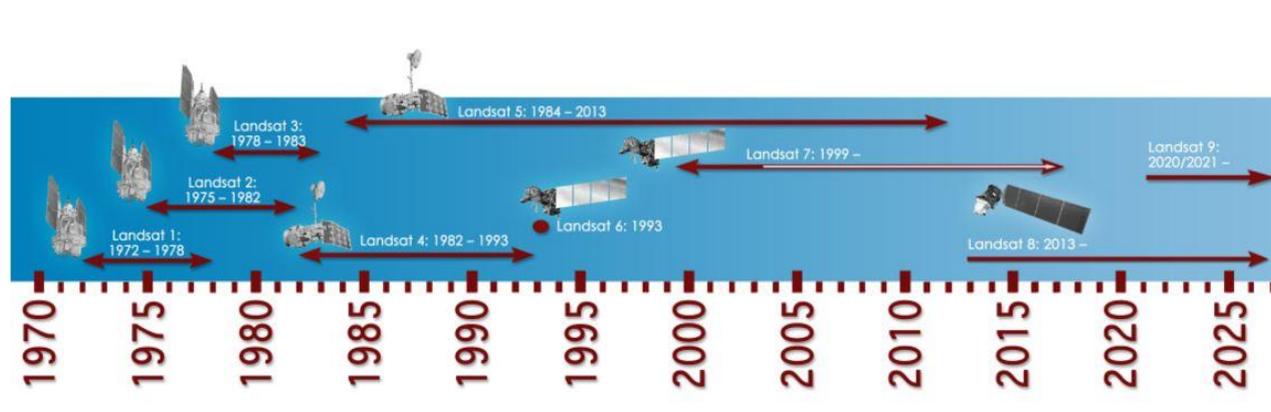


Figura 1 – Linha do tempo dos satélites LANDSAT.

O Satélite LANDSAT 5 foi lançado em 1984 e operado até novembro de 2011, sendo responsável pela maior coleção de imagens obtidas pelo programa LANDSAT. Os sensores a bordo deste satélite eram o TM (*Thematic Mapper*) e o MSS (*Multispectral Scanner System*). Não abordarei o uso do sensor MSS neste estudo. Os dados do sensor TM são detectados em sete bandas espectrais simultaneamente, com resolução espacial de 30m nas bandas de 1 a 5 e na banda 7, enquanto a banda 6 tem uma resolução espacial de 120m. No ano de 2013 o satélite encerrou sua atividade e foi movido para uma órbita de eliminação.

O LANDSAT 7 foi lançado com sucesso em 1999 e segue operando até o momento, porém a partir de 2003 problemas técnicos dificultam seu uso. O sensor presente no LANDSAT 7, o *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), replica as capacidades dos instrumentos TM (*Thematic Mapper*) presentes no LANDSAT 5, porém com oito bandas. A cena do ETM+ tem uma resolução espacial de

30 metros nas bandas de 1 a 5 e na banda 7, enquanto a banda 6 tem resolução espacial de 60 metros e a banda 8 resolução de 15 metros.

LANDSAT 8 lançado em 11 de fevereiro, 2013 e segue operando até o momento. Os sensores presentes no satélite LANDSAT 8 são o OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Não abordarei o uso do sensor TIRS neste estudo. O sensor OLI fornece uma cobertura terrestre com uma resolução espacial de 30 metros nas bandas de 1 a 4, banda 7 e banda 9; resolução de 100 metros nas bandas 5 e 6, e resolução de 15 metros na banda 8 (USGS, 2016).

Como descrito acima, os diferentes instrumentos sensores presentes nos satélites LANDSAT foram projetados para ter a mesma resolução espacial, de 30 metros; na maioria das bandas; e uma resolução espectral muito similar. A Figura 2, apresenta o comprimento de onda dos instrumentos sensores OLI, ETM+, TM e MSS. A proximidade dos limiares das bandas desses diferentes sensores possibilita que se possa realizar análises de séries históricas ou mesmo o acompanhamento de fenômenos ao longo do tempo.

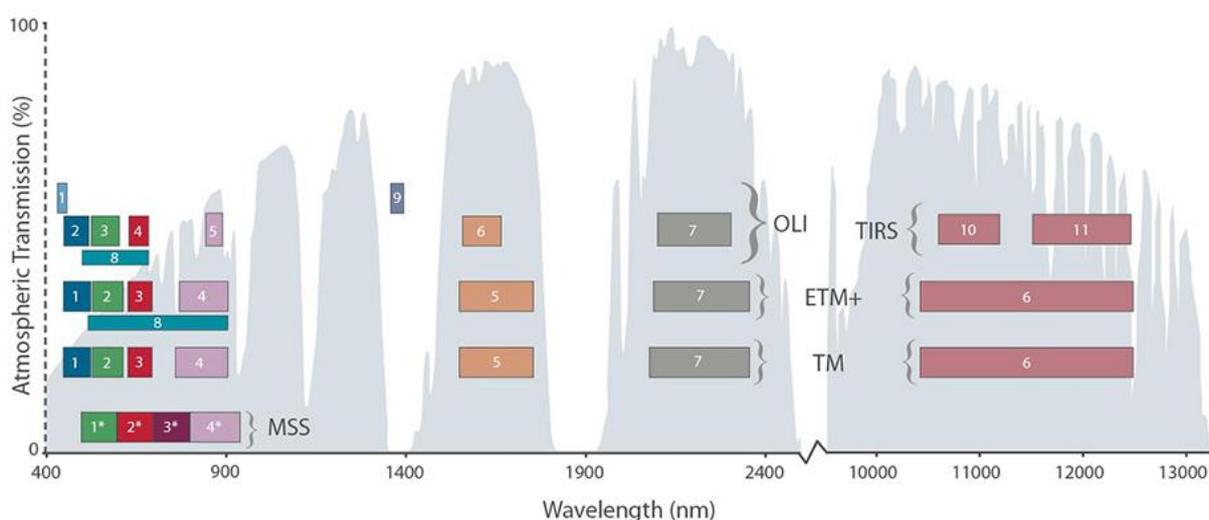


Figura 2 – Comparativo entre as bandas dos sensores presentes nos satélites LANDSAT.

Por todas as suas características, considerando as questões espectrais e continuidade do programa ao longo do tempo, a série Landsat se mostra como a mais adequada para avaliação de mudanças em nível da paisagem.

2.2.2 Métodos de Mapeamento para a Análise de Mudanças

A Classificação imagens tem o objetivo de simplificar a informação a ponto de torna-las compreensíveis ao olho humano e de identificar os fenômenos alvo do objetivo da análise. As técnicas de processamento digital de imagens buscam detectar e identificar fenômenos importantes em

determinada cena, de modo a torna-la visualmente compreensível. Assim, pode-se afirmar que, em um primeiro momento, estas técnicas estão inseridas no conjunto de ferramentas de análise dos dados de sensoriamento remoto. Isso porque, ao melhorar a possibilidade de interpretação destes dados, os mesmos serão medidos e a informação será usada na solução de problemas (JENSEN, 2009).

O processo de classificação passa inicialmente por decidir qual a forma de separação, se através de métodos estatísticos ou através da técnica de fotointerpretação. Os métodos estatísticos de classificação podem ser basicamente divididos em dois grupos: a) classificação supervisionada, quando o usuário seleciona alguns *pixels* e os utiliza como amostra para que o *software*, a partir de alguma função estatística, distribua estas mostras pelo restante da imagem; b) classificação não supervisionada, consiste em uma separação dos pixels a partir de uma determinada função pré-estabelecida pelo *software*, porém baseada exclusivamente na imagem, sem a inserção de amostras.

Os dois grupos de classificação estatística possuem diversos métodos, dentre eles podemos destacar no grupo de classificação não supervisionada *IsoData* e *K-Means*. No grupo de classificação supervisionada os mais comumente utilizados são Máxima Verossimilhança, Paralelepípedo e Distância Euclidiana. Dentre as propostas de classificação apresentadas daremos maior destaque a Máxima Verossimilhança Gaussiana, que é um caso particular do classificador de *Bayes*. Este método é que pretendemos utilizar no trabalho em questão.

Classificação Supervisionada

O método de classificação de imagens através da Máxima Verossimilhança está entre as usuais e este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes a partir de parâmetros estatísticos. Assume que todas as bandas têm distribuição normal calculada a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe definida (INPE, 2016).

Para duas classes (1 e 2) com distribuição de probabilidade distintas, as distribuições representam a probabilidade de um "pixel" pertencer a uma ou outra classe, dependendo da posição do "pixel" em relação a esta distribuição. Ocorre uma região onde as duas curvas sobrepõem-se, conforme apresentado na Figura 3, indicando que um determinado *pixel* tem igual probabilidade de pertencer às duas classes. Nesta situação estabelece-se um critério de decisão a partir da definição de limiares (INPE, 2016).

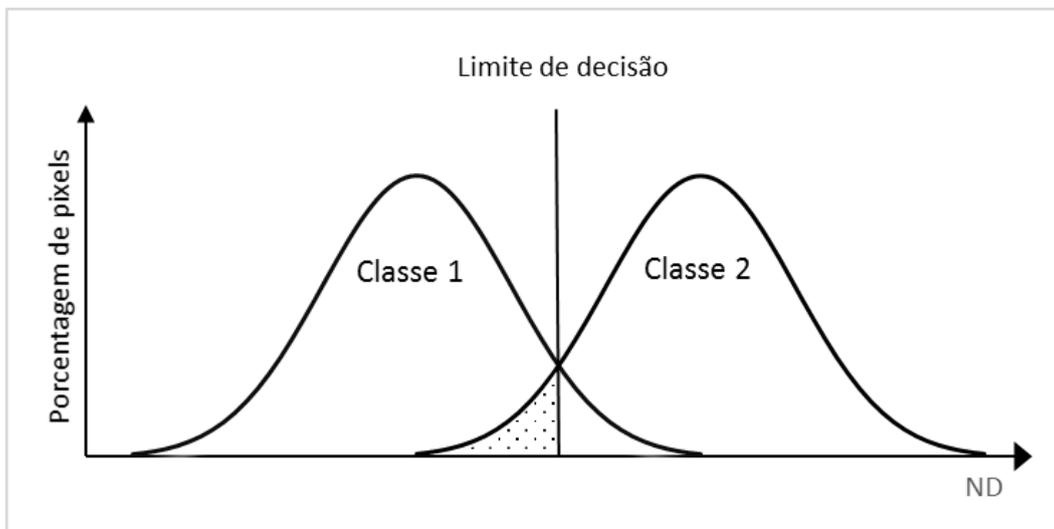


Figura 3 – Região onde duas classes se sobrepõe.

Este método parte do princípio que a classificação errada de um *pixel* não tem mais significado do que a classificação errada de qualquer outro pixel da imagem (RICHARDS, 1993 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2007). Para a obtenção de um bom resultado com esta classificação é necessária a escolha de um número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de treinamento da classe, e que estes tenham uma distribuição estatística próxima da distribuição normal (CRÓSTA, 1993 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2007).

Índices como ferramenta de suporte

Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, radiação fotossinteticamente ativa absorvida. (JENSEN 2009).

O NDVI (sigla em inglês, *Normalized Difference Vegetation Index*), foi apresentado primeiramente por ROUSE *et al.* (1973 *apud* JENSEN, 2009), no estudo *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS*. Com valores atribuídos que variam de -1 a 1, as superfícies vegetais se apresentam entre 0 e 1, sendo que quanto maior o valor, mais densa é a vegetação. Já no caso dos valores de 0 a -1, indicam superfícies com presença de água (ANDRADE *et al.*, 2013).

O cálculo do NDVI é definido pela fórmula:

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$$

IVP = reflectância infravermelho próximo;

V = reflectância do vermelho.

O NDVI possibilita analisar a condição da vegetação natural ou agrícola em imagens geradas por sensores remotos, possibilitando atualmente o monitoramento da vegetação quanto ao efeito de variabilidades climáticas, monitoramento das condições de crescimento e desenvolvimento das plantas, danos por pragas, estimativas de produtividade, mapeamento das áreas agrícolas, entre outros (FONTANA *et al.*, 2007).

Desenvolvido por GAO (1996), o NDWI (sigla em inglês, *Normalized Difference Water Index*) é outro importante índice, diretamente relacionado com o conteúdo de água na cobertura vegetal, e permite acompanhar mudanças na biomassa e avaliar o estresse hídrico da vegetação. Assim como o NDVI, o NDWI varia entre -1 e 1, onde valores negativos indicam uma cobertura sem presença de água, e positivos apresentam um alto teor de umidade. Em seu método, Gao substituiu a reflectância da banda do vermelho pela banda da infravermelho médio (ANDRADE *et al.*, 2013).

O valor é calculado pela seguinte equação:

$$NDWI = (IVP - IVM) / (IVP + IVM)$$

IVP = reflectância infravermelho próximo;

IVM = reflectância infravermelho médio.

Segmentação

A segmentação de imagens consiste num processo de agrupamento de *pixels* que possuem características semelhantes. O processo pode se dar de forma manual ou automática. A forma manual nada mais é do que estabelecer sobre a imagem os polígonos que representam regiões homogêneas, de forma semelhante à usada pelos fotointérpretes. Como é comum nesses casos, diferentes intérpretes podem gerar produtos diferentes a partir de uma mesma imagem. O processo automático, por considerar dados de natureza quantitativa, produz resultados estatisticamente significativos em uma fração do tempo muito menor do que seria dispendido no caso da segmentação manual. Em virtude desses aspectos, é ele o mais utilizado em processamento de imagem (MENESES & ALMEIDA, 2012).

O processamento das imagens se dá, inicialmente, pela utilização de um algoritmo de segmentação que, ao definir regiões homogêneas na imagem, prepara-a para uma classificação posterior com base nessas regiões e não com base em valores individuais dos pixels. Como as

condições de textura da imagem passam a ser consideradas nesse tipo de abordagem, a classificação por segmentação se aproxima mais daquela feita, de forma qualitativa acabando por produzir índices de exatidão mais elevados. Ela surgiu com o advento dos modernos sensores de alta resolução espacial, que produzem imagens onde os objetos podem ser identificados individualmente. Assim, uma mudança substancial teve de ser implementada na concepção dos tradicionais algoritmos de classificação, estes mais preparados para classificar imagens de baixa resolução espacial (MENESES & ALMEIDA, 2012).

A maior facilidade para se discriminar alvos de pequenas dimensões faz com que os resultados das classificações tradicionais, em imagens de alta resolução espacial, apresentem uma aparência repleta do que se convencionou chamar de efeito “*salt-and-pepper*” (sal e pimenta), caracterizado por pequenos polígonos disseminados por toda a área mapeada e que acabam por demandar operações de pós-processamento, como filtragens, para a sua eliminação. No caso de classificações baseadas em regiões, o grande grau de controle sobre o número de polígonos no momento inicial da segmentação elimina previamente esse problema, uma vez que as amostras de treinamento são consideradas os segmentos ou unidades básicas, e não pixels individuais dentro de cada amostra (MENESES & ALMEIDA, 2012).

2.2.3 Detecção de mudança no uso e cobertura do solo

A técnica de detecção de mudanças no uso e cobertura do solo pode ser definida como o reconhecimento de alterações nos padrões característicos de determinado alvo nas imagens em um certo período de tempo. Existem algumas técnicas de sensoriamento remoto que são aplicadas com a finalidade de detectar alterações na cobertura da superfície terrestre. SINGH (1989) utiliza a diferença e razão de imagens, análise por componentes principais e análise de vetor de mudanças como técnicas. MÁS (1999) aplica a diferenciação de índices de vegetação (NDVI). LU *et al* (2004), aplicam a técnica de comparação pós-classificação em sua publicação. Essas diversas técnicas possibilitam através da caracterização da superfície, uma melhor compreensão das interações entre os fenômenos naturais e as atividades humanas, com a perspectiva de melhor gerir e utilizar os recursos (LU *et al.*, 2004).

A taxa de mudança pode ser dramática e/ou abrupta, como exemplificado por queimadas; ou sutil e/ou gradual, como o acúmulo de biomassa. A mudança pode, portanto, ser vista como uma variável categórica (classe) ou em um contínuo (COPPIN *et al.*, 2004). O período de tempo entre as imagens que serão comparadas deve ser tal que permita, principalmente, a detecção de mudanças em quantidade maior que a soma dos erros inerentes à técnica proposta, evitando que a soma destes erros influencie significativamente nos resultados. (LUNETTA *et al.*, 2004)

A seleção apropriada de datas de aquisição de imagens é crucial para um método de detecção de mudanças, assim como a escolha do (s) sensor (es), categorias de mudança e algoritmos de detecção de mudança. (COPPIN et al., 2004). Em estudos de detecção de mudanças de uso e cobertura do solo, onde os dados temporais são adquiridos dentro de um curto espaço de tempo (*e.g.*, 5 anos), as áreas que sofrem alteração geralmente são pouco representativas e que as tornam difíceis de serem detectadas ou representadas, a menos que a intensidade das alterações sejam muito elevadas (BINGING *et al.*, 1988 *apud* CAKIR *et al.*, 2006).

De maneira geral a detecção de mudança de uso e cobertura do solo deve ser realizada com a comparação de imagens do mesmo sensor, corretamente registradas espacialmente e com o intervalo de tempo adequado, desta forma minimizando o erro causado por estes fatores. Esses objetivos nem sempre são atingíveis, mas enquanto uma orientação geral deve ser sempre perseguida uma vez que reduz as dificuldades que resultam da comparação de imagens com características de resolução espacial, bandas e geometria muito diferentes (LILLESAND *et al.*, 2004 *apud* KIEL, 2008).

3 OBEJTIVO

O objetivo geral do presente trabalho é analisar as mudanças no uso e cobertura do solo ocorridas ao longo dos últimos 17 anos na área de entorno do Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, com base em sensoriamento remoto e técnicas de modelagem espacial. É esperado que os resultados ajudem na manutenção da unidade de conservação e até mesmo auxiliar como subsídio no momento da elaboração do plano de manejo do RVSBP.

Como objetivos específicos, tem-se:

Detectar as mudanças de uso e cobertura do solo ocorridas para o RVSBP e o entorno de 10 km a partir de seu limite para três momentos, em um intervalo de aproximadamente oito anos entre imagens, compreendendo o período de 2001 a 2017;

Analisar a dinâmica de uso e cobertura do solo para o RVSBP, com base nas mudanças detectadas;

Fornecer ferramentas de suporte à gestão no que tange as mudanças de uso e cobertura do solo ocorridas nos períodos estudados através de mapas, gráficos e tabelas.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

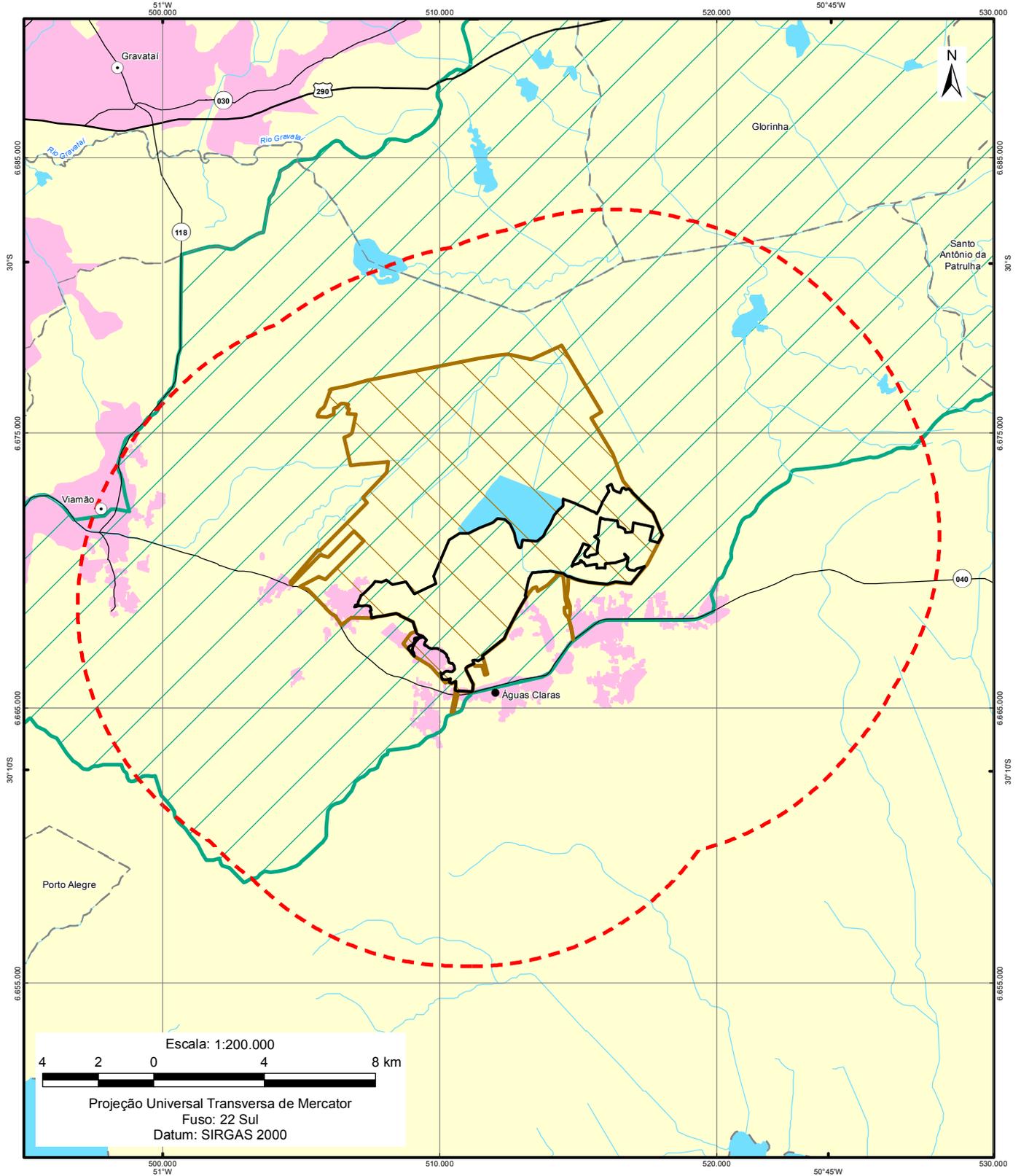
O Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP), que é uma unidade de conservação de proteção integral, e sua área de entorno de 10km, abrangem respectivamente uma área de 2.560 hectares e de 63.300 hectares, estão localizadas na região leste do estado do Rio Grande do Sul, foram escolhidos para a realização deste estudo. Esse local encontra-se na região metropolitana de Porto Alegre, apresentado na Figura 4, e está inserida na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Com relação a altimetria, a área apresenta um gradiente que vai de 0 a 200 metros de altitude, contudo a maior parte da área está localizada em altitudes que variam de 0 a 50 metros, conforme apresentado na Figura 5, mapa de altimetria.

A APA do Banhado Grande, que é uma unidade de conservação de uso sustentável, e o RVSBP apresentam sobreposição de área, sendo que a segunda está totalmente inserida na primeira. Essas duas UC's são de suma importância para a compreensão dos fluxos hidrológicos da bacia do rio Gravataí.

Sobreposto aos limites do RVSBP encontra-se o Assentamento Filhos de Sepé, onde habitam aproximadamente 140 famílias. A área de estudo, que abrange 10 km além dos limites do RVSBP, também está inserida na bacia da Laguna dos Patos.

Levando em consideração os limites políticos administrativos, a área de estudo abrange os municípios de Viamão, Gravataí e Glorinha, com respectivamente 96,33%, 2,73% e 0,93% da área. Merece destaque a presença da sede do município de Viamão e a rodovia RS-040 na área de estudo, rodovia essa que cruza toda a área no sentido Leste-Oeste. Quanto ao RVSBP, este encontra-se em sua totalidade inserida no município de Viamão junto à localidade de Águas Claras.

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo



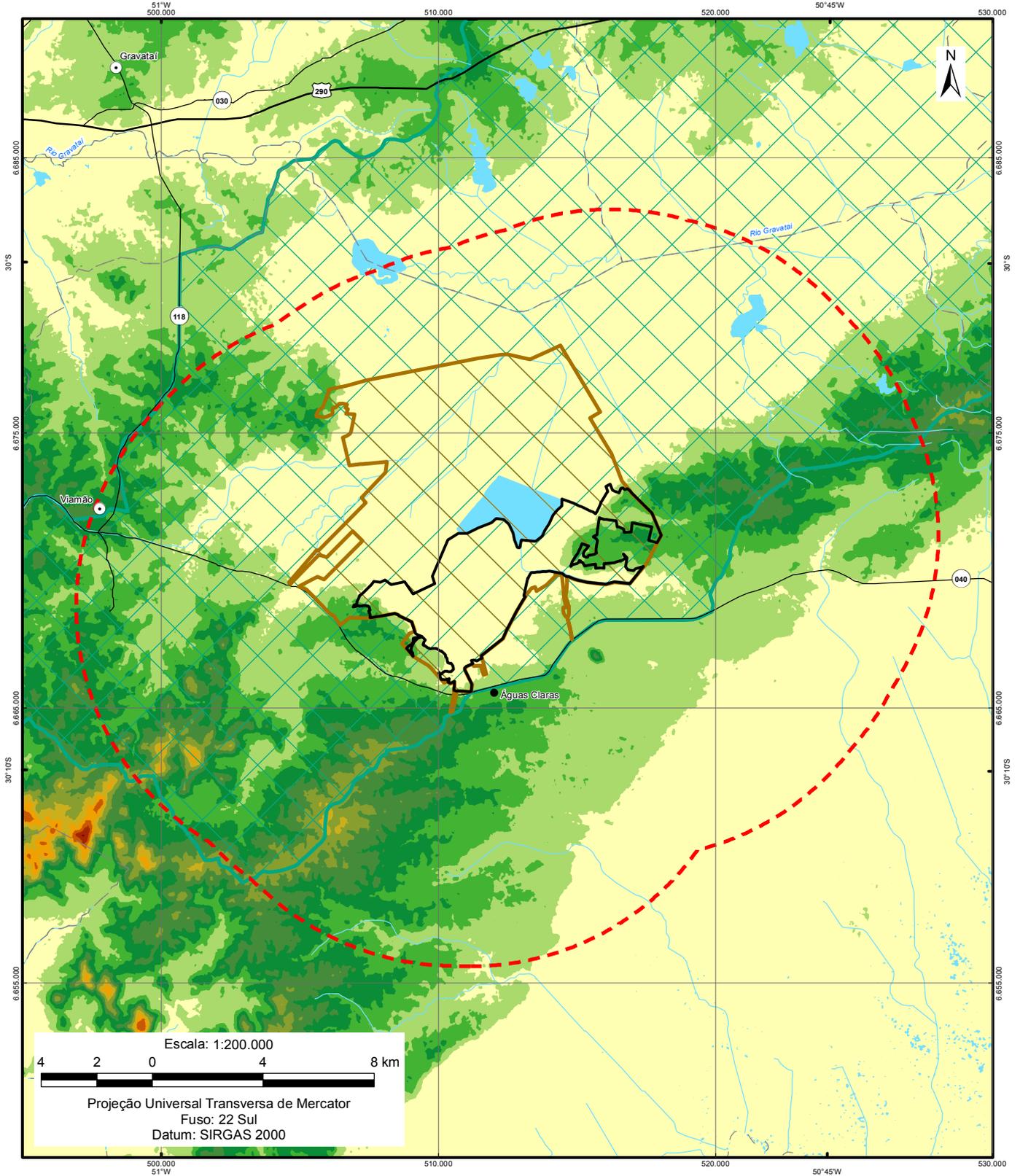
Legenda

- Sede Municipal
 - Localidade
 - Hydrografia
 - Área Urbana
 - RVS Banhado dos Pachecos
 - Área de Estudo
 - APA Banhado Grande
 - Assentamento
 - Demais Municípios
- Sistema de Transporte:**
- Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual

Localização



Figura 5 – Mapa de altimetria da área de estudo



Legenda

- | | | |
|-------------------------------|--------------|------------------------|
| ○ Sede Municipal | ● Localidade | Altimetria (m): |
| ○ Hidrografia: | | 0 - 25 |
| ▭ RVS Banhado dos Pachecos | | 26 - 50 |
| ▭ Área de Estudo | | 51 - 75 |
| ▭ APA Banhado Grande | | 76 - 100 |
| ▭ Assentamento | | 101 - 125 |
| Sistema de Transporte: | | 126 - 150 |
| ▭ Rodovia Federal | | 151 - 175 |
| ○ Rodovia Estadual | | 176 - 200 |
| | | 201 - 225 |
| | | 226 - 250 |
| | | 251 - 275 |

Localização



4.2 Classificação de Imagens

A classificação do uso e cobertura do solo na área de estudo foi realizada em quatro etapas metodológicas que são detalhadas a seguir e apresentadas esquematicamente na Figura 6. Na Etapa 1, foram realizados os levantamentos de dados secundários, como documentos e mapas pré-existentes. Quanto à definição do sensor a ser utilizado no estudo, a escolha deveria atender as necessidades de tempo e de resolução espacial. Com relação ao tempo, o sensor deveria possuir imagens anteriores à data de criação da UC que se deu no ano de 2002, bem como imagens recentes, a partir do ano de 2016. Com relação ao requisito de resolução espacial, devido as dimensões da territoriais do RVSBP, que abrange uma área de 2.560 ha, o sensor deveria possibilitar a identificação de alvos compatíveis com uma escala maior que 1:250.000.

As características dos sensores presentes na série de satélite LANDSAT, a saber sensores TM, ETM+ e OLI, se mostraram adequadas ao estudo, pois estes apresentam uma resolução espacial compatível com as necessidades, bem como apresentam uma série temporal adequada as análises pretendidas pelo estudo. Levando-se em conta as limitações inerentes à capacidade de diferenciação dos alvos pelo sensor a escala de trabalho foi estabelecida como sendo de 1:100.000.

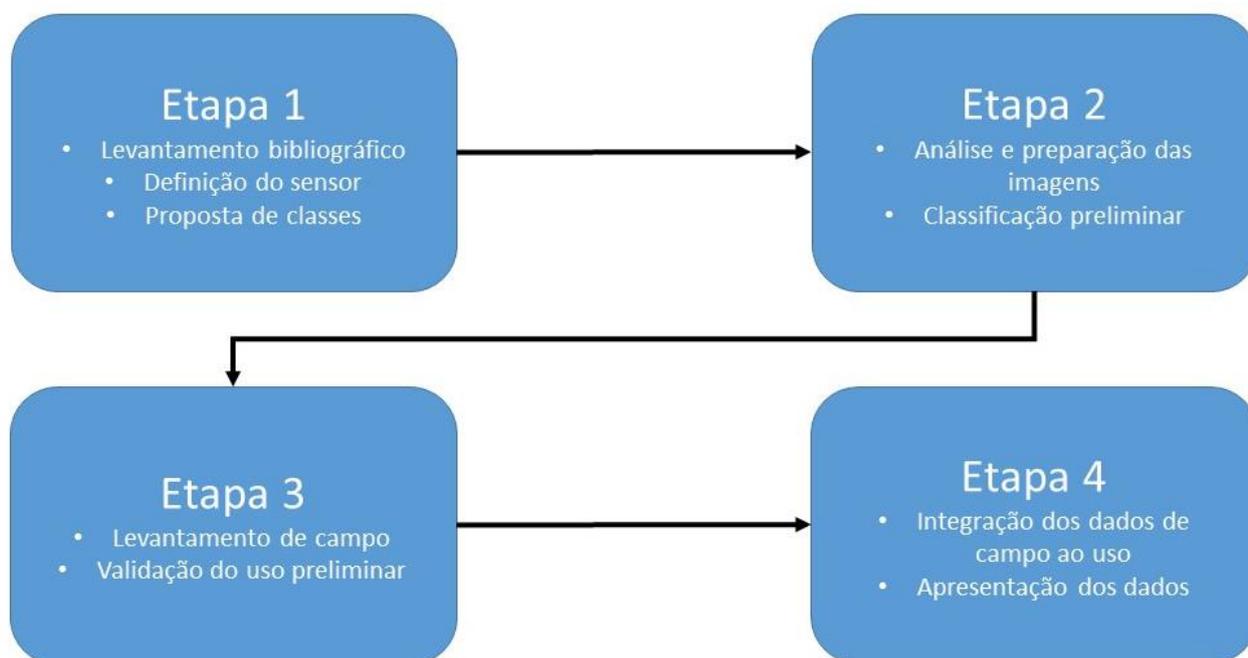
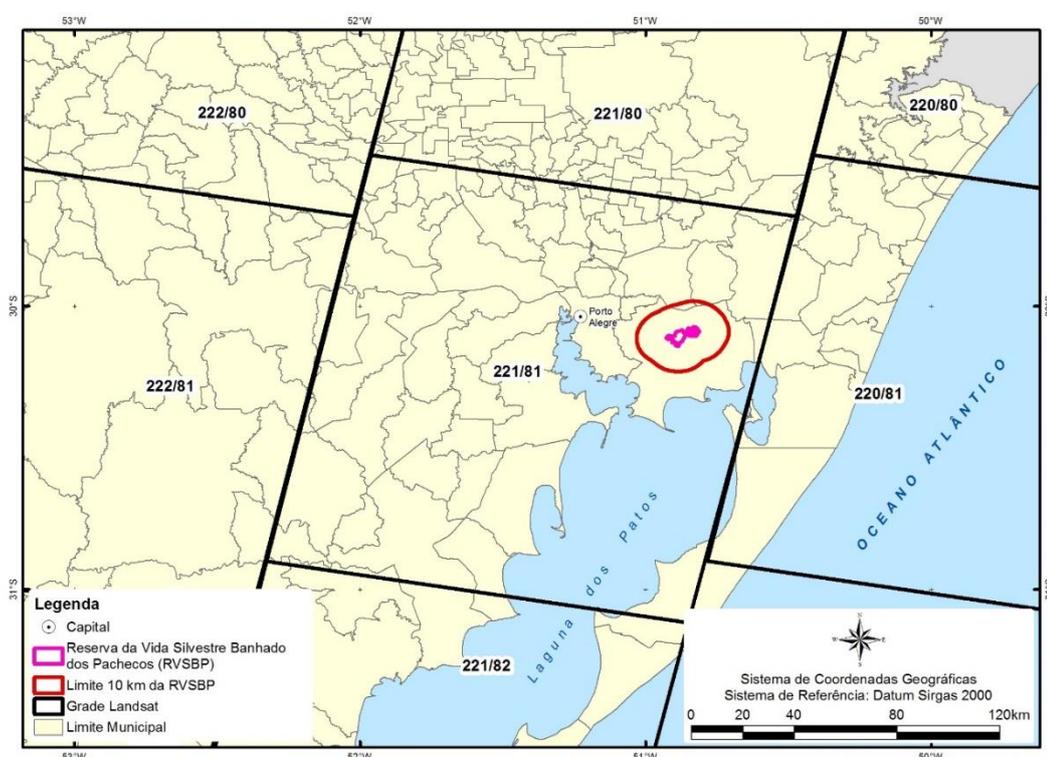


Figura 6 – Fluxo metodológico utilizado no levantamento e a classificação de uso e cobertura do solo.

Destaca-se ainda nessa etapa a definição da classificação para uso e cobertura do solo a ser adotado como referência que foi o sistema de classificação proposto na terceira edição do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que sistematiza as classes de uso em três níveis, visando

atender mapeamentos com escala não superior a 1:100.000. Contudo, devido a especificidades da área de estudo e do objetivo deste trabalho, foram necessárias adaptações à categorização proposta pelo IBGE. Tais adaptações de classes são previstas no sistema de classificação escolhido.

Na Etapa 2, ocorreram as buscas por imagens que se encaixassem nos critérios de data e cobertura de nuvens. Quanto a data, foi definido que todas as imagens deveriam ser durante o verão, pois na região o cultivo do arroz é uma das principais atividades agrícolas, cobrindo a maior parte da área de estudo, como foi diagnosticado e será apresentado mais adiante. Para recobrir a área de estudo será utilizada apenas a imagem da órbita ponto 221/081 da grade de imagens dos Satélites LANDSAT, conforme ilustra a Figura 7.



Para atender as necessidades do estudo foram selecionadas três imagens de datas distintas, separadas entre si por período não inferior a 7 anos, o que ocasionou na necessidade de utilizar 3 sensores diferentes, conforme consta no Quadro 1. Dessa forma, os procedimentos de classificação foram aplicados três vezes, sendo uma vez em cada cena.

Quadro 1 – Sensores e datas das imagens a serem utilizadas.

Satélite / Sensor	Data
LANDSAT 7 / ETM+	27/12/2001
LANDSAT 5 / TM	07/01/2009
LANDSAT 8 / OLI	13/01/2017

As imagens utilizadas no estudo foram adquiridas em um dos canais oficiais de distribuição das imagens LANDSAT, o USGS, no sítio eletrônico *EarthExplorer*. Dentre as opções disponíveis, a escolha foi por utilizar as imagens que compõem o item “*LANDSAT Collection 1 Level-1*”, pois estas são disponibilizadas após a realização de algumas correções, como por exemplo a correção dos *pixels* para que apresentem uma dimensão regular de 30 metros. Segundo o USGS (2017) o georreferenciamento das imagens, no caso do Sensor OLI, apresenta uma acurácia posicional de 12 metros, em 90% dos casos.

A partir de uma estimativa visual verificou-se que as três imagens apresentavam um posicionamento espacial adequado, quando comparadas entre si. A comparação posicional entre as imagens utilizadas é de grande importância para o processo de detecção de mudanças, uma vez que o posicionamento inadequado das imagens resultaria em um diagnóstico errôneo de mudanças no uso e cobertura do solo. Sendo assim não houve a necessidade da realização do processo de georreferenciamento das imagens após a sua aquisição.

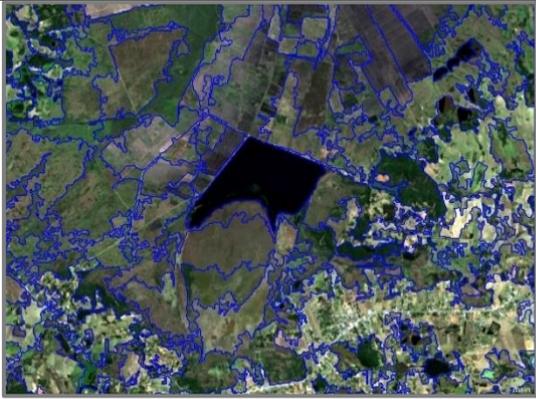
Após a análise das imagens de satélite, realizou-se o mapeamento preliminar, por meio da técnica de classificação orientada a objetos utilizando o *software eCognition Developer*, versão 9.0.1 da Trimble. Essa técnica se baseia no agrupamento de *pixels*, a partir da segmentação da imagem, em objetos homogêneos e contíguos. Além disso, a classificação orientada a objetos permite aproximar técnicas de processamento com a abstração humana, ou seja, com a forma intuitiva de pensar e reconhecer padrões ao interpretar uma imagem.

O primeiro passo foi a segmentação da imagem em objetos. A segmentação da imagem se dá por diversos testes e em níveis que vão desde a segmentação mais detalhada até a mais genérica, por meio de Parâmetros de Escala e Parâmetros de Homogeneidade (compacidade e forma). A escolha do melhor detalhamento da segmentação se dá de forma subjetiva, considerando-se a escala final do mapeamento, por meio de testes e combinações dos parâmetros de escala e forma. O Parâmetro de Escala determina a heterogeneidade máxima permitida para objetos na imagem, dessa forma, valores maiores, resultam em objetos maiores, com maior heterogeneidade. O Parâmetro de Compacidade, é

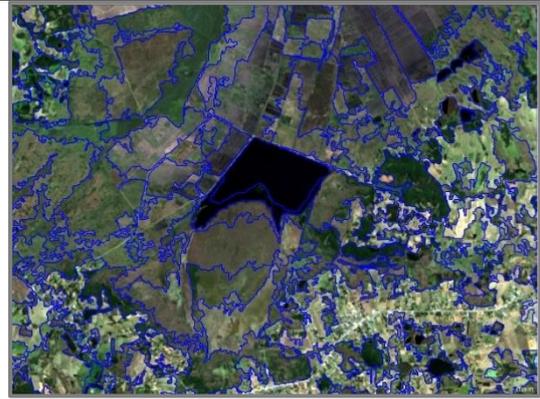
definido pela razão da área do objeto e o raio de circunferência abrangente. O Parâmetro de Forma expressa o limite entre os objetos em que, quanto mais fractal, maior o índice.

Durante a realização dos testes de segmentação da imagem de satélite, do ano de 2017, verificou-se que os melhores resultados foram obtidos com os seguintes valores dos Parâmetros: Compacidade com o valor de 0,5 e Forma com o valor de 0,1. Além disso, verificou-se que o melhor resultado, referente ao Parâmetro de Escala, foi obtido utilizando-se o valor de 300, em testes realizados com valores entre 500 e 100, conforme apresenta a Figura 8. Os valores maiores no parâmetro de escala resultam em polígonos mais heterogêneos em sua composição, conseqüentemente mais generalistas e com áreas maiores, ao passo que os menores valores reduzem demasiadamente a área do polígono, o que os deixa mais homogêneos em sua composição, porém resultando em excessiva segmentação da imagem.

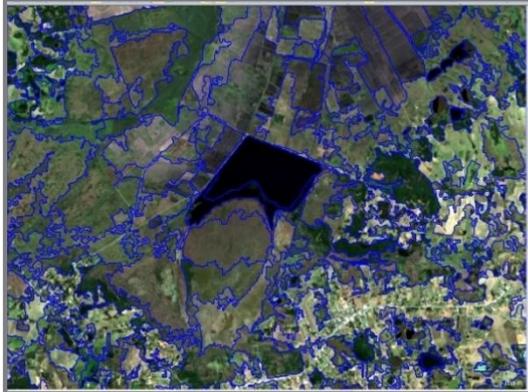
Após a segmentação da imagem em objetos, ocorreu o processo de classificação, que são estruturas vetoriais de geometria polígono, de acordo com as classes e os critérios do sistema de classificação de referência. A classificação dos objetos foi realizada de forma hierárquica por meio de diferentes descritores e funções matemáticas. Utilizou-se como descritores, as médias de reflectância das bandas espectrais, o brilho, o índice de água (NDWI) e o índice de vegetação (NDVI). Como função matemática, foi adotada a funções *fuzzy* de pertinência, para associar os objetos às classes seguindo um raciocínio próximo à lógica humana, e também o classificador de Máxima Verossimilhança. Como o processo de classificação é realizado de forma hierárquica em estágios múltiplos, não houve a necessidade de utilizar todos os descritores e funções matemáticas para todas as classes.



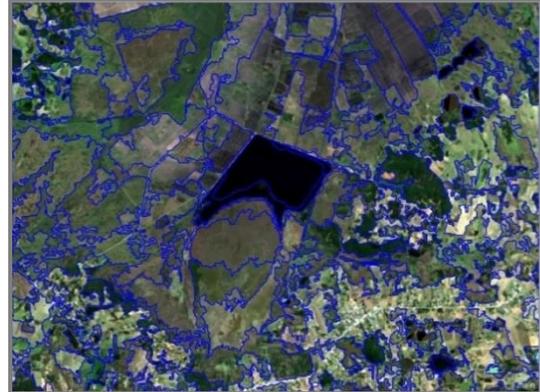
Parâmetro de escala: 500



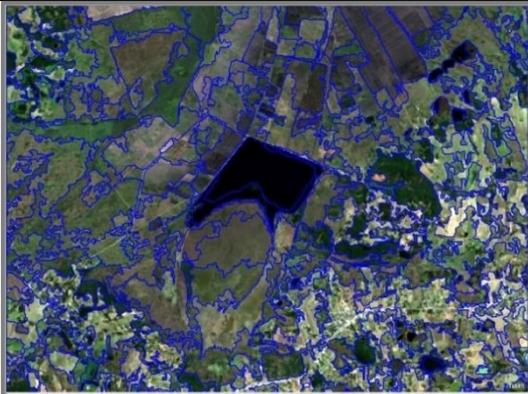
Parâmetro de Escala: 450



Parâmetro de escala: 400



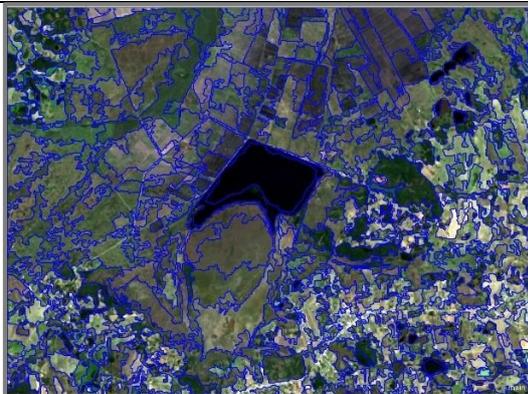
Parâmetro de Escala: 350



Parâmetro de escala: 300



Parâmetro de escala: 250



Parâmetro de escala: 200



Parâmetro de escala: 100

Figura 8 – Testes de segmentação das imagens com valores de parâmetro de escala.

No que se refere às características dos descritores que foram utilizados no presente trabalho, os descritores das médias das bandas espectrais são caracterizados pelo valor médio da reflectância de uma banda espectral para cada objeto da imagem segmentada. Dessa forma, foi calculada a média dos valores de reflectância das bandas que representam as faixas espectrais do Azul, Verde, Vermelho e Infravermelho Próximo contidos em cada objeto. O descritor Brilho é a variável espectral que carrega a informação espectral da totalidade das bandas espectrais, sendo definida pela razão entre o somatório dos valores médios de cada banda e o número total de bandas, calculado para cada objeto.

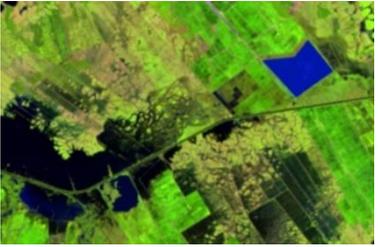
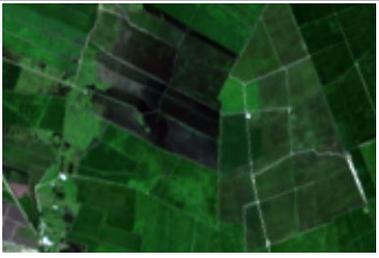
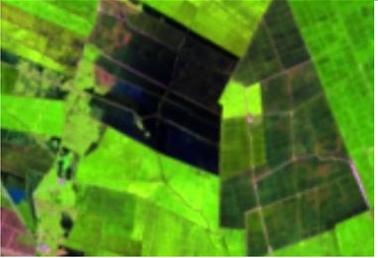
A utilização do método de Máxima Verossimilhança, foi realizado em estágio único e se deu por meio de amostragens nas imagens de satélite das classes. Por ser o último processo a ser realizado, esse método classificou apenas as áreas onde, até então, não tinham sido classificadas pelos descritores anteriormente utilizados.

A Etapa 3 consistiu no levantamento de campo, com a finalidade de identificar e localizar os diferentes usos antrópicos e as diferentes tipologias de vegetação. Buscou-se planejar previamente o roteiro de campo que contemple, de modo abrangente, pontos considerados mais importantes e que se distingam as características espaciais de uso e cobertura do solo na área de estudo. Como material de apoio, além dos mapas preliminares, utilizou-se as cartas-imagem, mapas temáticos e dispositivos móveis com sistema GNSS, o que possibilitem o registro de áudios, vídeos e fotos.

Na Etapa 4, ocorreu o procedimento de integração das informações levantadas em campo com as informações do mapeamento prévio resultante da Etapa 2, visando obter o mapeamento final com as classes de cobertura e uso integradas (reinterpretação) de acordo com a chave de interpretação. No processo de reinterpretação foi necessário realizar diversas intervenções no mapeamento e em quantidades não previstas inicialmente. Com o objetivo de apresentar as classes, o mais fidedigno possível, foi necessário generalizar o mapeamento e apresentar algumas classes associadas, isto é, unir classes que anteriormente haviam sido mapeadas separadamente, a saber vegetação arbórea nativa e silvicultura, que foram unidas e denominadas como vegetação arbórea. As classes de uso do solo são aqui entendidas como uma representação sintética de um conjunto de atividades antrópicas e econômicas com expressão espacial.

A partir do nível de generalização acima comentado, chegou-se a definição de 8 classes de uso e cobertura do solo, conforme apresentadas na chave de interpretação, Quadro 2, e estas foram distribuídas entre os grupos de Cobertura Natural e de Uso Antrópico.

Quadro 2 – Chave de interpretação com base na imagem LANDSAT 8 (2017).

Nível I	Nível II	Chave de interpretação Cor Verdadeira (LANDSAT 8 / RGB-432)	Chave de interpretação Falsa Cor (LANDSAT 8 / RGB-654)
Cobertura Natural	Vegetação Arbórea		
	Banhado		
	Corpo Hídrico		
Uso Antrópico	Agricultura / Arroz		
	Agropecuária		

	Associação de sítios e produtores rurais		
	Solo Exposto		
	Área Urbana		

4.2.1 Área de Cobertura Natural

As classes Cobertura Natural compreendem os locais onde a característica principal não é a utilização de suas áreas como a finalidade de obtenção de renda, são elas Vegetação Arbórea, Banhado e Recursos Hídricos.

Vegetação Arbórea

São locais de fisionomia arbórea, por vezes arbustiva, na sua maioria sem formação de dossel. Identificadas na imagem pela coloração verde escura, alta rugosidade e limites mal definidos. Devido à dificuldade de diferenciação entre os maciços de árvores nativas e de árvores destinadas a silvicultura, que após levantamento em campo, diagnosticou-se que se tratavam de poucas áreas, foi

definido que a melhor solução seria a união destas duas classes evitando assim erro ainda maior na tentativa de diferenciá-las. Na área de estudo a ocorrência dessa classe se dá em sua maioria na região sudoeste.

Banhado

Áreas de inundação rasa, com encharcamento permanente ou sazonal. Foram identificadas como banhado, aquelas áreas em que a resposta nas imagens de satélite apresentou coloração típicas das áreas que sofreram processo de encharcamento, e formas irregulares e que não estão destinadas ao cultivo do arroz. Essas áreas estão localizadas em cotas altimétricas não superiores a 25 metros. Suas áreas estão concentradas dentro do RVSBP, no seu entorno direto e na porção norte da área de estudo, nas proximidades da área conhecida localmente como Lagoa da Anastácia.

Recursos Hídricos

Incluem cursos d'água (rios, riachos, canais e outros corpos de água lineares), perceptíveis na escala de mapeamento, e também os corpos d'água naturais e artificiais como lagos, lagoas, represas e açudes. Identificadas na imagem pela coloração escura, baixa rugosidade, limite bem definido e geometria linear para os cursos d'água.

4.2.2 Área de Uso Antrópico

As classes Uso Antrópico compreendem os locais onde a característica principal é a utilização de suas áreas com a finalidade de obtenção de renda ou com intensa intervenção humana, alterando significativamente a paisagem, a saber Agricultura – Arroz, Agropecuária, Associação de Sítios e Produtores Rurais, Solo Exposto e Área Urbana.

Agricultura – Arroz

Corresponde a maior classe mapeada no estudo e representa as áreas destinadas predominantemente ao cultivo do arroz, localizadas nas áreas planas e com altimetria não ultrapassando a cota de 25 metros. Caracteriza-se na imagem pela forma quase sempre retangular e com grande variação de coloração devido aos estágios da planta e do manejo da terra. Essa classe também compreende as áreas que no momento da aquisição da imagem encontravam-se em pousio.

Agropecuária

Nessa classe estão associadas às áreas tanto de uso agrícola quanto de pastagens destinadas a pecuária, caracterizada na imagem por áreas abertas, sem cobertura de árvores, na sua maioria com

vegetação gramínea. Identificadas na imagem pela coloração clara, textura aveludada e geometria bem definida. A maior parte das áreas são destinadas a criação de animais e por vezes ao plantio de pequenas lavouras.

Associação de sítios e produtores rurais

Nessa unidade de mapeamento estão associadas as ocorrências de áreas menos densamente povoadas, com glebas menores, onde há percepção também de pequenos produtores rurais e ocupações na forma de chácaras e sítios de lazer. Identificadas na imagem pela variação de coloração e padrão geométrico retangular. As principais expressões dessa forma de uso do solo são encontradas nas proximidades da rodovia RS-040, bem como na porção sudoeste da área de estudo, desta forma coincidindo com a cotas altimétricas superiores a 25 metros.

Solo Exposto

Tratam-se de áreas desnudas, sem cobertura vegetal, caracterizadas em sua maioria por serem utilizadas como áreas de extração mineral. Identificadas nas imagens pela coloração clara, textura de baixa rugosidade e limites mal definidos.

Área Urbana

Foram consideradas, para essa categoria, as áreas estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais. Identificadas na imagem pela alta rugosidade, coloração clara, associada à reflectância de edificações, e limites mal definidos. Estão inclusas nessa categoria a área urbana da sede de Viamão e as áreas menos densamente povoadas, como a localidade de Águas Claras e aglomerações situadas ao longo da rodovia RS-040.

4.3 Detecção de Mudanças e Avaliação de Seus Impactos

A detecção de mudanças baseada no método de pós-classificação, consiste na comparação dos resultados gerados a partir das imagens previamente processadas e classificadas. Segundo LU *et al.* (2004) a principal vantagem deste método é a capacidade de fornecer informações com valores reduzidos de interferências da atmosférica. A aplicação da técnica de comparação pós-classificação foi considerada uma abordagem bastante prática para a detecção de mudanças, utilizando-se imagens LANDSAT.

O processo de detecção de mudança do uso e cobertura do solo foi realizado por meio da ferramenta *Change Analysis* presente no módulo de *Land Change Modeler for Ecological Sustainability* do software *Idrisi TerrSet*, versão 18.09 da Clark Labs / Clark University.

Baseando-se nos mapas de uso e cobertura do solo foi realizado o procedimento de tabulação cruzada, entre os anos de 2001 e 2009 e entre os anos de 2009 e 2017, para identificar as principais mudanças ocorridas. Os dados quantitativos gerados devem evidenciar tendências e permitir a correta identificação dos locais onde as mudanças ocorreram.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

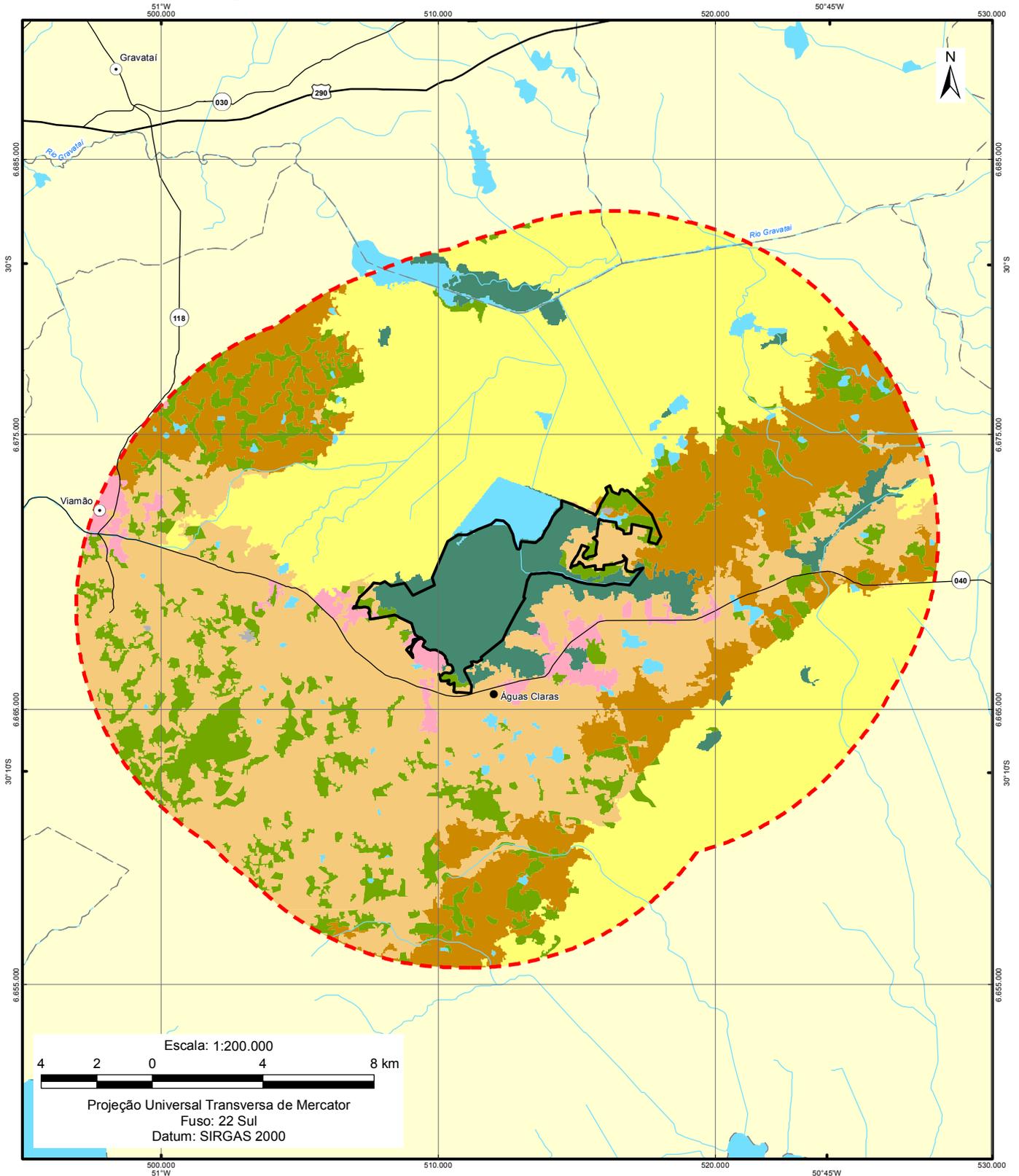
5.1 Classificação do Uso e Cobertura do Solo para o Ano de 2001

A classificação da imagem para o ano de 2001 apresentou todas as 8 classes inicialmente previstas, conforme apresentado na Tabela 1, sendo que a classe de Solo Exposto foi localizada em apenas 27,72 hectares e representa 0,04% da área de estudo. As classes que tiveram maior representatividade foram as de Agricultura – Arroz, com 36,56 %, Associação de sítios e produtores rurais, com 28,17% e de Agropecuária com 15,15%. A classe de Vegetação Arbórea é a área do grupo de Cobertura Natural mais representativa na área de estudo, com 9,95% do total. A Figura 9 apresenta visualmente a classificação realizada para a área de estudo.

Tabela 1 – Distribuição das classes no ano de 2001.

Classe	Área (ha)	%
Vegetação arbórea	6.299,72	9,95%
Banhado	3.799,27	6,00%
Recurso Hídrico	1.454,32	2,30%
Agricultura – Arroz	23.141,48	36,56%
Agropecuária	9.591,76	15,15%
Associação de Sítios e Produtores Rurais	17.830,04	28,17%
Solo Exposto	27,72	0,04%
Área Urbana	1.155,97	1,83%

Figura 9 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2001



Legenda

- Sede Municipal
 - Localidade
 - ▭ RVS Banhado dos Pachecos
 - ▭ Área de Estudo
 - ▭ Demais Municípios
- Sistema de Transporte:**
- ▭ Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
- Uso e Cobertura do Solo:**
- Cobertura Natural**
- ▭ Vegetação Arbórea
 - ▭ Banhado
 - ▭ Recurso Hídrico
- Uso Antrópico**
- ▭ Agropecuária
 - ▭ Associação de Sítios e Produtores Rurais
 - ▭ Agricultura - Arroz
 - ▭ Solo Exposto
 - ▭ Área Urbana

Localização



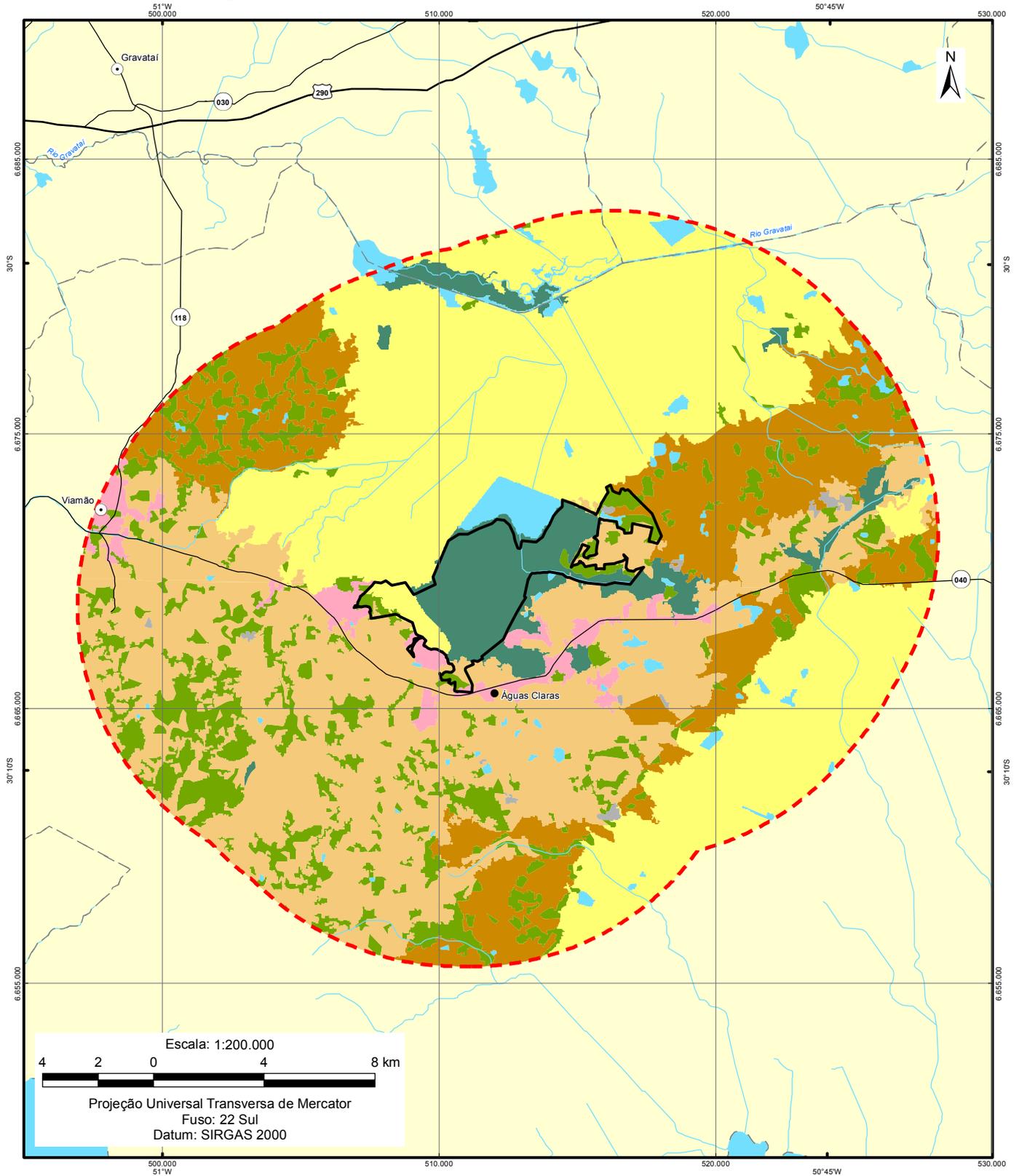
5.2 Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2009

A classificação da imagem para o ano de 2009 apresentou todas as 8 classes inicialmente previstas, conforme apresentado na Tabela 2. As classes que tiveram maior representatividade foram as de Agricultura – Arroz, com 35,73 %, Associação de sítios e produtores rurais, com 27,99% e de Agropecuária com 14,65%. A classe de Vegetação Arbórea é a área do grupo de Cobertura Natural mais representativa na área de estudo, com 11,61% do total. A Figura 10 apresenta visualmente a classificação realizada para a área de estudo.

Tabela 2 – Distribuição das classes no ano de 2009.

Classe	Área (ha)	%
Vegetação arbórea	7.346,39	11,61%
Banhado	3.443,13	5,44%
Recurso Hídrico	1.412,35	2,23%
Agricultura – Arroz	22.615,75	35,73%
Agropecuária	9.273,20	14,65%
Associação de Sítios e Produtores Rurais	17.718,16	27,99%
Solo Exposto	157,85	0,25%
Área Urbana	1.333,46	2,11%

Figura 10 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2009



Legenda

○ Sede Municipal	Uso e Cobertura do Solo:
● Localidade	Cobertura Natural
▭ RVS Banhado dos Pachecos	■ Vegetação Arbórea
▭ Área de Estudo	■ Banhado
▭ Demais Municípios	■ Recurso Hídrico
Sistema de Transporte:	Uso Antrópico
▭ Rodovia Federal	■ Agropecuária
○ Rodovia Estadual	■ Associação de Sítios e Produtores Rurais
	■ Agricultura - Arroz
	■ Solo Exposto
	■ Área Urbana

Localização



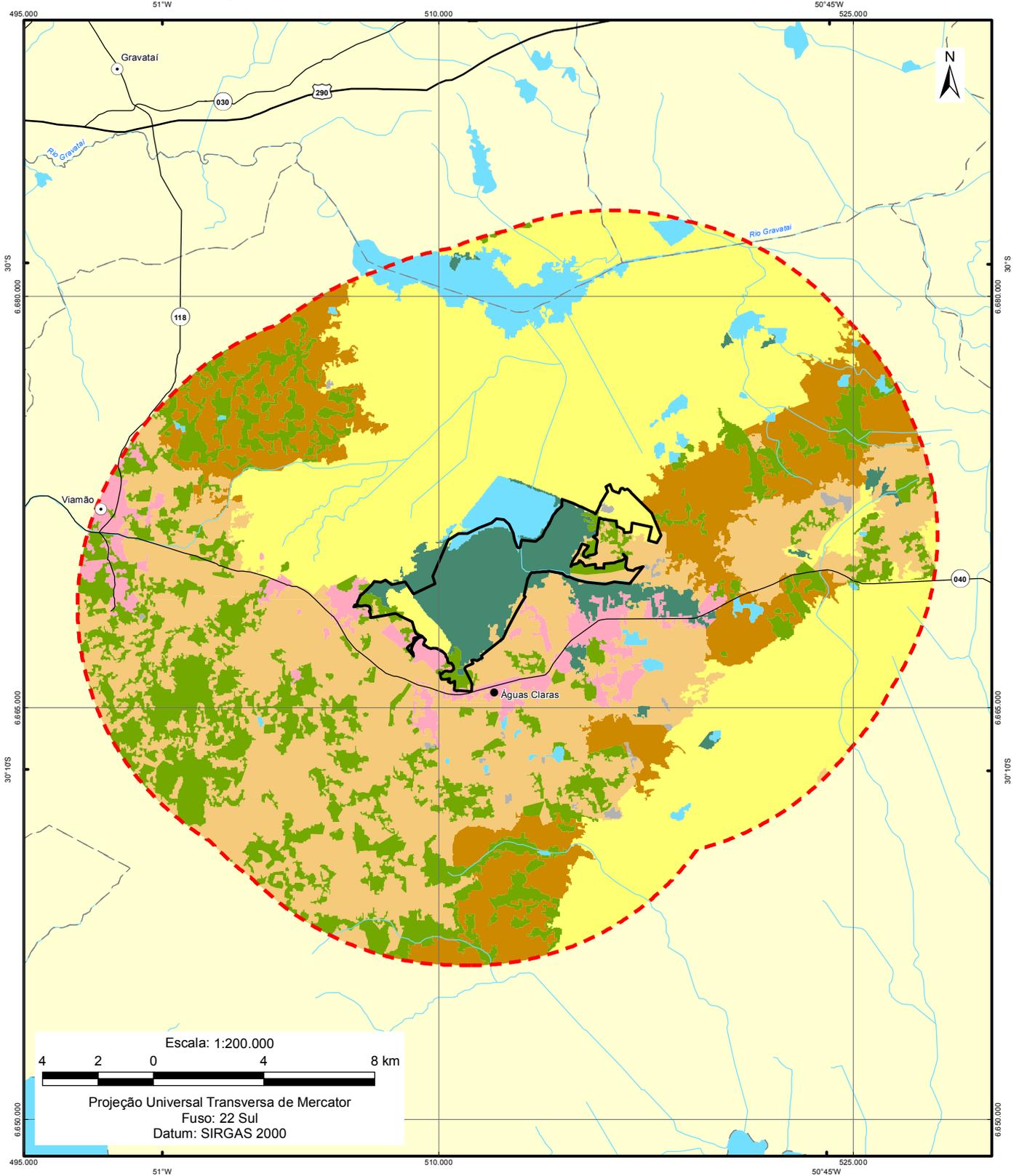
5.3 Classificação do uso e cobertura do solo para o ano de 2017

A classificação da imagem para o ano de 2017 apresentou todas as 8 classes inicialmente previstas, conforme apresentado na Tabela 3. As classes do grupo de Uso Antrópico que tiveram maior representatividade foram as de Agricultura – Arroz, com 36,89%, Associação de sítios e produtores rurais, com 25,57% e de Agropecuária com 12,23%. A classe de Vegetação Arbórea é a área do grupo de Cobertura Natural mais representativa na área de estudo, com 14,22% do total. A Figura 11 apresenta visualmente a classificação realizada para a área de estudo.

Tabela 3 – Distribuição das classes no ano de 2017.

Classe	Área (ha)	%
Vegetação arbórea	9.003,03	14,22%
Banhado	2.522,98	3,99%
Recurso Hídrico	2.359,23	3,73%
Agricultura – Arroz	23.353,82	36,89%
Agropecuária	7.743,23	12,23%
Associação de Sítios e Produtores Rurais	16.185,97	25,57%
Solo Exposto	148,82	0,24%
Área Urbana	1.983,19	3,13%

Figura 11 – Mapa de uso e cobertura do solo, ano 2017



Legenda

○ Sede Municipal	Uso e Cobertura do Solo:
● Localidade	Cobertura Natural
▭ RVS Banhado dos Pachecos	■ Vegetação Arbórea
▭ Área de Estudo	■ Banhado
▭ Demais Municípios	■ Recurso Hídrico
Sistema de Transporte:	Uso Antrópico
▭ Rodovia Federal	■ Agropecuária
○ Rodovia Estadual	■ Associação de Sítios e Produtores Rurais
	■ Agricultura - Arroz
	■ Solo Exposto
	■ Área Urbana

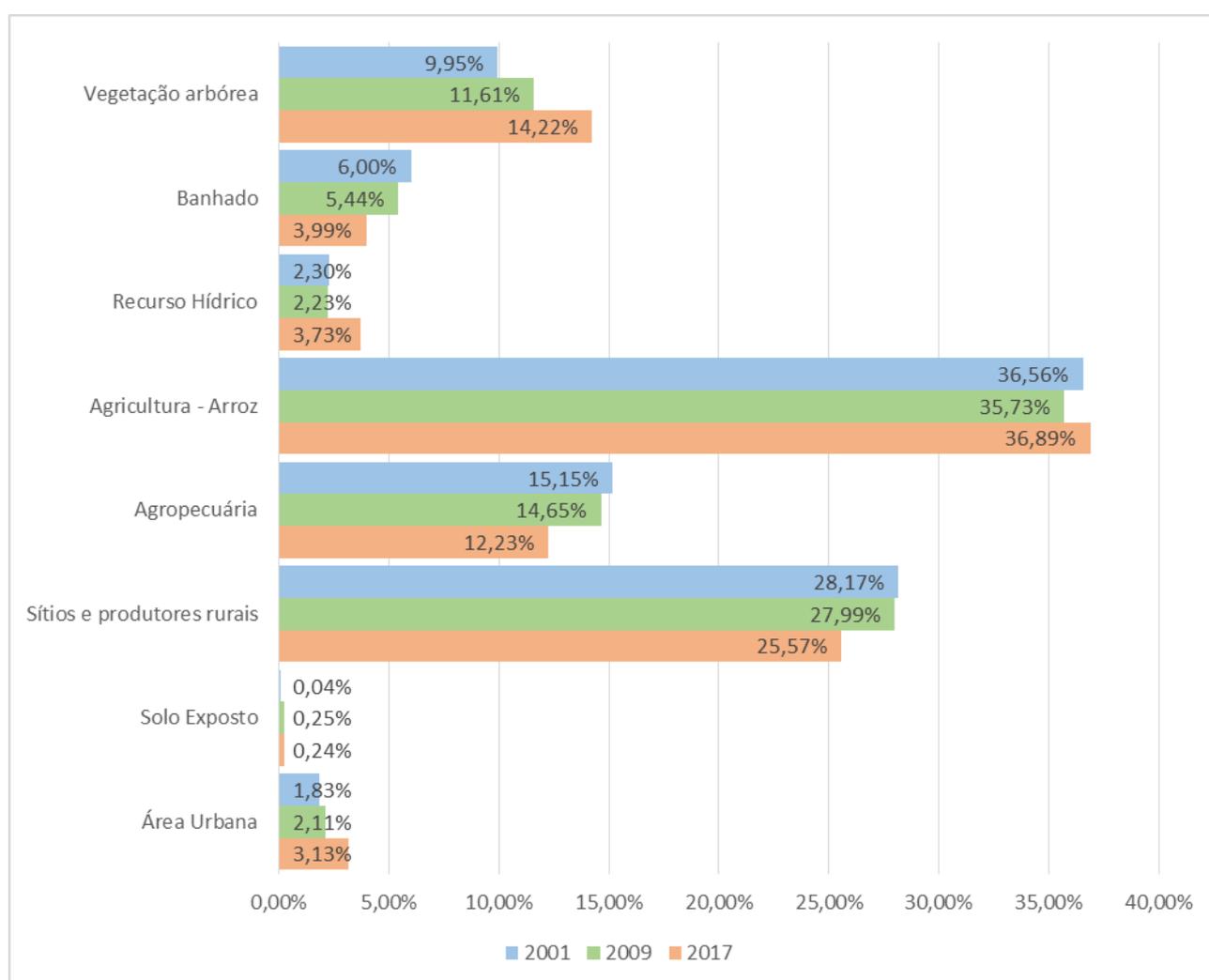
Localização



5.4 Análise da comparativa do uso e cobertura do solo.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição percentual das classes mapeadas em seu respectivo ano. Percebe-se que as classes de Vegetação Arbórea e Área Urbana tiveram em todos os anos um incremento de área e em contrapartida as classes de Banhado, Agropecuária e Associação de Sítios e Produtores Rurais apresentaram diminuição de área. A classe de Agricultura – Arroz se manteve estável no período analisado, assim como a classe de Solo Exposto. A classe de Recursos Hídricos apresentou um pico de crescimento no ano de 2017 e isso provavelmente se deve a um período específico de cheias.

Gráfico 1 – Distribuição percentual das classes de uso e cobertura do solo por ano.



5.5 Detecção das mudanças entre o ano 2001 e 2009

Com relação a análise das mudanças de uso e cobertura do solo ocorridas no período de 2001 a 2009 detectou-se que 11.105,10 hectares foram afetados por alguma mudança de classe. Na Tabela 4 pode ser observado o balanço de perda e aumento de área para cada uma das classes mapeadas. Na coluna Balanço de áreas os valores negativos são as classes que possuem área menor em 2009 quando comparada com o ano de 2001 e as que apresentam balanço positivo tiveram acréscimo de área.

Tabela 4 – Balanço de mudanças, período de 2001 a 2009.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de área (ha)	Balanço de áreas (ha)
Vegetação Arbórea	1.866,53	2.914,45	1047,92
Banhado	907,02	550,28	- 356,74
Recurso Hídrico	595,82	554,51	- 41,31
Agricultura – Arroz	1.741,64	1.213,61	- 528,03
Agropecuária	2.387,50	2.067,84	- 319,66
Associação de Sítios e Produtores Rurais	3.332,52	3.226,07	- 106,45
Solo Exposto	5,90	136,04	130,14
Área Urbana	268,18	442,31	174,13

Na Figura 12 pode-se visualizar a distribuição dos locais que sofreram alteração, representados no mapa em cor laranja. Pode-se perceber que as mudanças de classe de uso e cobertura estão distribuídas por praticamente toda a área de estudo, com exceção das áreas dominadas ao cultivo do arroz.

O Anexo 4 contém todas as conversões de classes, onde é possível analisar detalhadamente quais conversões ocorreram (*e.g.* de classe “A” para classe “B”) e bem como qual a extensão, hectares da alteração. A partir desses dados conclui-se que a maior mudança de classe foi a migração da classe

Associação de Sítios e Produtores Rurais para a classe Vegetação Arbórea com aumento de 1.841,90 ha.

Ao analisar a dinâmica das mudanças do uso e cobertura do solo dentro do RVSBP, para o período de 2001 a 2009, a classe Banhado foi a que apresentou a mais significativa diminuição de área e a classe Agricultura – Arroz foi a que apresentou maior aumento de área, conforme consta na Tabela 5. As demais classes apresentaram uma menor variação, sendo que a classe Agropecuária foi a que se manteve mais estável, com variação negativa de 0,79 ha.

Tabela 5 – Balanço de mudanças ocorridas no RVSBP, período de 2001 a 2009.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de área (ha)	Balanço de áreas (ha)
Vegetação Arbórea	37,55	55,01	17,46
Banhado	306,29	98,39	- 207,90
Recurso Hídrico	19,55	1,55	18,00
Agricultura – Arroz	1,78	263,79	262,01
Agropecuária	10,98	10,19	- 0,79
Associação de Sítios e Produtores Rurais	126,18	66,40	- 59,78
Solo Exposto	0	2,79	2,79
Área Urbana	6,95	11,16	4,21

Ao comparar as mudanças ocorridas no interior do RVSBP com as ocorridas no seu entorno, para o período, percebe-se uma dinâmica distinta, como pode-se observar no Gráfico 2. Na área do entorno as classes que sofreram maior aumento de área foram as de Associação de Sítios e produtores rurais, com 14,53% de aumento e de Vegetação Arbórea com 13,12%. Já no interior da UC a classe Agricultura – Arroz apresentou 25,9% de aumento. As classes que sofreram maiores retrações na área de estudo foram a de Associação de Sítios e produtores rurais, com 15% e a de Agropecuária, com

10,75%. Para o interior da UC as classes que tiveram maiores diminuições foram as de Banhado, com 30,07% e a de Associação de Sítios e produtores rurais, com 12,39%. No referido gráfico os tons claros significam diminuição de área e os tons mais escuros significam aumento.

Gráfico 2 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2001 - 2009.

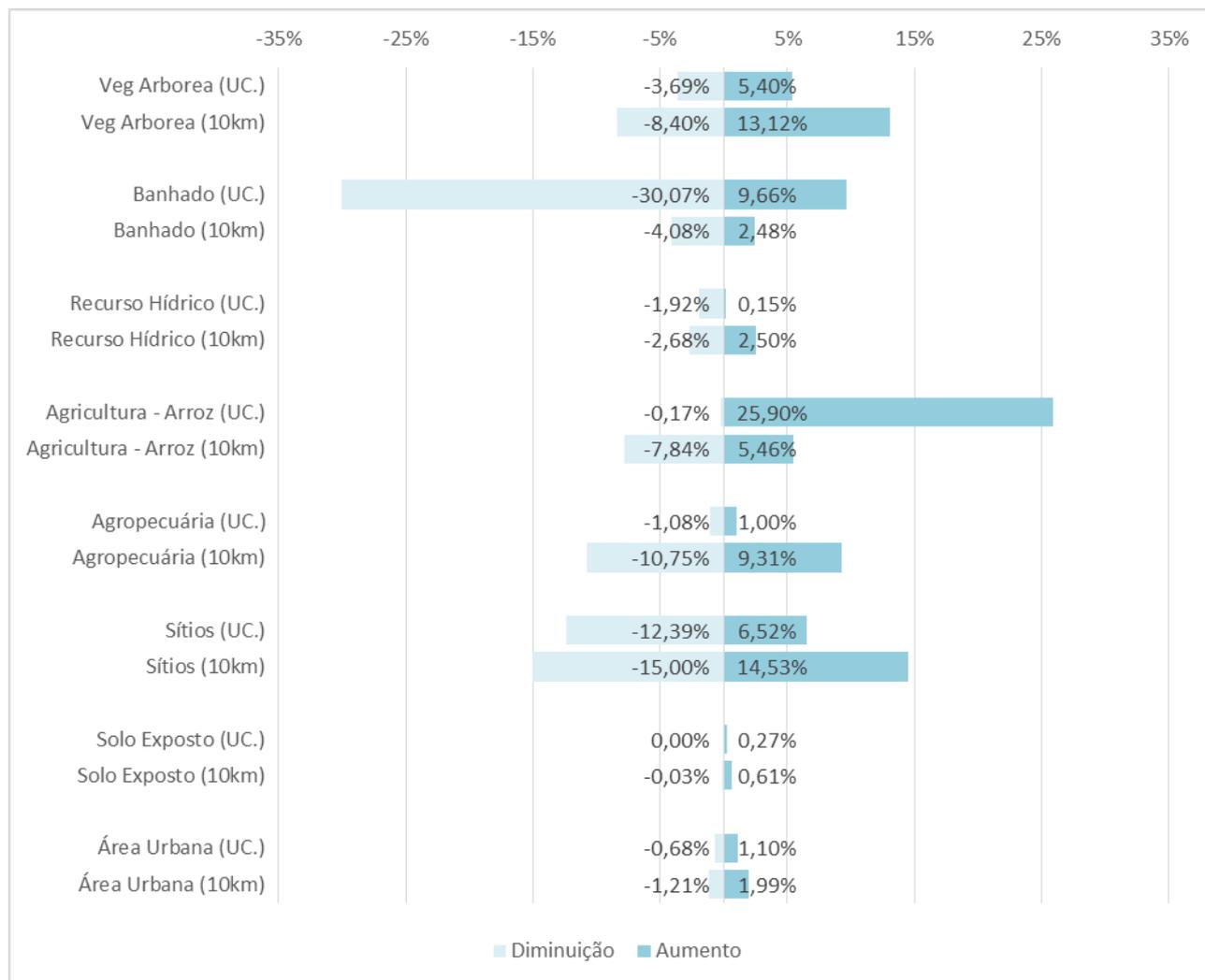
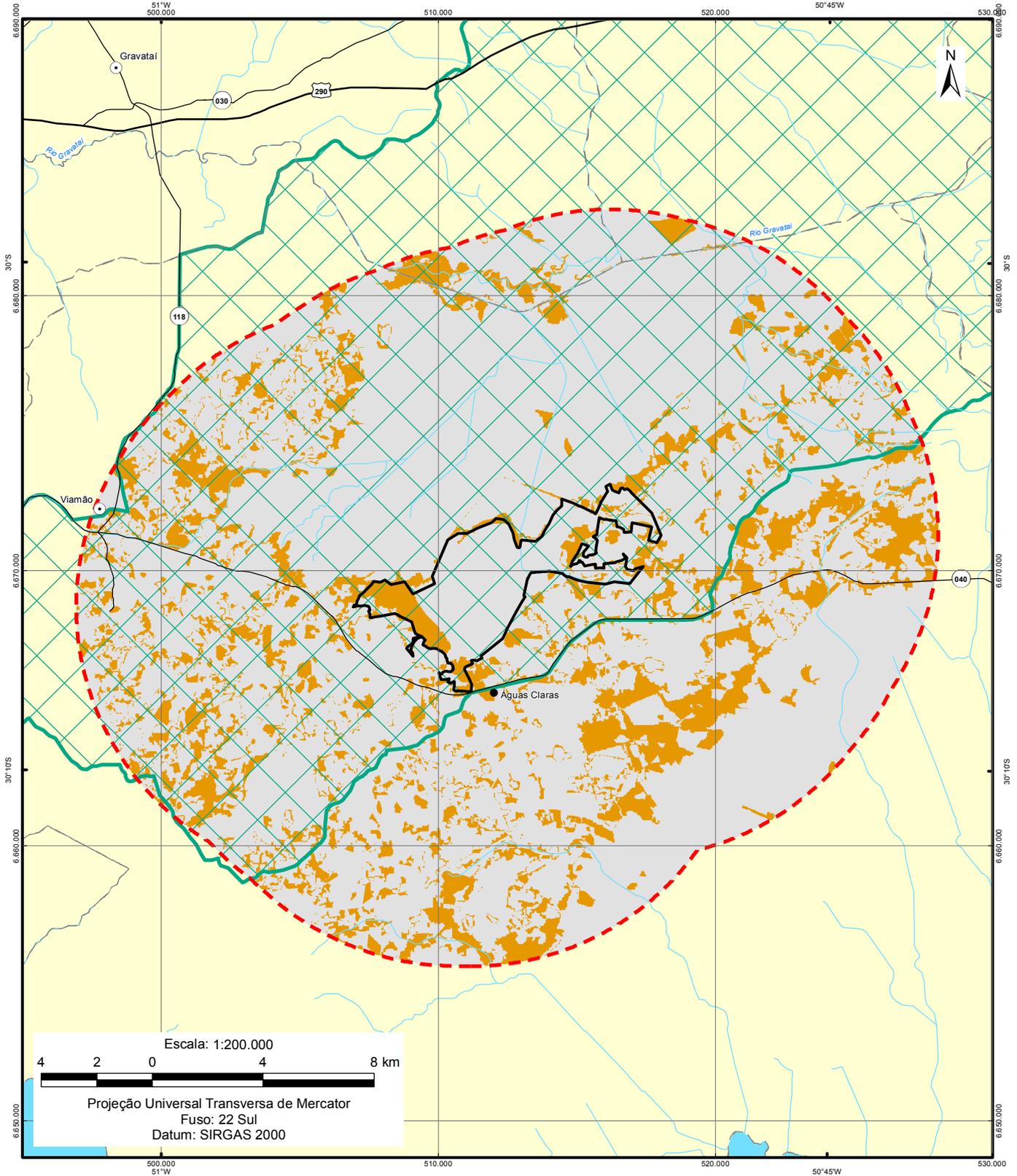


Figura 12 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2001 - 2009



Legenda

○ Sede Municipal	● Localidade	Locais sem mudança de classe
Hidrografia:	Locais com mudança de classe	
RVS Banhado dos Pachecos		
Área de Estudo		
APA Banhado Grande		
Sistema de Transporte:		
Rodovia Federal		
Rodovia Estadual		

Localização



5.6 Detecção das mudanças entre o ano 2009 e 2017

Com relação a análise das mudanças ocorridas entre o período de 2009 a 2017 detectou-se que 14.415 hectares foram afetados por alguma mudança de classe. Na Tabela 6 pode ser observado o balanço de perda e aumento de área para cada uma das classes mapeadas. Na coluna Balanço de Áreas os valores negativos são as classes que possuem área menor em 2017 quando comparada com o ano de 2009 e as que apresentam balanço positivo tiveram acréscimo de área.

Tabela 6 – Balanço de mudanças, período de 2009 a 2017.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de Área (ha)	Balanço de Áreas (ha)
Vegetação Arbórea	2.348,87	4.012,11	1.663,25
Banhado	1.490,63	570,56	- 920,07
Recurso Hídrico	440,64	1.389,56	948,92
Agricultura – Arroz	1.756,42	2.494,33	737,91
Agropecuária	3.015,25	1.484,69	- 1.530,56
Associação de Sítios e Produtores Rurais	4.992,44	3.446,91	- 1.545,53
Solo Exposto	80,30	71,39	- 8,91
Área Urbana	291,42	946,42	655,00

Na Figura 13 pode-se visualizar a distribuição dos locais que sofreram alteração, representados no mapa em cor laranja. Pode-se perceber que as mudanças de classe de uso e cobertura estão distribuídas por praticamente toda a área de estudo, com exceção das áreas dominadas pelo cultivo do arroz. Outra alteração de classe interessante se deu na porção norte da área de estudo, com uma migração de áreas de classe Banhado para a classe Recurso Hídrico.

O Anexo 5 contém todas as conversões de classes, onde é possível analisar detalhadamente quais conversões ocorreram (*e.g.* de classe “A” para classe “B”) e bem como qual a extensão, hectares

da alteração. A partir desses dados conclui-se que a maior mudança de classe foi a migração da classe Vegetação Arbórea para a classe Associação de Sítios e produtores rurais com aumento de 1.289ha.

Ao analisar a dinâmica das mudanças do uso e cobertura do solo dentro do RVSBP, para o período de 2009 a 2017, a classe Banhado foi a que apresentou a mais significativa diminuição de área e a classe Agricultura – Arroz foi a que apresentou maior aumento de área, conforme consta na Tabela 7. As demais classes apresentaram menor variação, sendo que a classe Solo Exposto foi a que se manteve mais estável, com variação positiva de 1,35 ha.

Tabela 7 – Balanço de mudanças ocorridas na RVSBP, período de 2009 a 2017.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de Área (ha)	Balanço de Áreas (ha)
Vegetação Arbórea	172,91	96,82	- 76,10
Banhado	229,01	97,94	- 131,06
Recurso Hídrico	15,03	63,81	48,78
Agricultura – Arroz	69,19	217,71	148,52
Agropecuária	43,52	0,07	- 43,45
Associação de Sítios e Produtores Rurais	76,52	132,95	56,43
Solo Exposto	0,36	1,71	1,35
Área Urbana	6,26	1,78	- 4,48

Ao comparar as mudanças ocorridas no interior do RVSBP com as ocorridas no seu entorno, para o período, percebe-se uma dinâmica distinta, como pode-se observar no Gráfico 3. Na área do entorno as classes que sofreram maior aumento de área foram as de Vegetação Arbórea, com 27,83% de aumento e de Associação de Sítios e produtores rurais com 23,91%. Já no interior da UC a classe Agricultura – Arroz apresentou 35,53% de aumento. As classes que sofreram maiores retrações na área de estudo foram a de Associação de Sítios e produtores rurais, com 34,63% e a de Agropecuária,

com 20,92%. Para o interior da UC as classes que tiveram maiores diminuições foram as de Banhado, com 37,37% e a de Vegetação Arbórea, com 28,22%. No referido gráfico os tons claros significam diminuição de área e os tons mais escuros significam aumento.

Gráfico 3 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2009 - 2017.

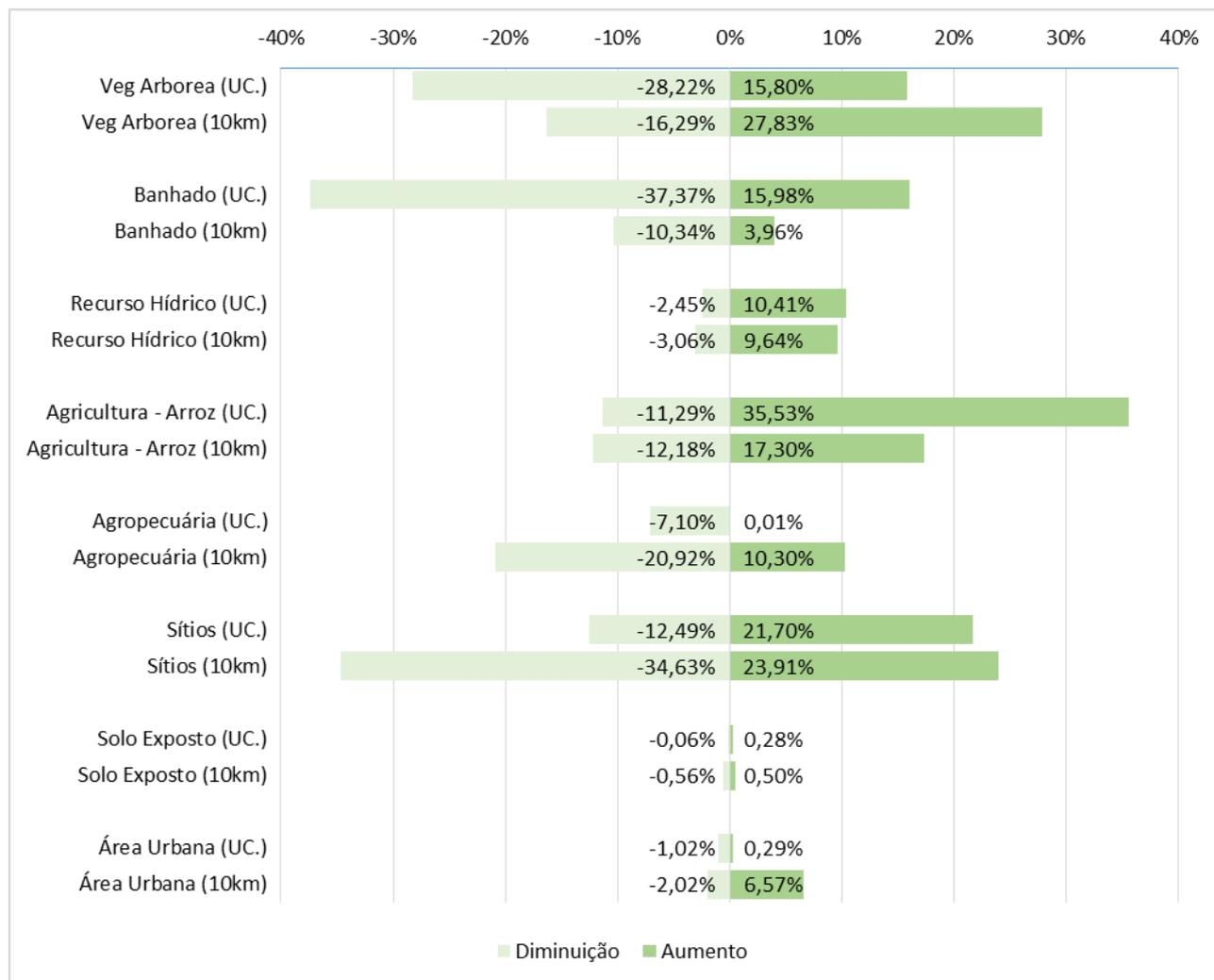
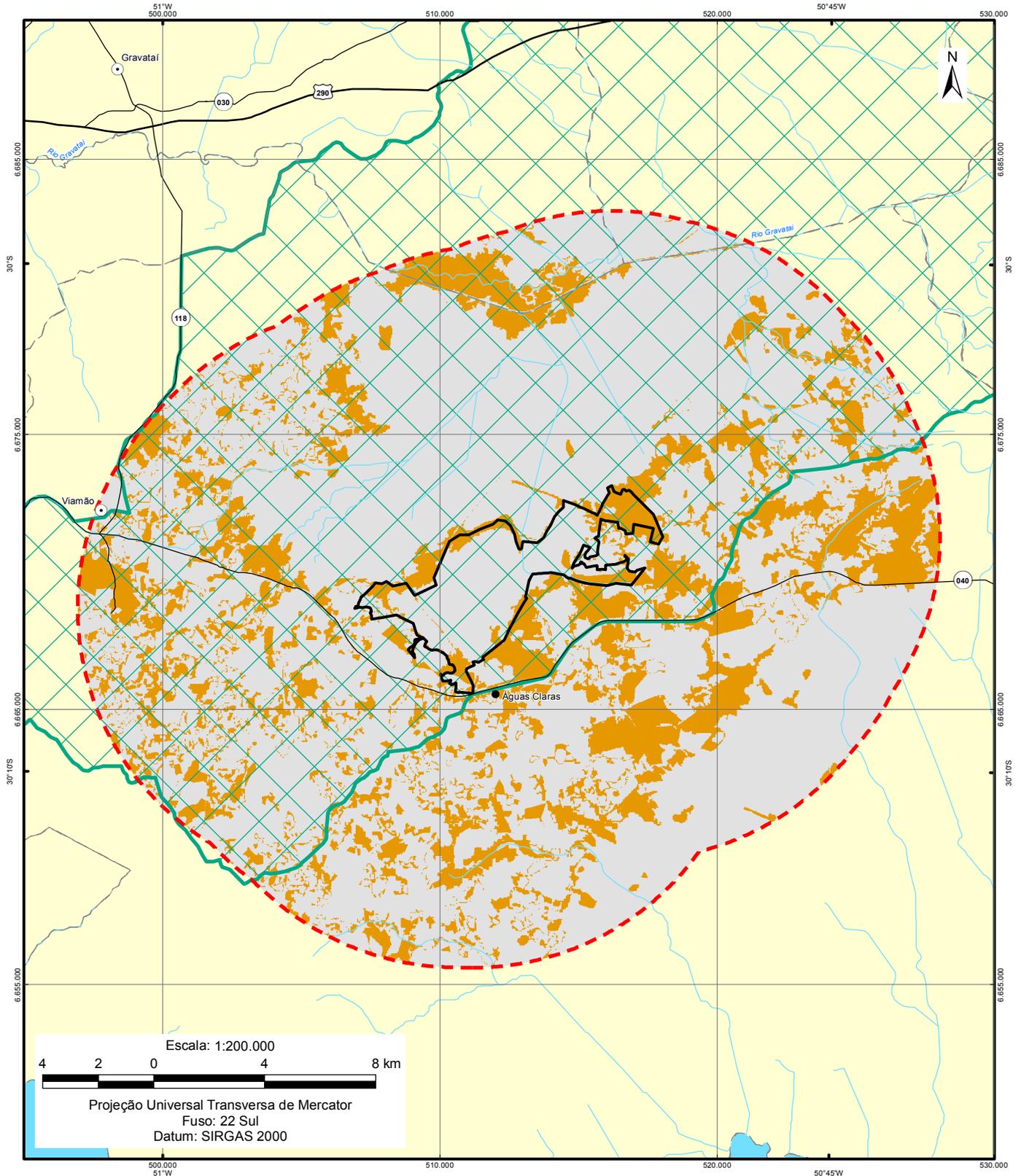


Figura 13 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2009 - 2017



Legenda

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ● Localidade Massa d'água RVS Banhado dos Pachecos Área de Estudo APA Banhado Grande Sistema de Transporte: Rodovia Federal Rodovia Estadual 	<p>Deteccão de Mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> Localis sem mudança de classe Localis com mudança de classe
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localização



5.7 Detecção das mudanças entre o ano 2001 e 2017

Com relação a análise das mudanças ocorridas entre o período de 2001 a 2017 detectou-se que 15.177,51 hectares foram afetados por alguma mudança de classe. Na Tabela 8 pode ser observado o balanço de perda e aumento de área para cada uma das classes mapeadas. Na coluna Balanço de Áreas os valores negativos são as classes que possuem área menor em 2017 quando comparada com o ano de 2001 e as que apresentam balanço positivo tiveram acréscimo de área.

Tabela 8 – Balanço de mudanças, período de 2001 a 2017.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de Área (ha)	Balanço de áreas (ha)
Vegetação Arbórea	2.008,91	4.720,07	2.711,16
Banhado	1.743,73	466,92	- 1.276,81
Recurso Hídrico	343,01	1.250,62	907,61
Agricultura – Arroz	1.837,49	2.047,37	209,88
Agropecuária	3.471,05	1.620,83	- 1.850,22
Associação de Sítios e Produtores Rurais	5.446,37	3.794,40	1.651,97
Solo Exposto	20,52	141,75	121,23
Área Urbana	306,43	1.135,55	829,13

Na Figura 14 pode-se visualizar a distribuição dos locais que sofreram alteração, representados no mapa em cor laranja. Pode-se perceber que as mudanças de classe de uso e cobertura estão distribuídas por praticamente toda a área de estudo, com exceção das áreas dominadas pelo cultivo do arroz. Outra alteração de classe interessante se deu na porção norte da área de estudo, com uma migração de áreas de classe Banhado para a classe Recurso Hídrico.

O Anexo 6 contém todas as conversões de classes, onde é possível analisar detalhadamente quais conversões ocorreram (*e.g.* de classe “A” para classe “B”) e bem como qual a extensão, hectares

da alteração. A partir desses dados conclui-se que a maior mudança de classe foi a migração da classe Associação de Sítios e produtores rurais para a classe Vegetação Arbórea com aumento de 3.114,02 ha.

Ao analisar a dinâmica das mudanças do uso e cobertura do solo dentro do RVSBP, para o período de 2001 a 2017, a classe Banhado foi a que apresentou a mais significativa diminuição de área e a classe Agricultura - Arroz foi a que apresentou maior aumento de área, conforme consta na Tabela 9. As demais classes apresentaram menor variação, sendo que a classe Área Urbana foi a que se manteve mais estável, com variação negativa de 0,27 ha.

Tabela 9 – Balanço de mudanças ocorridas no RVSBP, período de 2001 a 2017.

Classe	Perda de Área (ha)	Aumento de Área (ha)	Balanço de áreas (ha)
Vegetação Arbórea	173,07	114,44	- 58,64
Banhado	435,87	96,91	- 338,96
Recurso Hídrico	18,47	49,25	30,78
Agricultura – Arroz	0,23	410,76	410,54
Agropecuária	44,28	0,05	- 44,24
Associação de Sítios e Produtores Rurais	138,76	135,41	- 3,35
Solo Exposto	0,18	4,32	4,14
Área Urbana	7,09	6,82	- 0,27

Ao comparar as mudanças ocorridas no interior do RVSBP com as ocorridas no seu entorno, para o período, percebe-se uma dinâmica distinta, como pode-se observar no Gráfico 4. Na área do entorno as classes que sofreram maior aumento de área foram as de Vegetação Arbórea, com 31,10% de aumento e de Associação de Sítios e produtores rurais com 25,00%. Já no interior da UC a classe Agricultura – Arroz apresentou 50,22% de aumento. As classes que sofreram maiores retrações na

área de estudo foram a de Associação de Sítios e produtores rurais, com 35,88% e a de Agropecuária, com 22,87%. Para o interior da UC as classes que tiveram maiores diminuições foram as de Banhado, com 53,29% e a de Vegetação Arbórea, com 21,16%. No referido gráfico os tons claros significam diminuição de área e os tons mais escuros significam aumento.

Gráfico 4 – Comparação das mudanças de uso e cobertura do solo, dentro e fora do RVSBP, período 2001 - 2017.

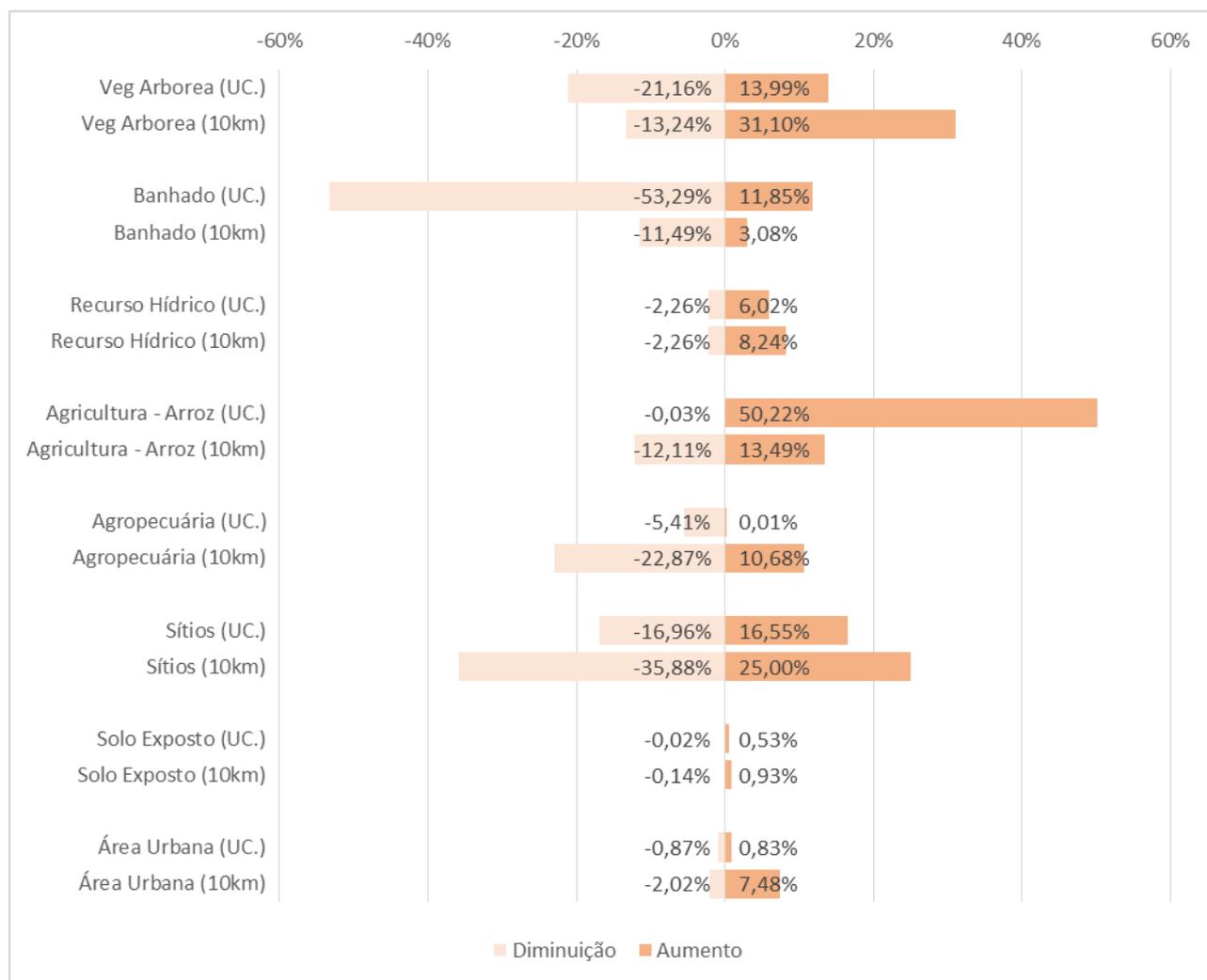
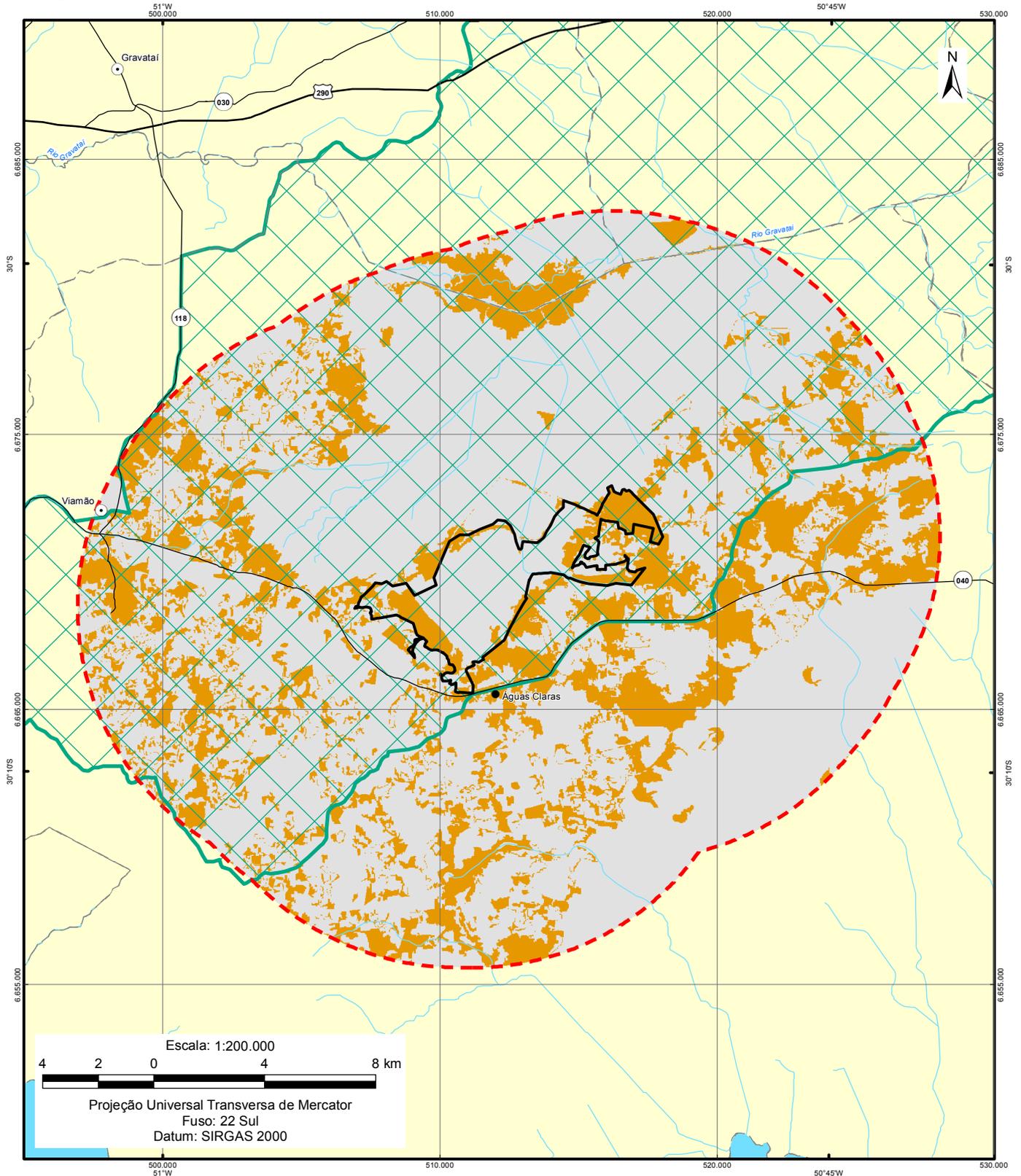


Figura 14 – Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo, de 2001 - 2017



Legenda

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ● Localidade Massa d'água RVS Banhado dos Pachecos Área de Estudo APA Banhado Grande Sistema de Transporte: Rodovia Federal Rodovia Estadual 	<p>Deteção de Mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> Locais sem mudança de classe Locais com mudança de classe
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localização



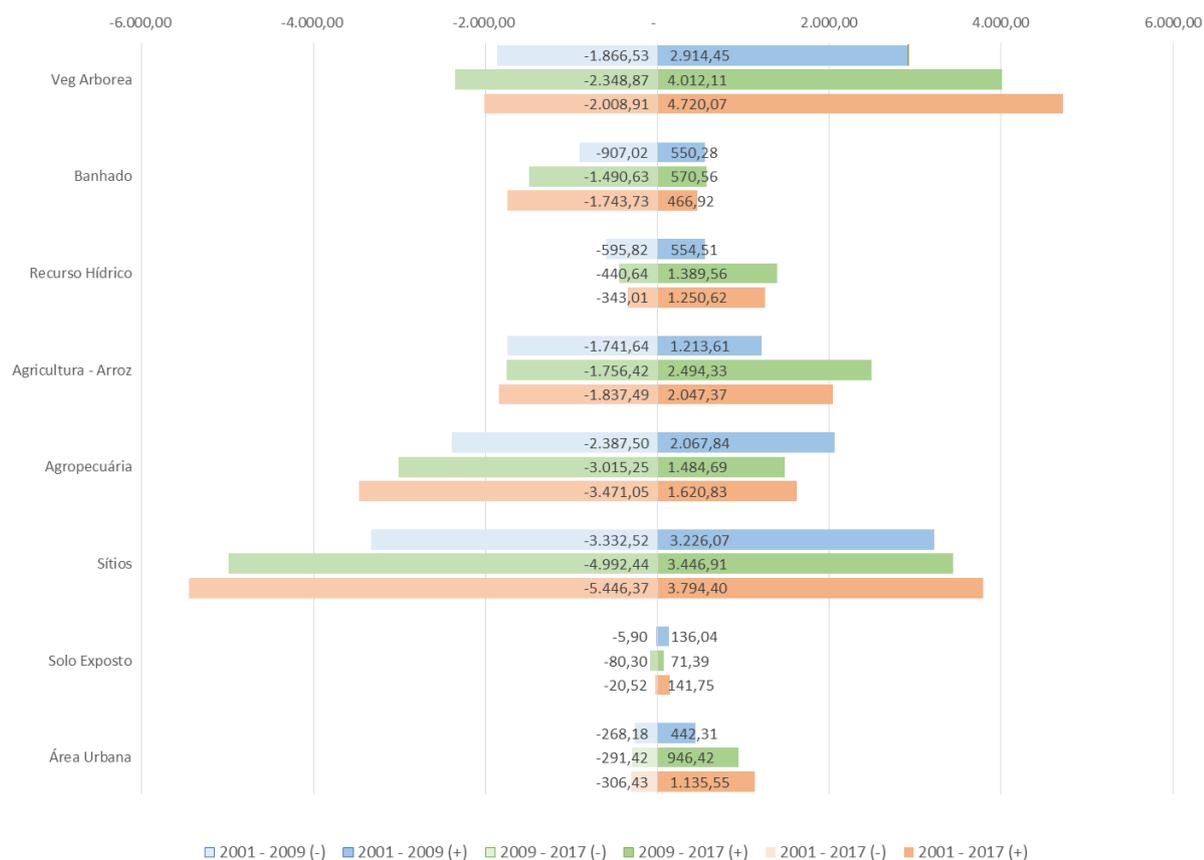
5.8 Discussões

A partir das informações apresentadas por esse estudo é possível observar que mudanças ocorreram em todas as classes de uso e cobertura do solo, tanto de aumento quanto de diminuição de área, e essas modificações se intensificaram com o passar do tempo, o que era esperado uma vez que essas alterações se dão forma cumulativa. Para o período de 2001 a 2009 as mudanças ocorreram em 17,5% da área de estudo e em 19,9% do RVSBP. Para o período de 2009 a 2017 as mudanças ocorreram em 22,8% da área de estudo e em 23,9% do RVSBP. Para o período de 2001 a 2017 as mudanças ocorreram em 24% da área de estudo e em 32% do RVSBP.

No Gráfico 5 podem ser observadas as alterações, em hectares, ocorridas nos períodos estudados, onde as cores azuis são referentes ao período de 2001 a 2009, as cores verdes o período de 2009 a 2017 e as cores laranjas o período de 2001 a 2017, e ainda as cores fortes representam o aumento de área da classe, ao passo que as cores fracas representam sua diminuição de área. Dessa forma pode se verificar que se fosse trabalhado apenas o período de 2001 a 2017 alguns processos de avanço e retração não seriam perceptivos, uma vez que a interpretação mais simples seria distribuir linearmente as alterações de área da classe ao longo dos anos.

O aumento da classe de Vegetação Arbórea, que está concentrado na porção oeste e sudoeste da área de estudo, pode ser interpretado de diversas formas como conversão de áreas para a silvicultura, reforço nas áreas de APP de rio e arroios, a regeneração natural das áreas, introdução de pomares nas áreas de sítios e prováveis áreas plantadas devidos a compensações ambientais impostas pelos órgãos governamentais. Contudo o mais provável é que esse aumento de 4.720,07 hectares (31,10%) de áreas com Vegetação Arbórea, período 2001 a 2017, seja o reflexo de todas essas ações individuais. A Figura 15 apresenta os locais em que não ocorreram mudanças na classe de Vegetação Arbórea e onde apresentaram aumento ou diminuição de áreas para o período 2001-2017.

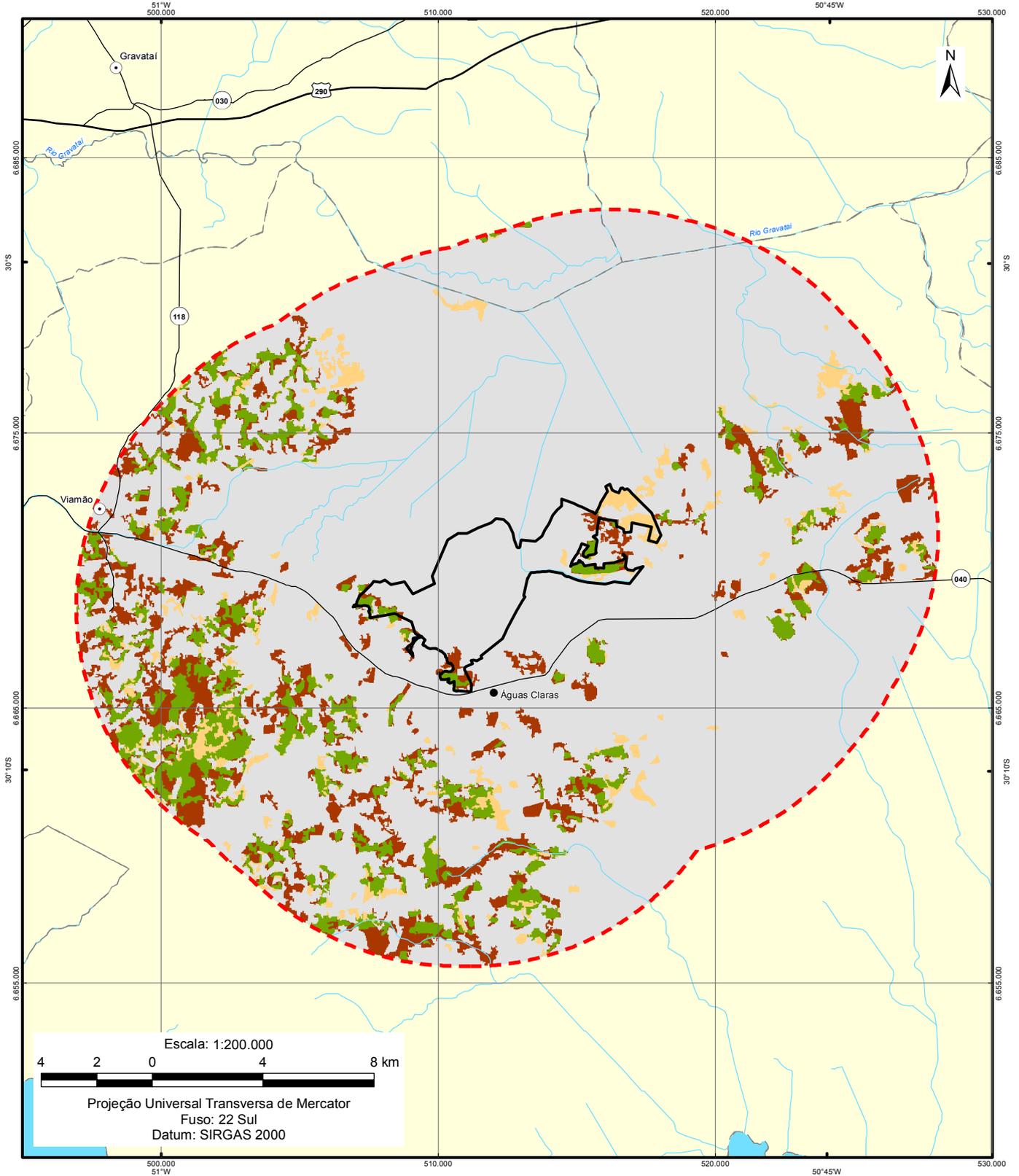
Gráfico 5 – Mudanças de uso e cobertura do solo, em hectares, ocorridas no período de estudo para cada classe.



A classe de Agricultura – Arroz apresentou um incremento de área superior no período 2009 – 2017 quando comparado ao período 2001 – 2017, e em contrapartida não apresentou alteração na sua dinâmica de diminuição de área. Esse incremento fora do padrão para o período de 2009-2017 ocorreu, possivelmente devido ao abandono de áreas posterior ao 2001 e que foram retomadas somente após o ano de 2009, onde dessa forma na análise do período 2001-2017 estimou como áreas consolidadas para essa classe. Na Figura 16 apresenta os locais em que não ocorreram mudanças na classe de Agricultura – Arroz e onde apresentaram aumento ou diminuição de áreas para o período 2001-2017. As alterações, de aumento ou diminuição, estão concentradas nas bordas das áreas já consolidadas, localizada a sudeste, ao centro e ao norte da área de estudo.

O comportamento da relação aumento e diminuição de áreas de classe Banhado se apresenta diferente dos demais. O acréscimo de áreas se mostrou relativamente constante, com variações de 570,56 ha a 466,92 ha, enquanto a diminuição das áreas apresenta perdas constantes, onde inicialmente foi de 907,02 ha, passou para 1.490,63 ha e no período de 2001 a 2017 atingiu 1.743,73 ha. Na Figura 17 podem ser visualizados os locais em que não ocorreram mudanças na classe Banhado e onde apresentaram aumento ou diminuição de áreas para o período 2001-2017. Tais alterações concentram-se no RVSBP e áreas próximas e na porção norte da área de estudo.

Figura 15 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Vegetação Arbórea



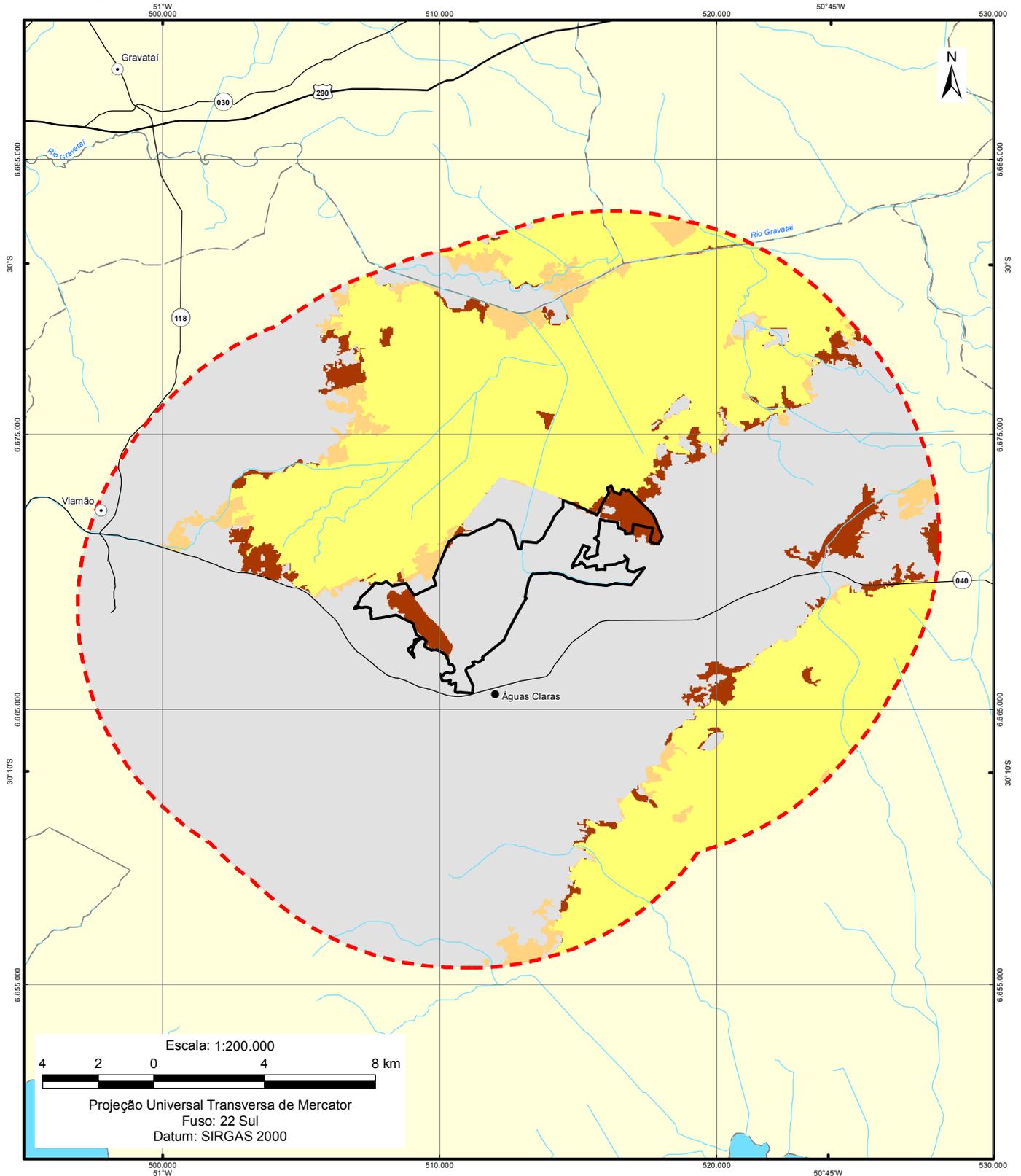
Legenda

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ● Localidade Hydrografia: ▭ RVS Banhado dos Pachecos ▭ APA Banhado Grande ▭ Área de Estudo Sistema de Transporte: ▭ Rodovia Federal ○ Rodovia Estadual 	<p>Deteccção de mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vegetação Arbórea ■ Aumento de Vegetação Arbórea ■ Diminuição de Vegetação Arbórea ■ Demais Classes
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localização



Figura 16 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Agricultura - Arroz



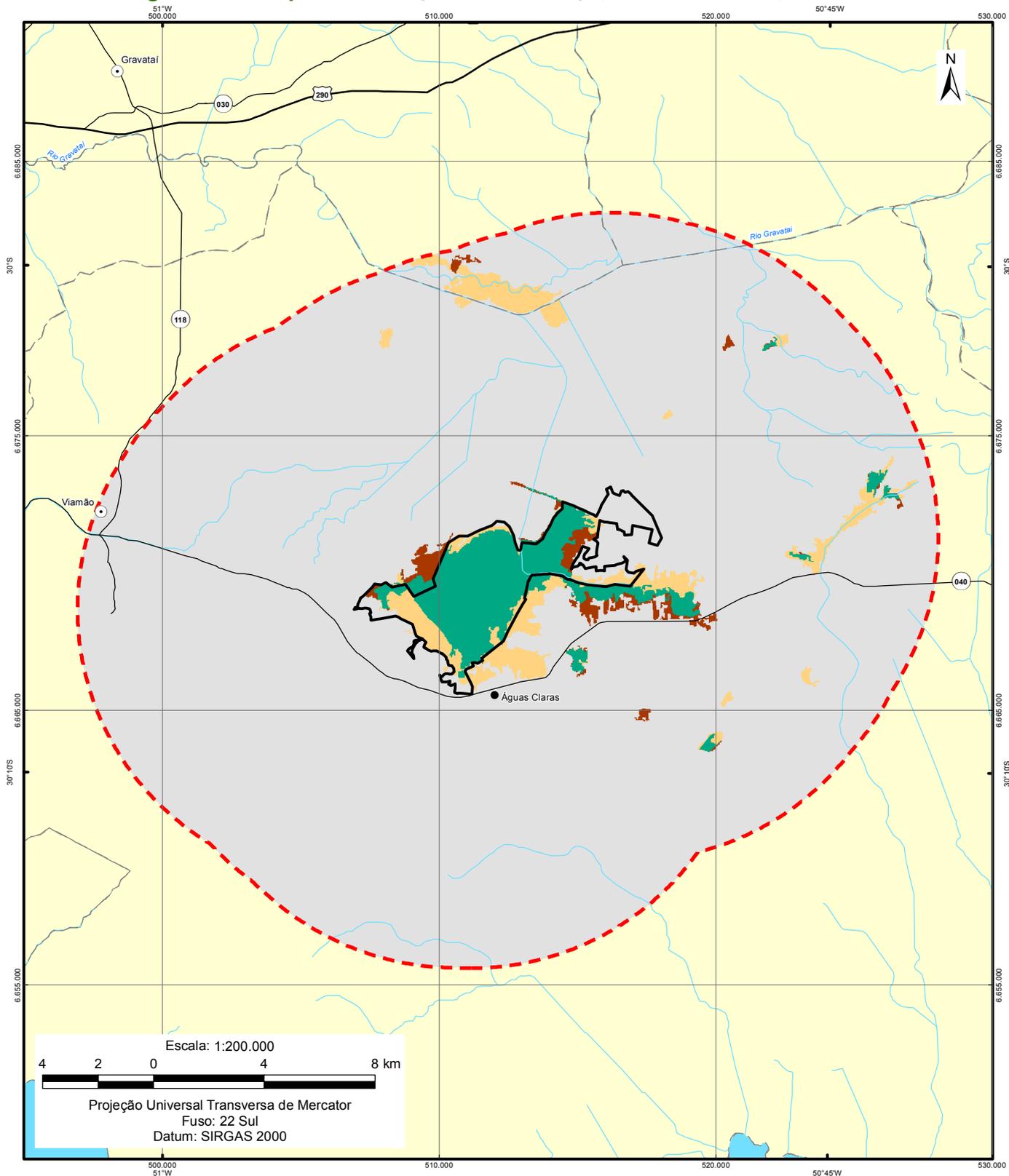
Legenda

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ● Localidade Hydrografia: ▭ RVS Banhado dos Pachecos ▭ APA Banhado Grande ▭ Área de Estudo Sistema de Transporte: ▭ Rodovia Federal ○ Rodovia Estadual 	<p>Deteção de mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▭ Agricultura - Arroz ▭ Aumento de Agricultura - Arroz ▭ Diminuição de Agricultura - Arroz ▭ Demais Classes
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localização



Figura 17 – Mapa de detecção de mudança, de 2001 a 2017, Banhado



Legenda

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sede Municipal ● Localidade Hydrografia: ▭ RVS Banhado dos Pachecos ▭ APA Banhado Grande ▭ Área de Estudo Sistema de Transporte: ▭ Rodovia Federal ○ Rodovia Estadual 	<p>Deteção de mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▭ Banhado ▭ Aumento de Banhado ▭ Diminuição de Banhado ▭ Demais Classes
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Localização



Um fator importante que ajuda a compreender a dinâmica de mudanças entre as classes de Banhado, Recursos Hídricos e Agricultura – Arroz são os pulsos de inundação. Os pulsos de inundação podem ser entendidos com a alternância sazonal entre ambientes terrestres e aquáticos em um mesmo local (SIMIONI, 2017). Ao levantar os dados pluviométricos, registrados no posto pluviométrico Lombas da Agência Nacional de Águas e que fica distante 3 km da UC, para os últimos 14 dias anteriores a data de cada uma das imagens apresenta a informação de que no ano de 2017 a precipitação acumulada foi maior que o dobro da precipitação registrada para as outras datas, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Precipitação acumulada e média para os períodos de estudo.

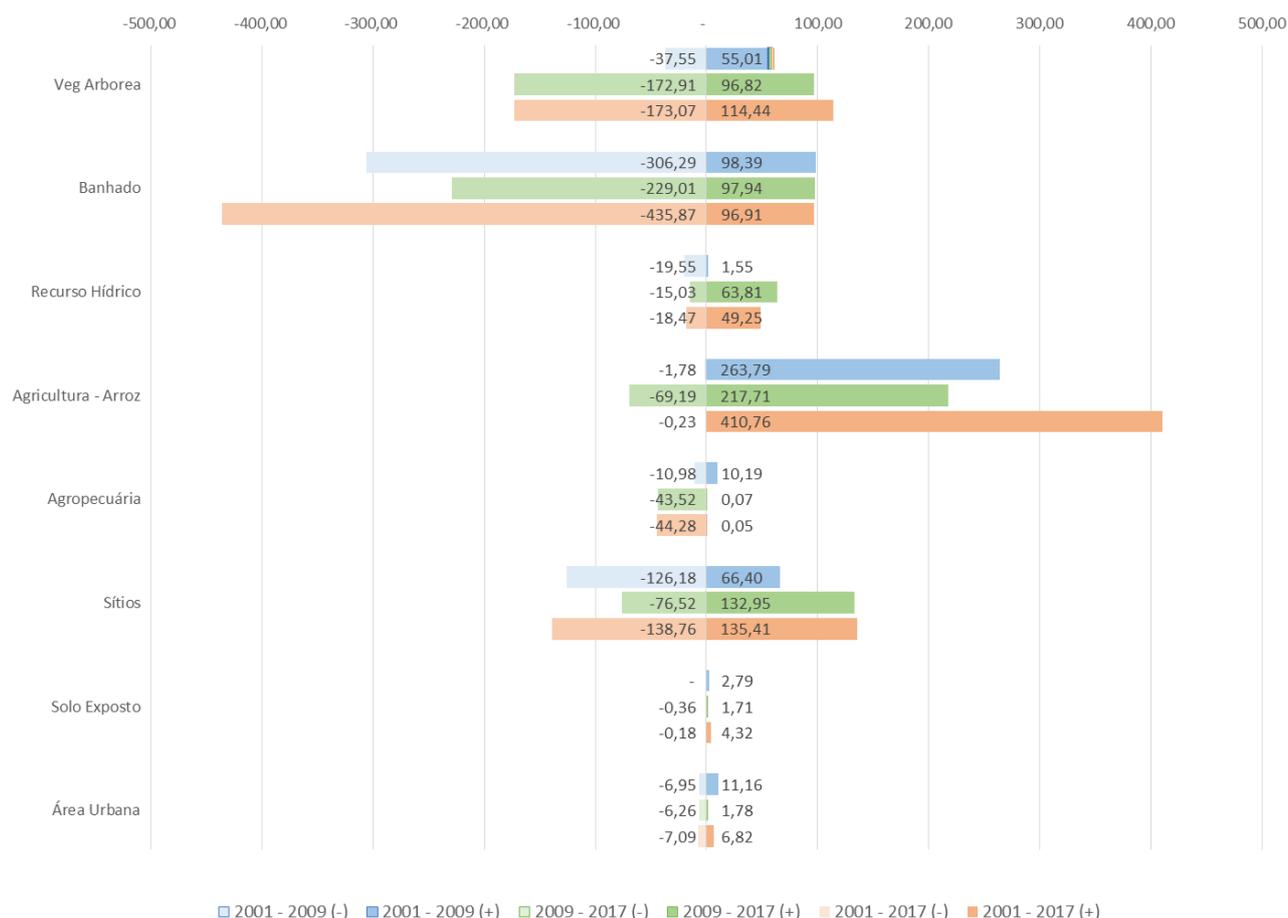
Data da Imagem	Precipitação acumulada (14 dias)
27/12/2001	41 mm
07/01/2009	67 mm
13/01/2017	146 mm

Para as análises de mudança que utilizam o ano de 2017 pode-se perceber visualmente o aumento de área da classe de Recursos Hídricos, na porção norte da área de estudo, avançando sobre a classe Banhado. Estima-se que essa mudança seja reflexo dessa alternância sazonal, contudo para compreender melhor essa questão se faz necessária a realização de outros estudos.

Para o interior do RVSBP, percebe-se uma dinâmica distinta da que ocorre no seu entorno, uma vez que o balanço das áreas não se apresenta da forma. As diferenças na forma do gráfico já evidenciam uma menor intensidade na mudança do uso e cobertura do solo. Para a classe de Vegetação Arbórea, por exemplo, o balanço foi negativo nos dois últimos períodos e levemente positivo no primeiro período, ao passo que no entorno houve aumento de áreas para essa classe.

No Gráfico 6 podem ser observadas as alterações, em hectares, ocorridas no interior do RVSBP nos períodos estudados, onde as cores azuis são referentes ao período de 2001 a 2009, as cores verdes o período de 2009 a 2017 e as cores laranjas o período de 20001 a 2017, e ainda as cores fortes representam o aumento de área da classe, ao passo que as cores fracas representam sua diminuição de área.

Gráfico 6 – Mudanças de uso e cobertura do solo dentro do RVSBP, em hectares, ocorridas no período de estudo para cada classe.



O acréscimo constante nas áreas de cultivo de arroz, no interior da UC, deve ser analisado com grande atenção pela equipe que administra a UC. Teoricamente as áreas de cultivo de arroz deveriam diminuir devido a criação do RVSBP no ano de 2002, contudo os dados demonstram um balanço positivo para todos os períodos. Essa informação pode servir de subsídio aos administradores da UC no momento de construção do plano de manejo, como um indicador de estado a ser adotado. Assim, o mapeamento sistemático, bem como a detecção de mudanças, com foco principalmente nas áreas de agricultura de arroz e expansão de sítios, classes estas com potencial significativo de interferência na paisagem local, são desejáveis enquanto instrumento a ser previsto pelo plano de manejo.

6 CONCLUSÕES

Devido à heterogeneidade da paisagem onde, verifica-se tanto grandes extensões de terras com cobertura homogênea, quanto mosaicos de pequenas propriedades e áreas urbanizadas com grande heterogeneidade de respostas espectrais, provavelmente a escala definida para o estudo e seu respectivo sensor não foi a mais adequada. Porém a tarefa de selecionar um sensor, ou conjunto de sensores que sejam compatíveis entre si, que apresente um intervalo temporal compatível com as dinâmicas de mudanças do uso e cobertura, ainda não é uma tarefa fácil. Espera-se que em um futuro próximo, com a manutenção dos sensores atuais em operação e a inserção de novos sensores, a exemplo da série Sentinel e dos produtos do Planet Labs, seja possível replicar o presente estudo, mas com maior nível de detalhamento, e avançar na identificação das mudanças, principalmente no interior do Refúgio da Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

A dificuldade de mapeamento imposta pelos sensores escolhidos para o estudo pode ser observada claramente pela dificuldade de separação das áreas de silvicultura e de vegetação arbórea, nos locais onde houve diminuição da área urbana e na necessidade da forte intervenção manual no processo de classificação das imagens.

Apesar das limitações encontradas, podemos concluir que, por exemplo, ocorreu a diminuição gradativa das áreas de banhado, dentro e fora do RVSBP, o constante aumento das áreas destinadas ao cultivo do arroz, bem como os constantes pulsos de inundação que se evidenciam principalmente pelo aumento e diminuição entre as classes de Recursos Hídricos e Banhado.

Para o período de 2001 a 2017, que se inicia antes do decreto de criação da UC e o ano mais atual possível, estima-se que 32% da área do RVSBP sofreu algum tipo de mudança de uso e cobertura do solo. Dentre esses 32% a classe que apresentou os maiores acréscimos de área foram as classes de Agricultura – Arroz e de Associação de Sítio e produtores rurais, que respectivamente compreendem áreas de 410 hectares e de 135 hectares. As classes que foram mais impactadas com perda de área foram as classes Banhado e Vegetação Arbórea, que respectivamente compreendem áreas de 435 hectares e de 173 hectares.

A visível diminuição das áreas de banhado no interior do RVSBP é preocupante, pois dificulta o cumprimento do objetivo principal dessa UC que é a manutenção dos habitats que sustentam a vida de diversos animais silvestres, dentre outros impactos a esse ambiente. Além de refúgio para diversas aves, essa unidade de conservação abriga os últimos indivíduos do cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) sobreviventes em todo o Estado do Rio Grande do Sul, segundo a SEMA/RS. Sendo assim é preocupante a diminuição das áreas preservadas de banhado, bem como o aumento das áreas destinadas ao cultivo do arroz dentro do Refúgio da Vida Silvestre Banhado do Pachecos, uma vez

que normalmente essas duas classes se desenvolvem em uma mesma porção topográfica do relevo, assim competindo diretamente, entre si, por espaço.

7 BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J.R., Hardy, E.E., Roach, J.T., Witmer, R.E., 1976. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964.** US Department of Interior. 36p.

ANDRADE, S. C. P.; ALBUQUERQUE, E. M. de; MORAIS, H. F.; NETO, C. F. S.; SANTOS, C. A. C. **Análise do Comportamento do NDVI e NDWI no Município de Sousa-PB.** I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande - PB, 2013. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade_4datahora_09_11_2013_08_53_50_idinscrito_528_6712ab3bbb30400ed495872de0597bb3.pdf> Acesso em 10 de julho de 2016.

BACKES, P. & IRGANG B. **Mata atlântica: As Árvores e a Paisagem.** Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004.

BLASCHKE, T. & KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG: novos sistemas sensores: métodos inovadores.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CAKIR, H.I.; KHORRAM, S.; NELSON, S. **Correspondence analysis for detecting land cover change. Remote Sensing of Environment.** New York, NY: Elsevier, n. 102, 2006, p. 306-317.

CARREIRAS, J. M. B. et al. **Assessing the extent of agriculture / pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. In Remote Sensing of Environment.** New York, NY: Elsevier, n. 101, 2005, p. 283-298.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 236p.

COPPIN, P., JONCKHEERE, I., NACKAERTS, K., MUYS, B., LAMBIN, E. **Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International Journal of Remote Sensing.** Taylor e Francis Ltd., n. 9, p. 1565-1596, 10 de maio de 2004.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. UNICAMP/Instituto de Geociências, 1999.

DOBROVOLSKI, R. **A paisagem do Parque Estadual de Itapeva, RS, e seu entorno: padrões, processos e fatores direcionadores**. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 80p.

DUARTE, M. & BENCKE, G. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapeva**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/24172037-plano-manejo-peitapeva.pdf> Acesso em 01 de maio de 2016

_____. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Estadual da Serra Geral**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/24172526-plano-manejo-rbserrageral.pdf> Acesso em 01 de maio de 2016

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S.; JACÓBSEN, L. **Caracterização da dinâmica temporal dos Campos do Rio Grande do Sul por meio de Imagens AVHRR/NOAA**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, v. 15, n.1, p. 69-83, 2007.

GAO, B. C. **NDWI - A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from space**. Remote System Environmental, New York, NY: Elsevier, n 58, 1996, p. 257-266

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. 420p.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso em 20 de março de 2016

_____. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130p.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **O que é Plano de Manejo? Como faço para acessar todos?**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/perguntas-frequentes/162-o-que-e-plano-de-manejo>> Acesso em 02 novembro de 2016.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manual de Geoprocessamento do SPRING**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>> Acesso em 07 de novembro de 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da 2 ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antonio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese. 2009. 672p.

KIEL, R., **Detecção de Mudanças no Uso e na Cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado apresentada para Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul, 2008. 203 p.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDÍZIO, E.; MORAN, E. **Change detection techniques**. International Journal of Remote Sensing, 2004. v. 25, n. 12, p. 2365-2407

LUNETTA, R. S.; KNIGHT, F. J.; EDIRIWICKREMA, J.; LYON, J. G.; WORTHY, L. D. **Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data**. Remote Sensing of Environment, v. 105, 2006, p. 142-154.

MARCUZZO, S.; PAGEL, S. M. & CHIAPPETTI, M. I. S. **A reserva da biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul: situação atual, ações e perspectivas**. Conselho nacional da reserva da biosfera da Mata Atlântica: Porto Alegre: Caderno nº 11, 1998. 60p.

MÁS, J. F. **Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques**. International Journal of Remote Sensing. v. 20, n. 1, 1999, p. 139 – 152.

MENESES, P. R., ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, 2012. 266p.

MITTERMEIR, R. A.; WERNER, T.; AIRES, J. M. & FONSECA, G. A. B. **O país da megadiversidade**. Ciência Hoje, 14(81): 20-27, 1992.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Protegidas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas>> Acesso em 03 de novembro de 2016.

_____. **Consulta por Unidade de Conservação**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-por-uc>> Acesso em 13 de outubro de 2016.

_____. **Bioma Pampa**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/pampa> > Acesso em 07 de novembro de 2016.

MORSELLO, C. **Áreas protegidas públicas e privadas: Seleção e Manejo**. São Paulo: Annablume Fapesp, 2001. 344p.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **LANDSAT Science**. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov>> Acesso em 05 de janeiro de 2017

NASA / USGS, National Aeronautics and Space Administration / United States Geological Survey. **LANDSAT Science**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/about-landsat>> Acesso em 02 de novembro de 2016

OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993, 152p.

PINHEIRO, E. S. **Avaliação de imagens Quickbird na análise geográfica de um setor da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2003. 183p.

PORTAL BRASIL. **Conheça os biomas brasileiros**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2009/10/biomas-brasileiros>> Acesso em: 01 outubro de 2016

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. 3.ed. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.

RAMOS, R.A.; BALBUENO, R.A.; IRGANG, G.V. & OLIVEIRA, M.L.A.A. **Mapeamento de cobertura do solo através da classificação da imagem LANDSAT- TM com o apoio de fotografias aéreas oblíquas de pequeno formato - Um caso na bacia hidrográfica do rio Gravataí, RS, Brasil.** In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia, 2001. Anais. Porto Alegre. CD-ROM.

RIBEIRO, R. J. C.; BAPTISTA, G. M. M.; BIAS, E. S. **Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Anais.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.** São Paulo: Âmbito cultural, 1997. 747p.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHEEL, J. A., DEERING, D. W. **Monitoring Vegetation System in the Great Plains with ERTS.** Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Greenbelt: NASA SP-351, 3010-3017.

SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira.** Brasília: APREMAVI, 2002. 156p.

SEMA/RS, Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Unidades de Conservação Estaduais.** Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174> Acesso em: 09 de novembro de 2016

_____. **Licenciamento e Unidades de Conservação.** Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=404> Acesso em 10 novembro de 2016

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo – referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Unicamp, 2003.

SILVA, T. S. **Planejamento Ambiental na Costa da Lagoa dos Patos, Planície Costeira do Rio Grande do Sul.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica. Universidade Federal de Rio Grande, 2008. 104 p.

SIMIONI, J. P. D. **Pulsos de Inundação e Conectividade em Áreas Úmidas, Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande – RS.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Porto Alegre: UFRGS, 2017.

SINGH, A. **Digital change detection techniques using remotely-sensed data.** International Journal of Remote Sensing, v. 10, n. 6, 1989, p. 989-1003.

SNUC – SISTEMA Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Lei nº9.985, de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002.** 5 ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

SOS Mata Atlântica. **Florestas, A Mata Atlântica.** Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>> Acesso em 25 de novembro de 2016.

SPMDR, Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=801&cod_menu=800&tipo_menu=MEIO&cod_conteudo=1366>. Acesso em 18 de novembro de 2016

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. **Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice Kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

USGS, United States Geological Survey. **EarthExplorer.** Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em 08 de março de 2017

_____. **LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook.** Version 2.0, 2016. 106p. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>>. Acesso em 10 de janeiro de 2017

ZAUÍ, A. S. **Fragmentação da mata atlântica: aspectos teóricos.** 1998. 11p.

8 ANEXOS

Anexo 1 - Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2001

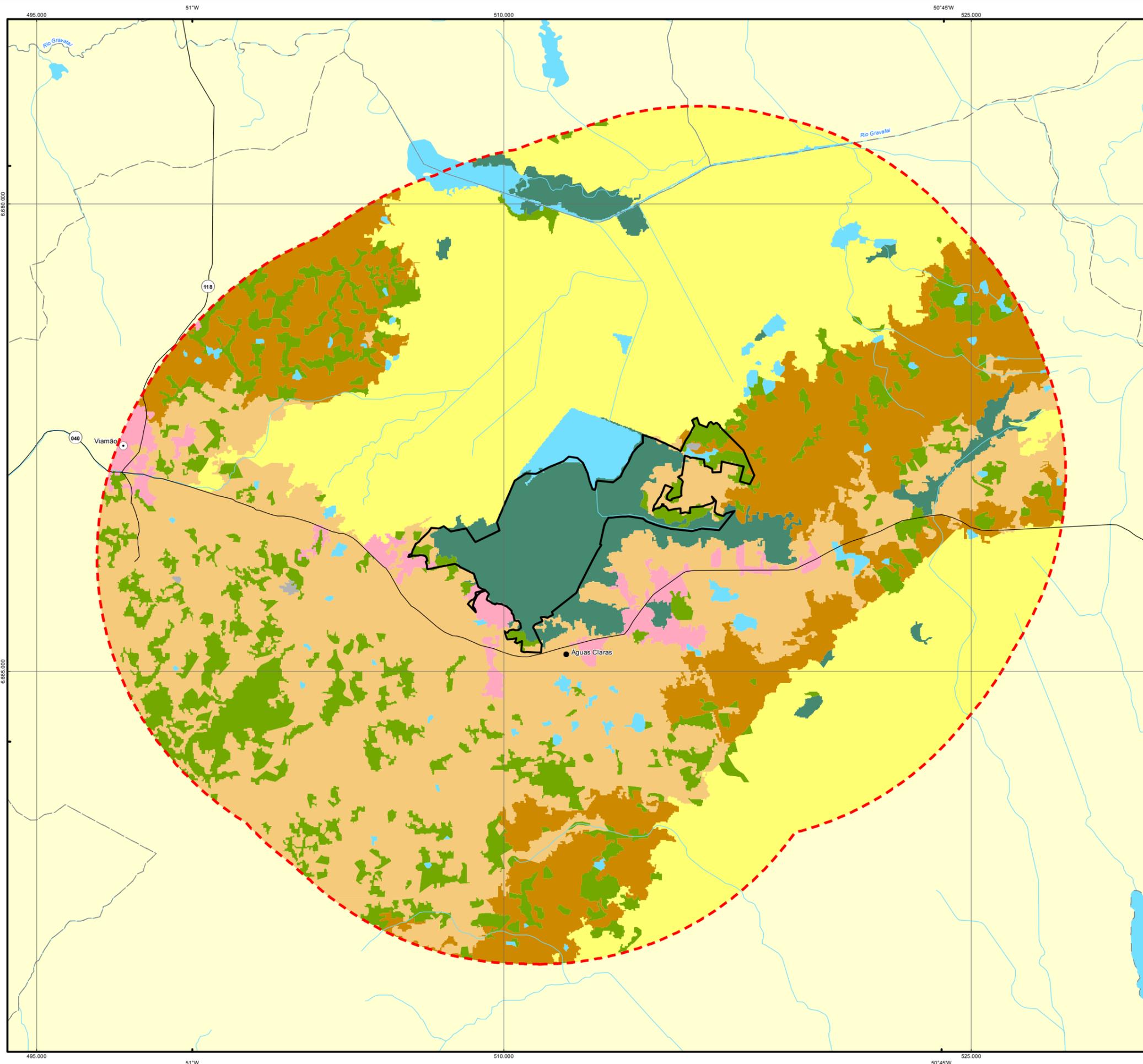
Localização no Trecho

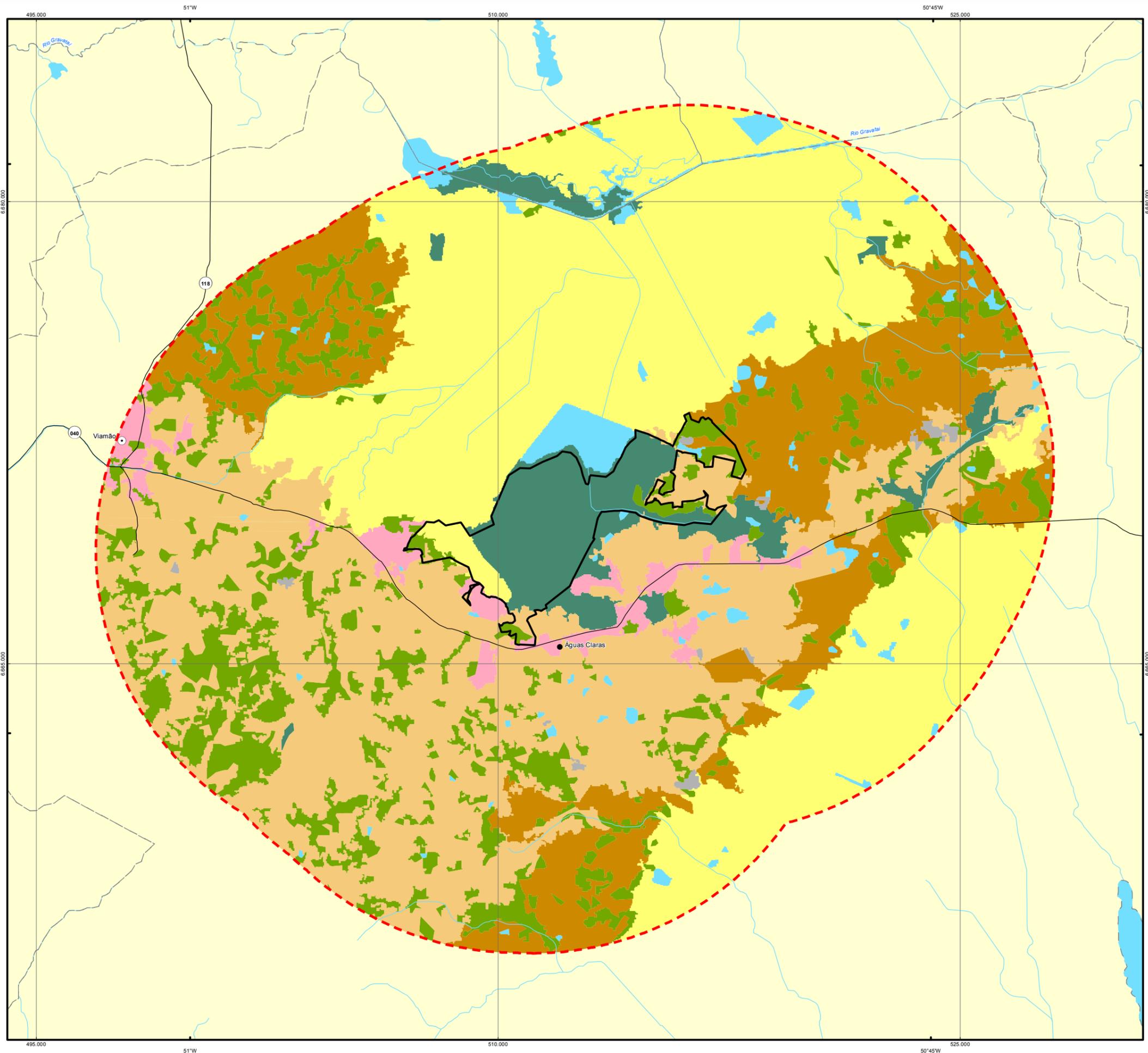


Legenda

- Sede Municipal
- Localidade
- ▭ RVS Banhado dos Pachecos
- ▭ Área de Estudo
- ▭ Limite Municipal
- Sistema de Transporte:
 - ▭ Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
- Uso e Cobertura do Solo:**
- Cobertura Natural**
 - Vegetação Arbórea
 - Banhado
 - Recurso Hídrico
- Uso Antrópico**
 - Agricultura - Arroz
 - Agropecuária
 - Associação de Sítios e Produtores Rurais
 - Solo Exposto
 - Área Urbana

Informações Cartográficas





Anexo 2 - Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2009

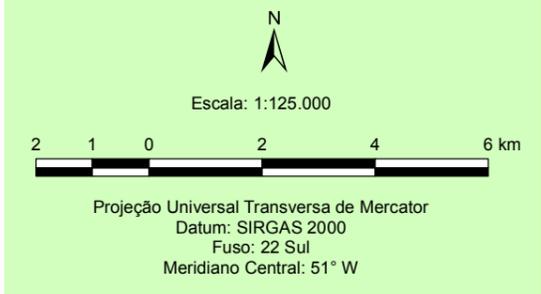
Localização no Trecho



Legenda

- Sede Municipal
- Localidade
- ▭ RVS Banhado dos Pachecos
- ▭ Área de Estudo
- ▭ Limite Municipal
- Sistema de Transporte:
 - ▭ Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
- Uso e Cobertura do Solo:**
- Cobertura Natural**
 - Vegetação Arbórea
 - Banhado
 - Recurso Hídrico
- Uso Antrópico**
 - Agricultura - Arroz
 - Agropecuária
 - Associação de Sítios e Produtores Rurais
 - Solo Exposto
 - Área Urbana

Informações Cartográficas



Anexo 3 - Mapa de uso e cobertura do solo, ano de 2017

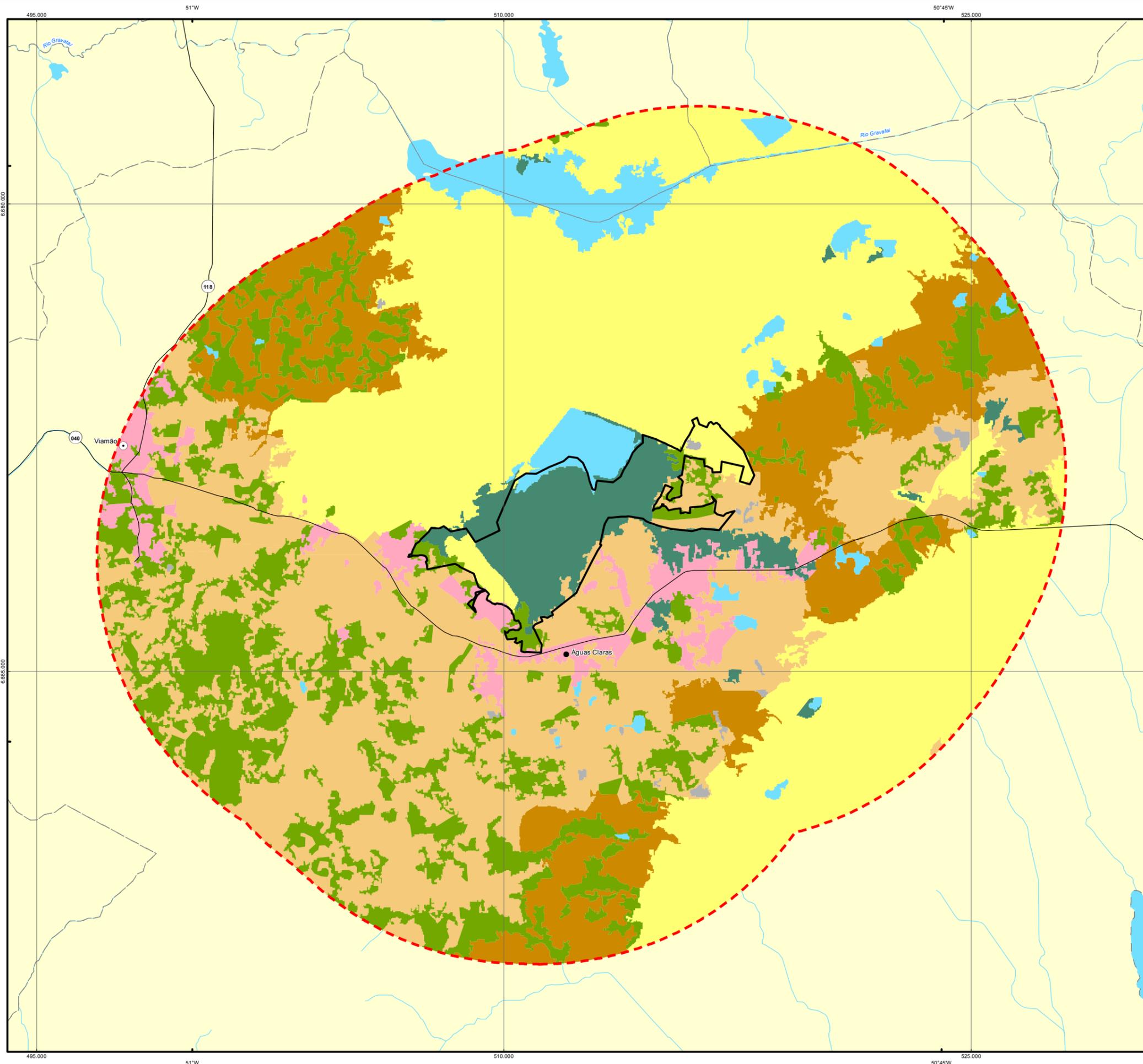
Localização no Trecho



Legenda

- Sede Municipal
- Localidade
- ▭ RVS Banhado dos Pachecos
- ▭ Área de Estudo
- ▭ Limite Municipal
- Sistema de Transporte:
 - ▭ Rodovia Federal
 - Rodovia Estadual
- Uso e Cobertura do Solo:**
- Cobertura Natural**
 - Vegetação Arbórea
 - Banhado
 - Recurso Hídrico
- Uso Antrópico**
 - Agricultura - Arroz
 - Agropecuária
 - Associação de Sítios e Produtores Rurais
 - Solo Exposto
 - Área Urbana

Informações Cartográficas



Anexo 4 – Balanço de mudanças das classes, período de 2001 a 2009.

Classe em 2001	Classe em 2009	Hectares
Veg. Arbórea	Veg. Arbórea	4.427,73
Banhado	Veg. Arbórea	38,59
Recurso Hídrico	Veg. Arbórea	65,93
Agricultura - Arroz	Veg. Arbórea	207,05
Agropecuária	Veg. Arbórea	732,35
Sítios	Veg. Arbórea	1.841,90
Solo Exposto	Veg. Arbórea	2,70
Área Urbana	Veg. Arbórea	25,94
Veg. Arbórea	Banhado	18,14
Banhado	Banhado	2.893,21
Recurso Hídrico	Banhado	244,60
Agricultura - Arroz	Banhado	78,98
Agropecuária	Banhado	43,20
Sítios	Banhado	147,89
Área Urbana	Banhado	17,48
Veg. Arbórea	Recurso Hídrico	22,12
Banhado	Recurso Hídrico	123,21
Recurso Hídrico	Recurso Hídrico	857,16
Agricultura - Arroz	Recurso Hídrico	322,79
Agropecuária	Recurso Hídrico	46,35
Sítios	Recurso Hídrico	40,05
Veg. Arbórea	Agricultura - Arroz	123,23
Banhado	Agricultura - Arroz	478,33
Recurso Hídrico	Agricultura - Arroz	126,54
Agricultura - Arroz	Agricultura - Arroz	21.394,53
Agropecuária	Agricultura - Arroz	253,22
Sítios	Agricultura - Arroz	231,12
Área Urbana	Agricultura - Arroz	1,17
Veg. Arbórea	Agropecuária	478,82
Banhado	Agropecuária	16,65
Recurso Hídrico	Agropecuária	56,70
Agricultura - Arroz	Agropecuária	903,74
Agropecuária	Agropecuária	7.209,72
Sítios	Agropecuária	607,16
Área Urbana	Agropecuária	4,77
Veg. Arbórea	Sítios	1.205,10
Banhado	Sítios	240,44
Recurso Hídrico	Sítios	100,64
Agricultura - Arroz	Sítios	218,03
Agropecuária	Sítios	1.239,86

Classe em 2001	Classe em 2009	Hectares
Sítios	Sítios	14.502,49
Solo Exposto	Sítios	3,20
Área Urbana	Sítios	218,81
Veg. Arbórea	Solo Exposto	3,76
Banhado	Solo Exposto	0,18
Agropecuária	Solo Exposto	31,75
Sítios	Solo Exposto	100,35
Solo Exposto	Solo Exposto	21,83
Veg. Arbórea	Área Urbana	15,37
Banhado	Área Urbana	9,63
Recurso Hídrico	Área Urbana	1,42
Agricultura - Arroz	Área Urbana	11,07
Agropecuária	Área Urbana	40,77
Sítios	Área Urbana	364,05
Área Urbana	Área Urbana	889,16

Anexo 5 – Balanço de mudanças das classes, período de 2009 a 2017.

Classe em 2009	Classe em 2017	Hectares
Veg. Arbórea	Veg. Arbórea	4.993,31
Banhado	Veg. Arbórea	119,16
Recurso Hídrico	Veg. Arbórea	49,41
Agricultura - Arroz	Veg. Arbórea	68,47
Agropecuária	Veg. Arbórea	939,17
Sítios	Veg. Arbórea	2.798,51
Solo Exposto	Veg. Arbórea	1,06
Área Urbana	Veg. Arbórea	36,34
Veg. Arbórea	Banhado	34,20
Banhado	Banhado	1.952,87
Recurso Hídrico	Banhado	30,38
Agricultura - Arroz	Banhado	253,33
Agropecuária	Banhado	15,19
Sítios	Banhado	206,66
Área Urbana	Banhado	30,80
Veg. Arbórea	Recurso Hídrico	13,19
Banhado	Recurso Hídrico	575,55
Recurso Hídrico	Recurso Hídrico	971,03
Agricultura - Arroz	Recurso Hídrico	736,36
Agropecuária	Recurso Hídrico	29,66
Sítios	Recurso Hídrico	34,81
Veg. Arbórea	Agricultura - Arroz	481,01
Banhado	Agricultura - Arroz	194,13
Recurso Hídrico	Agricultura - Arroz	242,93
Agricultura - Arroz	Agricultura - Arroz	20.851,72
Agropecuária	Agricultura - Arroz	1.060,56
Sítios	Agricultura - Arroz	510,21
Solo Exposto	Agricultura - Arroz	0,45
Área Urbana	Agricultura - Arroz	5,04
Veg. Arbórea	Agropecuária	477,59
Banhado	Agropecuária	14,06
Recurso Hídrico	Agropecuária	35,84
Agricultura - Arroz	Agropecuária	389,30
Agropecuária	Agropecuária	6.262,31
Sítios	Agropecuária	553,73
Solo Exposto	Agropecuária	12,60
Área Urbana	Agropecuária	1,58
Veg. Arbórea	Sítios	1.289,57
Banhado	Sítios	570,38
Recurso Hídrico	Sítios	80,78

Agricultura - Arroz	Sítios	297,09
Agropecuária	Sítios	930,87
Sítios	Sítios	12.736,13
Solo Exposto	Sítios	60,57
Área Urbana	Sítios	217,67
Veg. Arbórea	Solo Exposto	6,64
Banhado	Solo Exposto	10,01
Recurso Hídrico	Solo Exposto	0,09
Agricultura - Arroz	Solo Exposto	2,52
Agropecuária	Solo Exposto	8,39
Sítios	Solo Exposto	43,74
Solo Exposto	Solo Exposto	77,56
Veg. Arbórea	Área Urbana	46,69
Banhado	Área Urbana	7,34
Recurso Hídrico	Área Urbana	1,22
Agricultura - Arroz	Área Urbana	9,36
Agropecuária	Área Urbana	31,41
Sítios	Área Urbana	844,79
Solo Exposto	Área Urbana	5,63
Área Urbana	Área Urbana	1.040,04

Anexo 6 – Balanço de mudanças das classes, período de 2001 a 2017.

Classe em 2001	Classe em 2017	Hectares
Veg. Arbórea	Veg. Arbórea	4.285,35
Banhado	Veg. Arbórea	161,82
Recurso Hídrico	Veg. Arbórea	117,50
Agricultura - Arroz	Veg. Arbórea	156,94
Agropecuária	Veg. Arbórea	1.128,67
Sítios	Veg. Arbórea	3.114,02
Solo Exposto	Veg. Arbórea	1,08
Área Urbana	Veg. Arbórea	40,05
Veg. Arbórea	Banhado	10,89
Banhado	Banhado	2.056,50
Recurso Hídrico	Banhado	13,79
Agricultura - Arroz	Banhado	156,58
Agropecuária	Banhado	15,64
Sítios	Banhado	238,64
Área Urbana	Banhado	31,39
Veg. Arbórea	Recurso Hídrico	34,88
Banhado	Recurso Hídrico	514,71
Recurso Hídrico	Recurso Hídrico	1.109,97
Agricultura - Arroz	Recurso Hídrico	668,72
Agropecuária	Recurso Hídrico	20,93
Sítios	Recurso Hídrico	11,39
Veg. Arbórea	Agricultura - Arroz	464,49
Banhado	Agricultura - Arroz	439,43
Recurso Hídrico	Agricultura - Arroz	97,43
Agricultura - Arroz	Agricultura - Arroz	21.298,68
Agropecuária	Agricultura - Arroz	574,88
Sítios	Agricultura - Arroz	470,07
Solo Exposto	Agricultura - Arroz	0,18
Área Urbana	Agricultura - Arroz	0,90
Veg. Arbórea	Agropecuária	458,96
Banhado	Agropecuária	4,77
Recurso Hídrico	Agropecuária	27,43
Agricultura - Arroz	Agropecuária	590,63
Agropecuária	Agropecuária	6.126,17
Sítios	Agropecuária	530,17
Área Urbana	Agropecuária	8,89
Veg. Arbórea	Sítios	1.009,51
Banhado	Sítios	603,05
Recurso Hídrico	Sítios	86,60
Agricultura - Arroz	Sítios	255,35

Classe em 2001	Classe em 2017	Hectares
Agropecuária	Sítios	1.595,43
Sítios	Sítios	12.388,64
Solo Exposto	Sítios	19,26
Área Urbana	Sítios	225,20
Veg. Arbórea	Solo Exposto	5,83
Banhado	Solo Exposto	4,32
Recurso Hídrico	Solo Exposto	0,09
Agricultura - Arroz	Solo Exposto	0,63
Agropecuária	Solo Exposto	41,29
Sítios	Solo Exposto	89,60
Solo Exposto	Solo Exposto	7,20
Veg. Arbórea	Área Urbana	24,37
Banhado	Área Urbana	15,64
Recurso Hídrico	Área Urbana	0,18
Agricultura - Arroz	Área Urbana	8,64
Agropecuária	Área Urbana	94,23
Sítios	Área Urbana	992,50
Área Urbana	Área Urbana	850,91