

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

BRUNO GONÇALVES MENDONÇA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA PRATA-MS, COM USO DE
GEOTECNOLOGIAS**

AQUIDAUANA/MS
2018

BRUNO GONÇALVES MENDONÇA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA PRATA-MS, COM USO DE
GEOTECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Geografia, como exigência do curso de
Mestrado em Geografia do Campus de Aquidauana da
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a
orientação do Profº. Dr.Vitor Matheus Bacani.

Orientador: Profº. Dr.Vitor Matheus Bacani.

AQUIDAUANA/MS
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Seção de Biblioteca – CPAQ/UFMS, Aquidauana, MS, Brasil)

M539 Mendonça, Bruno Gonçalves
Análise multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio da Prata - MS, com uso da geotecnologia / Bruno Gonçalves Mendonça. -- Aquidauana, MS, 2018.
67f., il. (algumas color.); 30 cm

Orientador: Vitor Matheus Bacani
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Câmpus de Aquidauana.

1. Geoprocessamento – Mato Grosso do Sul. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Bacia hidrográfica – Rio da Prata (MS). I. Bacani, Vitor Matheus da. II. Título.

CDD (22) 910.285

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: **Bruno Gonçalves Mendonça**

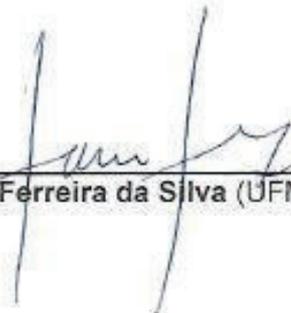
Dissertação defendida e aprovada em 22 de março de 2018 pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. **Vitor Matheus Bacani** (orientador)



Profa. Dra. **Elisângela Martins de Carvalho** (UFMS)



Prof. Dr. **Jaime Ferreira da Silva** (UFMS)

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio da Prata localiza-se no sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul e ocupa uma área de aproximadamente 1.305 km², e vem sofrendo fortes pressões antrópicas ao longo dos últimos anos devido aos tipos de uso da terra por atividades econômicas, tais como pecuária, agricultura e empreendimentos turísticos. Diante desse quadro de ocupação questiona-se sobre os impactos positivos e negativos que poderão ser gerados a esse ambiente de tamanha importância ecológica que se configura na transição Mata Atlântica e Cerrado. Esta pesquisa tem como objetivo analisar as mudanças de uso da terra e cobertura vegetal ocorridas entre os anos de 1986, 1997, 2007 e 2015 na bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS. Para a elaboração dos mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal foram classificadas imagens de satélite Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI através do método de classificação orientada a objeto (OBIA - *Objected-Based Image Analysis*). Os resultados obtidos constituem-se em quatro mapas, com cinco classes temáticas que permitiram detectar mudanças significativas ocorridas na paisagem natural da bacia no período de 1986 a 2015; dando ênfase ao aumento da classe denominada Agropecuária (Agricultura/Pastagem) que em 1986 ocupava 57,93% da área de estudo e em 2015 ocupa 70,54%, resultando assim na consequente redução da classe Vegetação natural que em 1986 ocupava 31,26% da área e em 2015 passa a ocupar apenas 16,63%. A validação dos mapas permitiu classificá-los como excelente, de acordo com parâmetros estatísticos (Índice *Kappa* e Acurácia Global). A partir do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal é possível notar que houve a diminuição da cobertura vegetal ao longo dos anos analisados; processo que está consequentemente associado ao desmatamento dessas áreas para introdução de pastagens, tendo em vista que predominam na bacia atividades agropecuárias. Espera-se que essa pesquisa possa fornecer subsídios capazes de auxiliar em futuras ações de planejamento e gestão ambiental.

Palavras-chave: Classificação Orientada a Objeto. Bacia Hidrográfica. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The Rio da Prata watershed is located in the southwest of the State of Mato Grosso do Sul and occupies an area of approximately 1,305 km², and has suffered strong anthropic pressures over the last years due to the types of land use by economic activities, such as livestock, agriculture and tourism enterprises. Faced with this occupation scenario, we question the positive and negative impacts that can be generated to this environment of such ecological importance that is configured in the transition Atlantic Forest and Cerrado. The objective of this research is to analyze the changes in land use and land cover that occurred between 1986, 1997, 2007 and 2015 in the Rio da Prata (MS) watershed. The Landsat 5 / TM and Landsat 8 / OLI satellite images were classified using the OBIA (*Object-Based Image Analysis*) method for the thematic maps of land use and land cover. The results obtained are four maps, with five thematic classes that allowed to detect significant changes occurred in the natural landscape of the basin in the period from 1986 to 2015; (Agriculture / Pasture), which in 1986 occupied 57,93% of the study area and occupies 70,54% in 2015, resulting in the consequent reduction of the class Vegetation, which in 1986 occupied 31,26 % of the area and in 2015 it occupies only 16,63%. The validation of the maps allowed to classify them as excellent, according to statistical parameters (*Kappa Index* and *Global Accuracy*). From the mapping of land use and land cover it is possible to note that there was a decrease in vegetation cover over the analyzed years; a process that is consequently associated to the deforestation of these areas for the introduction of pastures, considering subsidies capable of assisting in future planning and environmental management actions.

Keywords: Object-oriented classification. Watershed. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema Explicativo Geoprocessamento.....	27
Figura 2. Segmentação Multiresolução.....	31
Figura 3. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	34
Figura 4. Mapa de cobertura vegetal e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS, baseado no GeoMS (Silva et. al.,2011).....	36
Figura 5. Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	37
Figura 6. Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	39
Figura 7. Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	44
Figura 8. Fluxograma metodológico das etapas percorridas pela pesquisa.....	45
Figura 9. Pontos visitados no campo.....	46
Figura 10. Mapas de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	52
Figura 11. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 1986.....	55
Figura 12. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 1997.....	56
Figura 13. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 2007.....	57
Figura 14. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 2015.....	58
Figura 15. Gráfico com as cinco (5) classes temáticas mapeadas de uso da terra e cobertura vegetal.....	59
Figura 16. Pastagem plantada e cultura de milho pós-colheita.....	60
Figura 17. Vegetação natural presente na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	61
Figura 18. Áreas úmidas identificadas na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	61
Figura 19. Solos expostos presente na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Qualificação de acordo com Índice <i>Kappa</i>	33
Tabela 2. Qualificação de acordo com Índice <i>Kappa</i>	50
Tabela 3. Avaliação de precisão dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal.....	51
Tabela 4. Valores das classes temáticas de uso da terra e cobertura vegetal.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Formas de relevo presentes na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	39
Quadro 2. Descrição das características dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.....	40
Quadro 3. Imagens de satélite utilizadas no trabalho.....	46
Quadro 4. Chave de interpretação.....	49

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de pesquisa

FLAASH - *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GEOMS – Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Estado de Mato Grosso do Sul

IMASUL - Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*

MS – Mato Grosso do Sul

NASA – Agência Espacial Espacial Norte Americana

OBIA - *Object-Based Image Analysis*

OLI - Operational Land Imager

PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SISLA - Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

TM - Thematic Mapper

UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	20
2.OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. REFERENCIAL TEORICO-METODOLOGICO.....	22
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO.....	22
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO.....	23
3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	24
3.4 GEOPROCESSAMENTO.....	26
3.5 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM (PDI).....	28
3.6 CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO.....	29
3.7 SEGMENTAÇÃO MULTIRESOLUÇÃO.....	30
3.8 VALIDAÇÃO.....	31
4. METODOLOGIA.....	34
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
4.2.1 VEGETAÇÃO.....	36
4.2.2 GEOMORFOLOGIA.....	37
4.2.3 SOLOS.....	39
4.2.4 CLIMA.....	44
4.2.5 GEOLOGIA.....	44
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
4.3.1 AQUISIÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE	46
4.3.2 COLETA DE CAMPO	47
4.3.3 ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL.....	48
4.3.4 PRÉ-PROCESSAMENTO.....	48
4.3.5 SEGMENTAÇÃO.....	48
4.3.6 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM.....	49
4.3.7 AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DO MAPEAMENTO.....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50

5.1 VALIDAÇÃO DOS MAPAS DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL.....	50
5.2 ANÁLISE NAS MUDANÇAS DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA PRATA-MS.....	51
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
7. REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as geotecnologias têm se constituído como uma importante ferramenta no que diz respeito à análise ambiental realizada em bacias hidrográficas, pois oferecem uma gama de vantagens entre elas à capacidade da análise integrada e multitemporal de dados espaciais. Seguindo a evolução tecnológica, as geotecnologias também progrediram, sendo assim; atualmente novos satélites são lançados, novos sensores de alta resolução espacial são desenvolvidos e novas metodologias são criadas a cada dia que passa. Nesse contexto insere-se a classificação orientada a objeto, se configurando como uma eficaz técnica no mapeamento das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal. Entre autores que abordam tal técnica, pode citar-se: Baatz (2001); Pinho et al. (2005); Cruz et al. (2009); Luz et al. (2010); Fernandes et al. (2012); Garcia-Pedrero et al. (2015); Schultz et. al. (2016); Silva e Bacani (2017); entre outros.

A área de estudo, a bacia hidrográfica do Rio da Prata, localiza-se no sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul. Ocupa uma área aproximada de 1.305 km², faz divisa ao norte com o divisor d'água do Rio Formoso, ao sul com divisor d'água do Rio Apa, a oeste com a serra da Bodoquena e a leste com divisor d'água do Rio Miranda.

A bacia hidrográfica do Rio da Prata é uma unidade fisiográfica de significativa importância no Estado de Mato Grosso do Sul, pois se apresenta na transição do Planalto da Bodoquena (Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal) e a Depressão pantaneira, abrangendo a transição dos biomas: Mata Atlântica e Cerrado nas proximidades do Pantanal Sul-Mato-Grossense. Estes aspectos lhe conferem peculiaridades ambientais riquíssimas ligadas à fauna e flora. Tais características proporcionaram uma ocupação pautada na exploração da pecuária extensiva, favorecida pela abundância dos mananciais e na atividade turística, mais especificamente o ecoturismo, que também se apresenta como uma forte atividade econômica de mudanças espaço temporal.

Em razão da elevada peculiaridade paisagística local, a bacia do Rio da Prata encontra-se inserida em uma região classificada como de importância extremamente alta para conservação da biodiversidade e possui três unidades de conservação: o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, a Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) Estadual Cabeceira do Prata e a RPPN Federal Buraco das Araras (BRASIL, 2007).

Segundo o Ministério do Turismo o ecoturismo é um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e

busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações (BRASIL, 2010). Nesse sentido a atividade turística se configura como um potencial econômico propício para o Polo Serra da Bodoquena, que envolve os municípios de Bodoquena, Jardim e Bonito, pois no ano de 2012 receberam 242 mil turistas, conforme o Ministério do Turismo (BRASIL, 2015).

Associado à pressão antrópica desenvolvida pelas atividades turísticas, em dezembro de 1998, o uso e ocupação do solo na bacia do Rio da Prata passou por uma expressiva transformação em função da instalação do assentamento rural Santa Lúcia. A ocupação teve início com 37 famílias (aproximadamente 100 pessoas), distribuídas em 1.026,74 ha, no município de Bonito (IDATERRA, 2001).

Diante desse quadro de ocupação questiona-se sobre os impactos positivos e negativos que poderão ser gerados a esse ambiente de tamanha importância ecológica que se configura como de transição Mata Atlântica e Cerrado, instalada no interior do Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal (MS, 2009).

Embora se apresente com eminente potencial turístico e agropecuário, a bacia do Rio da Prata, ainda não possui nenhum mapeamento em nível local que possibilite a análise multitemporal capaz de detectar as mudanças no uso da terra e cobertura vegetal.

Nesse sentido o objetivo desta pesquisa será elaborar mapas que possibilitem identificar as mudanças no uso da terra e cobertura vegetal no período de 1986 a 2015, esses mapeamentos poderão auxiliar em um futuro zoneamento ambiental, podendo assim estabelecer diretrizes para o planejamento e gestão da área da bacia do Rio da Prata.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem por objetivo geral analisar as mudanças de uso da terra e cobertura vegetal entre os anos de 1986, 1997, 2007 e 2015 na bacia hidrográfica do Rio da Prata - MS a partir da técnica de classificação orientada a objeto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o método de Segmentação Multiresolução;
- Avaliar o desempenho do método de classificação orientada a objeto (GEOBIA);
- Quantificar e analisar as mudanças no uso da terra e cobertura vegetal.

3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

A bacia hidrográfica é definida como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes” (GUERRA, 1987, p.48).

Segundo TUCCI (1997), a bacia hidrográfica compreende a área delimitada pelos divisores topográficos, que são as linhas mais elevadas perpendicularmente à uma determinada seção da bacia. A variação de seu tamanho, pode atingir desde centenas de metros quadrados até milhares de quilômetros quadrados. A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório.

A bacia hidrográfica utilizada como unidade de estudo a fim de realizar análise ambiental já é aceita mundialmente, tendo em vista que auxilia no planejamento e gestão ambiental possibilitando assim o uso racional e conservação dos recursos naturais. De acordo com Tucci (1993) o estudo de bacia hidrográfica permite observar em detalhes a variação dos diferentes processos que ocorrem nela, e que, com base no registro das variáveis hidrológicas envolvidas, é possível entender melhor os fenômenos e procurar representá-los matematicamente. Bordallo (1995) alega que a utilização da bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais.

Tucci (1997), menciona que a qualidade de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. Desta forma, as alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e solo. Assim sendo, a execução de um planejamento territorial na bacia hidrográfica é fundamental para o controle da qualidade e quantidade de água em uma bacia hidrográfica.

De acordo com Vilaça et al. (2009), a bacia hidrográfica pode ser considerada uma excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais, pelo seu caráter integrador e que o estudo ambiental não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista físico. Na realidade, para que o planejamento e gestão possam ser entendidos de forma global, integradora e

holística, devem-se levar em conta as relações existentes entre as atividades da sociedade e suas relações com o ambiente no qual estão inseridas.

Para Guerra (1999) o planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode minimizar ou mesmo evitar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada, tendo como objetivo, orientar a ocupação humana para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade, fragilidade ambiental ou ainda a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que em certas porções da paisagem podem apresentar.

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto, devido à crescente disponibilidade de sensores de alta resolução espacial e ao surgimento de novas técnicas para a extração de informação destas imagens, tem sido uma ferramenta cada vez mais utilizada na tomada de decisão e nos estudos envolvendo cobertura do terra (BLASCHKE; KUX, 2007).

Segundo Novo (2008) o Sensoriamento Remoto é definido como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorreram na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise de interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas mais diversas manifestações. Já Florenzano (2011) define sensoriamento remoto como a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

Florenzano (2002) cita que as mudanças no uso do solo podem ser verificadas através de estudos realizados com imagens obtidas em diferentes datas por sensoriamento remoto, pois sensores a bordo de satélites coletam dados da superfície terrestre de forma sistemática e repetitiva (resolução temporal). Essa característica das imagens de satélites possibilita o monitoramento dos ambientes e a atualização do material cartográfico.

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os

impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

Florenzano (2011) indica que atualmente observa-se o crescente uso sensoriamento remoto para análise no ambiente urbano em virtude dos inúmeros benefícios: análise das mudanças de uso do solo e do crescimento da mancha urbana; modelagem de previsão e cenários futuros das mudanças de uso do solo; estimativa da quantificação da cobertura vegetal e solo exposto, criando bases para o monitoramento contínuo; e avaliação da qualidade das bacias hidrográficas entre outras aplicabilidades que poderiam ser descritas.

A tecnologia de sensoriamento remoto por satélites disponibiliza ao usuário dados consistentes da condição da paisagem, o que permite a detecção de mudanças bruscas ou graduais, de origem natural ou antrópica. Esta detecção e a caracterização das mudanças são a chave para monitorar a dinâmica da paisagem. Os resultados obtidos em longo prazo podem proporcionar a identificação da causa que impulsiona a mudança, isso permite direcionar a gestão estratégica da causa e não simplesmente dos sintomas da causa. (KENNEDY et. al., 2009).

Diversos avanços são verificados nos últimos anos que vão desde o desenvolvimento de satélites com instrumentos sensores com resoluções espacial, espectral e temporal cada vez melhores ao desenvolvimento de *softwares* com novas concepções metodológicas de interpretação de imagens (BLASCHKE; KUX, 2007).

Os avanços tecnológicos na área de sensoriamento remoto nos últimos anos têm possibilitado a aquisição de informações mais precisas e detalhadas. Um exemplo desse avanço é a classificação orientada a objetos geográficos, que é eficiente no mapeamento do uso da terra (LUZ et al., 2010).

3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou

no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real, (BURROUGH, 1986).

Um SIG pode, ainda, ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial (ARONOFF 1989).

O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Seguindo essa linha de pensamento, Silva (2003) defende que os Sistemas de Informações Geo-referenciadas (SIGs) são, na realidade, uma tecnologia do mundo contemporâneo. Os SIGs têm como característica principal a capacidade de integrar e transformar dados espaciais.

Christofolletti (1999) afirma que os sistemas de informação geográfica configuram-se como umas das principais técnicas utilizadas pelos geógrafos, sendo extensivamente aplicada em muitos outros ramos da ciência. Os procedimentos operacionais para a modelagem de sistemas ambientais ganharam realce com as tecnologias envolvidas nos sistemas ambientais ganharam realce com as tecnologias envolvidas nos sistemas de informação geográfica.

Segundo Câmara e Davis (2001), Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferece ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionada com a base no que lhes é fundamentalmente comum a localização geográfica.

Para Röhm (2003), as primeiras aplicações dos SIGs ocorreram no início dos anos sessenta do século XX e buscavam soluções para os problemas de gerenciamento de dados espaciais georreferenciados, relativos ao uso da terra, dos recursos naturais e das análises ambientais.

Para Rosa (2005), SIG ou GIS (do inglês *Geographic Information System*) é:

Um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georeferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao

monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico (ROSA, 2005, p.81).

O uso de ambientes computacionais de SIG facilita a integração de dados de sensores remotos com aqueles provenientes de outras fontes, bem como a análise espacial e a modelagem dos ambientes permitindo realizar a projeção de cenários futuros. Dessa maneira, o recente e rápido desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e SIG contribuem para a evolução das próprias ciências da terra e ambientais, ao mesmo tempo em que facilitam a inter-relação entre elas (FLORENZANO, 2002).

3.4 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Lazzarotto (2002),

Geoprocessamento é o conjunto de pelo menos quatro categorias de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial: - Técnicas para coleta de informação espacial (Cartografia, Sensoriamento Remoto, GPS, Topografia Convencional, Fotogrametria, levantamento de dados alfanuméricos); - Técnicas de armazenamento de informação espacial (Banco de dados – Orientado a Objetos, relacional, Hierárquico, etc.); - Técnicas para tratamento e análise de informação espacial, como Modelagem de Dados, Geoestatística, Aritmética Lógica, Funções Topológicas, Redes; e – Técnicas para o uso integrado de informação espacial, como os sistemas GIS – Geographic Information Systems, LIS – *Land Information System*, AM/FM – *Automated Mapping/Facilities Management*, CADD – *Computer-Aided Drafting and Design*.

Assim, o geoprocessamento pode ser representado conforme Figura 1 a seguir:

Figura 1. Esquema explicativo Geoprocessamento.



Fonte: Lazzarotto 2002.

Rocha (2002) cita que o geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra varias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação das informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Geoprocessamento, ou geotecnologias, e o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA, 2005).

O INPE (2005) define Geoprocessamento como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objeto específico.

De acordo com Moreira (2005) o Geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para dados e objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou, extrair informações destes objetos ou fenômenos quando eles são observados por um sistema sensor.

O geoprocessamento tem sido empregado em diversas áreas da Ciência, dentre as quais se podem citar a Cartografia, a Geografia, a Agricultura e Floresta e a Geologia. Também tem contribuído para o estudo de planejamento urbano e rural, meios de transporte, comunicação e energia. As ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento compõem um conjunto denominado Sistema de informação Geográfica (SIG), às vezes chamado de GIS (*Geographic Information System*) MOREIRA (2005).

Para Bacani (2010), o termo geoprocessamento é uma tecnologia ou um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais, o que torna o termo

muito amplo no conhecimento científico, e abriga diversas subáreas, tais como: a Cartografia, o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Posicionamento Global (GPS, GLONASS, GALILEO), a Topografia, entre outras, na etapa de coleta, e na fase do tratamento integrado dos dados espaciais destacam-se os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

3.5 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM (PDI)

O processamento digital de imagens (PDI) é entendido como a análise e a manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem e transformar a imagem de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano (CRÓSTA, 1992).

O Processamento Digital de Imagens pode ser definido como a manipulação de uma imagem digital por meio de um computador, sendo que a entrada e saída do processo sejam imagens. Seu objetivo principal é ajudar o analista humano na interpretação das feições estruturais que compõem uma determinada imagem a ser utilizada posteriormente para determinada aplicação (FONSECA, 2000).

Novo (2010) afirma que o processamento digital de imagens pode ser dividido em três etapas distintas: pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação.

As imagens brutas contêm algumas distorções radiométricas e geométricas que devem ser corrigidas antes de serem usadas nas aplicações. Esta etapa de correção das distorções é conhecida como pré-processamento. A utilização de técnicas de pré-processamento constitui uma das etapas mais importantes do processamento digital (FONSECA, 2000).

A interpretação de imagens é, muitas vezes, dificultada pelas degradações inseridas nos processos de geração e visualização da imagem. As técnicas de realce visam melhorar a qualidade visual destas imagens e enfatizar alguma característica de interesse para uma aplicação específica (FONSECA, 2000).

De acordo com Crósta (1992), os métodos de classificação de imagens podem ser divididos em dois grupos: os não supervisionados e os supervisionados. O primeiro consiste em uma classificação onde o próprio algoritmo identifica e separa as classes em uma determinada imagem por agrupamento ou aglomeração de pixels de características semelhantes. Neste sistema o usuário tem uma participação limitada, informando apenas o número de classes desejáveis ou determinado critério para distinção das mesmas. Já em relação ao segundo método, na classificação supervisionada, o usuário coleta amostras de

valores similares entre pixels relativos à determinada classe em uma imagem digital e o software fica responsável por localizar e extrapolar os valores para pixels de mesmos valores, sempre se baseando em regras estatísticas (BELUCO, 2002).

3.6 CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO

A classificação de imagens pode ser definida como um processo de extração de informação a partir de imagens com a finalidade de “reconhecer padrões e objetos homogêneos” que são utilizados para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (INPE, 2016).

Na classificação orientada a objeto, um conjunto de pixels semelhantes são agrupados e denominados de objeto, e desta forma, a classificação é processada a partir de regiões. Outra característica que a análise de imagem orientada ao objeto possui, é a de permitir que diferentes equações matemáticas (algoritmos) processem sua classificação e retratem o melhor resultado para cada classe analisada (MOREIRA, 2001 e BAATZ, 2001).

Ao contrário dos métodos tradicionais para a classificação digital de imagens, na classificação baseada em objeto a análise é realizada sobre objetos ou segmentos na imagem e não apenas sobre *pixels*. Cada objeto ou segmento representa uma feição do mundo real, possuindo propriedades temáticas e geométricas (ANTUNES, 2003).

Segundo Blaschke e Kux (2007), uma grande revolução no processamento digital de dados de sensoriamento remoto vem ocorrendo, principalmente devido às elevadas resoluções espaciais, que exigem um novo tipo de processamento, além da observação dos pixels de forma unitária. Ao invés de classificar os pixels individualmente quanto às suas características espectrais, os novos procedimentos consideram a delimitação de objetos com características espectrais (ou radiométricas) homogêneas como base para o processamento posterior. A classificação passa a considerar informações extraídas desses objetos, como resposta espectral média, variância, dimensões, forma e textura.

A classificação orientada a objetos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para a identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como, cor, textura, métrica, contexto. O sistema possibilita o uso convencional da técnica vizinho mais próximo a partir da assinatura espectral de alvos (definida por amostras) além da aplicação de modelos booleanos e/ou fuzzy, que podem ser livremente traçados em um ambiente interativo (CRUZ et al, 2007).

De acordo com Hay e Castilla (2008), GEOBIA é uma subdisciplina da Ciência da Informação Geográfica dedicada ao desenvolvimento de métodos automatizados que visam transformar as imagens de Sensoriamento Remoto em objetos, de forma a avaliar suas características por meio de escalas espaciais, espectrais e temporais, com o intuito de gerar novas informações geográficas em SIG (Sistema de Informação Geográfica).

A GEOBIA insere a participação do intérprete no processo de identificação de feições utilizando a interpretação visual e características existentes no objeto a ser classificado. Nesse processo podem ser utilizados modelos descritores que possuem o auxílio de dados espaciais diversos (SOUSA et al., 2012).

De acordo com Hay e Castilla (2006), a abordagem orientada a objetos possui vantagens em relação aos modelos tradicionais de classificação de imagens: pelo fato de os elementos considerados não serem os pixels isolados, mas grupos deles (regiões de pixels), obtém-se um significativo aumento no número de variáveis consideradas na classificação, pois além das informações espectrais, torna-se possível descrever cada região usando parâmetros em relação à forma do objeto (área, altura, largura, densidade, altura da borda, entre outros), à textura, às relações entre objetos vizinhos, entre outros.

A técnica de GEOBIA tem se apresentado como a forma mais completa e integrada de se representar em termos computacionais ao conhecimento de um especialista humano para a interpretação automática de imagens de Sensoriamento Remoto (NOVACK, 2009).

3.7 SEGMENTAÇÃO MULTIRESOLUÇÃO: *Fractal Net Evolution Approach* (FNEA)

Na análise dos objetos o primeiro procedimento é o de transformar a imagem em um conjunto de polígonos ou objetos. Este processo de dividir a imagem em regiões espectralmente homogêneas é conhecido como segmentação da imagem (MOREIRA 2001).

A segmentação constitui-se como processo de formação dos objetos em uma imagem, e segundo Moreira (2005) é a primeira etapa da classificação, a qual consiste em dividir ou mesmo segmentar a imagem em regiões homogêneas com o intuito de eliminar problemas de subjetividade em classificações supervisionadas. Tal processo consiste em associar os pixels com características semelhantes como forma, textura e área parâmetros espectrais.

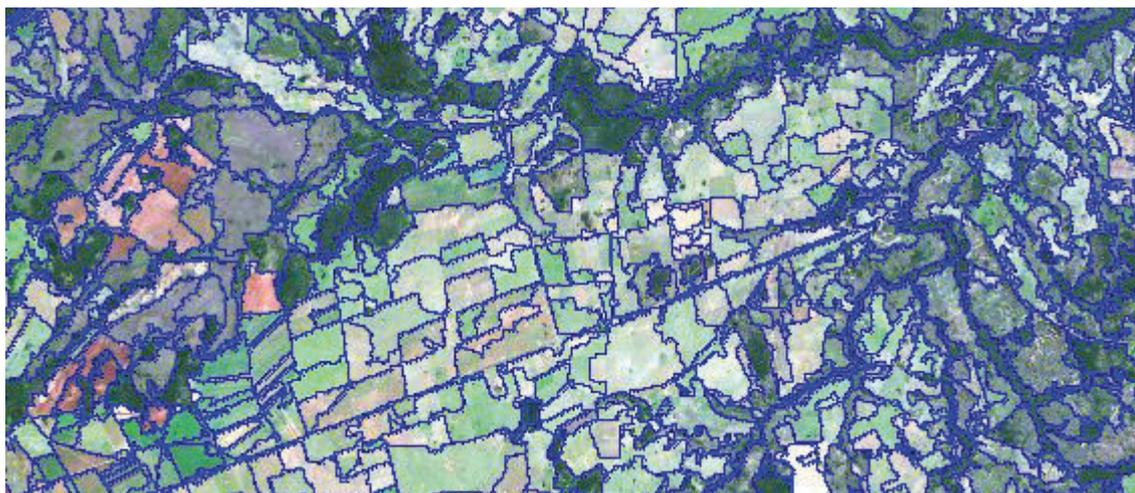
O procedimento de segmentação elaborado pelo software eCognition é conhecido como Multiresolution Segmentation (Figura 2), a técnica básica utilizada é a de crescimento de regiões por agregação de pixels (BAATZ, 2001).

A segmentação multiresolução parte do pressuposto de que as informações contextuais são importantes e, por isto, a interpretação de uma cena deve considerar não apenas a dimensão espectral, como também a dimensão espacial. Para tanto, é necessário que o processo de segmentação seja moldado em função da resolução da imagem e da escala esperada para os objetos (ANTUNES, 2003).

O conceito de segmentação multiresolução introduzido por Baatz e Schäpe (2000) utiliza a noção de evolução de rede fractal (FNEA), na qual a imagem de sensoriamento remoto é considerada como de natureza fractal. A segmentação da imagem resulta em segmentos ou objetos que, baseados em parâmetros espectrais e de forma, podem ser reagrupados em objetos maiores denominados super-objetos (por exemplo, lotes podem ser considerados subobjetos do super-objeto quadra). Estes super-objetos possuem relações com os segmentos que os constituem em um nível hierárquico mais baixo (Blaschke; Hay, 2002).

O método FNEA utiliza técnicas de segmentação baseadas na estrutura de orientação a objetos. Ao contrário dos métodos fundamentados em pixels, a segmentação da imagem extrai objetos de interesse na escala desejada. Em cada escala de segmentação, a importância relativa dos parâmetros espectrais e de forma é definida através de pesos que variam entre 0 e 1. A segmentação pode incluir ainda alguma informação temática importada de um SIG (PINHO, 2005).

Figura 2. Segmentação Multiresolução na área de estudo.



3.8 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA

A validação dos resultados da classificação é uma das últimas etapas da classificação digital de imagens. Nessa etapa o objetivo é avaliar a acurácia da classificação.

A acurácia é normalmente expressa em termos de índices que são calculados a partir de matrizes de erros que expressam a concordância entre a imagem classificada e o conjunto de amostras de referência. A matriz de erros compara, classe por classe, a relação entre os dados de verdade terrestre (dados de referência) e os correspondentes resultados da classificação. O número de linhas e o número de colunas dessa matriz devem ser iguais ao número de classes espectrais do estudo. Erros de omissão (exclusão) e de comissão (inclusão) de cada classe são calculados a partir dessa matriz (MOREIRA, 2001).

A matriz de confusão fornece a base para descrever a precisão da classificação e caracterizar os erros, ajudando a refinar a classificação. De uma matriz de confusão podem ser derivadas várias medidas de precisão da classificação, sendo o índice *Kappa* e a exatidão global algumas das mais conhecidas (FOODY, 2002).

A matriz de confusão é formada por um arranjo quadrado de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparado com a categoria atual verificada no campo (CONGALTON, 1991).

A matriz de confusão ou de erros é uma matriz quadrada que tem em suas colunas, os dados que servem de referência para o teste da acurácia e o número de pixels ou amostras que compõem cada classe, e, em suas linhas, os dados de teste e o número de pixels ou amostras que foram classificados e vão ser testados (CONGALTON; GREEN, 1999).

A exatidão global (Equação. 1) é calculada dividindo a soma da diagonal principal da matriz de erros x_{ii} , pelo número total de amostras coletadas n , ou seja:

$$Acurácia_{global} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \right) \quad \text{Equação 1.}$$

Um dos métodos estatísticos mais utilizados para testar a qualidade e confiabilidade dos mapas temáticos é o coeficiente *Kappa*, que utiliza todos os elementos da matriz de confusão no seu cálculo. O coeficiente *Kappa* (K) é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna, que não inclui entradas não reconhecidas), ou

seja, é uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência (FIGUEREDO; VIEIRA, 2007). O coeficiente *Kappa* é dado pela equação 2 e parâmetros de qualidade de concordância estabelecidos por Landis e Koch (1977) no Tabela 1:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad \text{Equação. 2}$$

Onde:

\hat{K} : valor estimado *Kappa*;

k : número de linhas;

x_{ii} : número de observações na linha i e coluna i ;

$\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal;

x_{i+} : soma total das observações para as linhas;

x_{+i} : soma total das observações para as colunas;

N : número de observações total.

Tabela 1 - Qualificação de acordo com Índice *Kappa*.

Índice <i>Kappa</i>	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Bom
0,61 a 0,80	Muito Bom
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

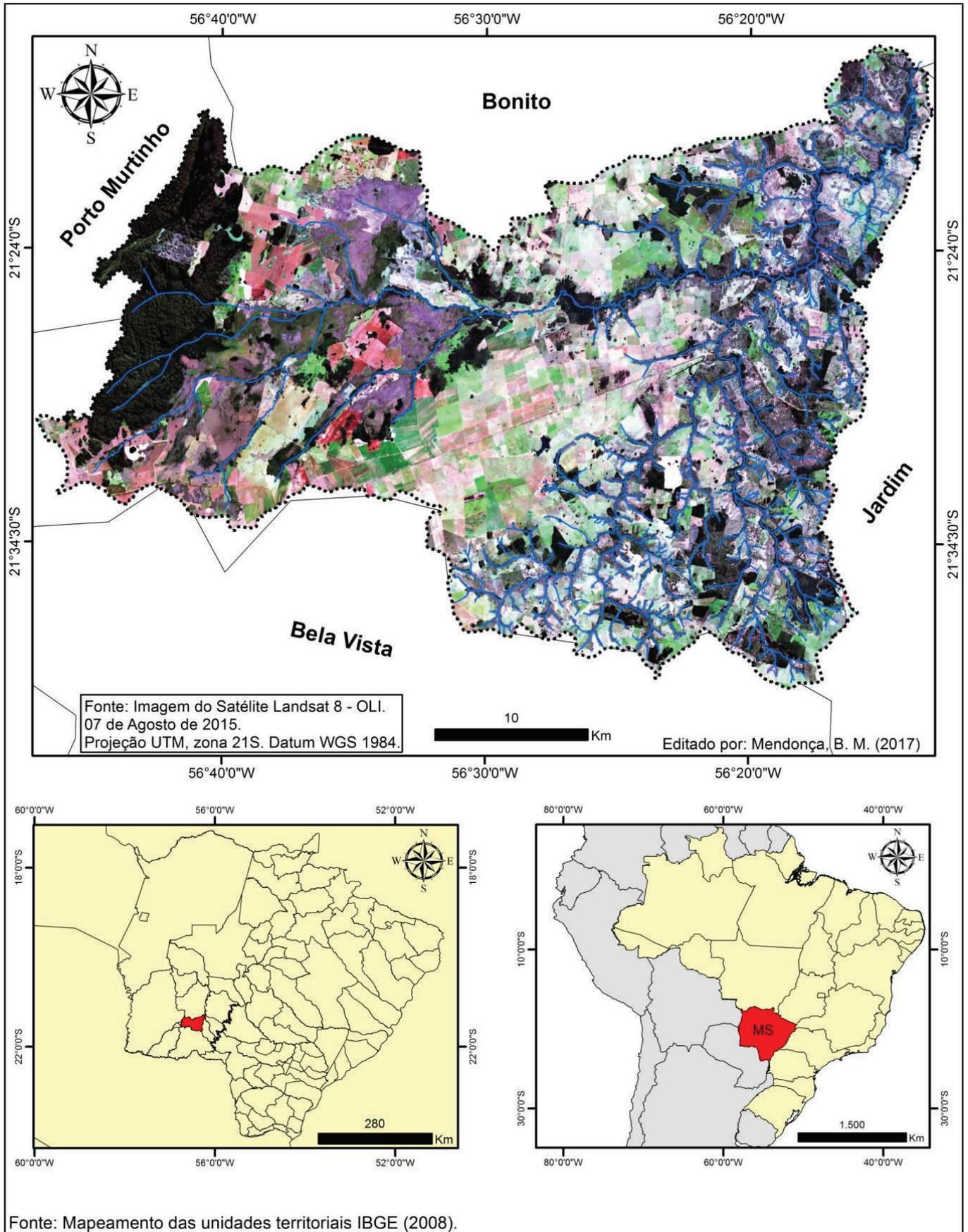
4. METODOLOGIA

4.1 Localização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio da Prata está localizada no sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul e está presente nos municípios de Bonito, Jardim e Porto Murtinho (Figura 3). Ocupa uma área aproximada de 1.305 km², formando um polígono irregular compreendido entre os paralelos 21°10' e 21°40' de latitude sul e os meridianos 56°40' e 56°20' de longitude Oeste. Faz divisa ao norte com divisor d'água do Rio Formoso, ao sul com o divisor d'água do Rio Apa, a oeste com a serra da Bodoquena e a leste com o divisor d'água do rio Miranda.

A bacia hidrográfica do Rio da Prata é uma unidade fisiográfica de significativa importância no Estado de Mato Grosso do Sul, pois se apresenta na transição do Planalto da Bodoquena (Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal) e a Depressão pantaneira, abrangendo a transição dos biomas: Mata Atlântica e Cerrado nas proximidades do Pantanal Sul-Mato-Grossense.

Figura 3. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.



4.2 Caracterização da área de estudo

4.2.1 Vegetação

Para a caracterização da vegetação (Figura 4) da Bacia do Rio da Prata, utilizou-se o mapeamento de cobertura vegetal e uso da terra realizado pelo Projeto GeoMS de Silva et al. (2011) no estado de Mato Grosso do Sul na escala de 1:100.000. Na área de estudo foram mapeadas cinco (5) classes:

Pastagem e Pastagem plantada em região de savana: Áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forrageiras perenes. Cobertos por vegetação de gramíneas (poucas vezes leguminosas), cuja altura pode variar, em geral, de alguns decímetros a dois metros. As espécies mais utilizadas são as braquiárias: Brachiárinha (*Urochloa decumbens*), Capim-marandu (*Urochloa, brizantha*) e Humidicola (*Urochloa humidicola*).

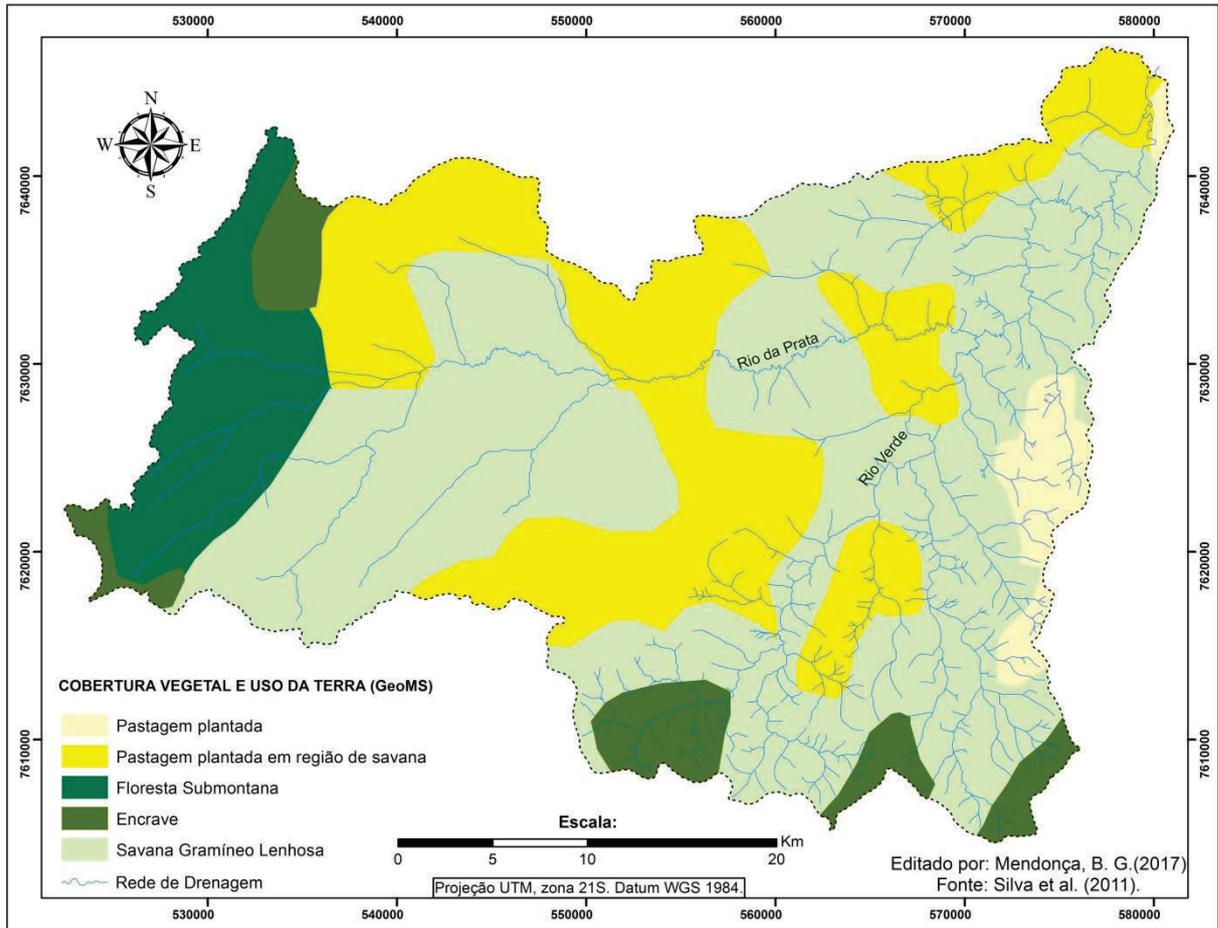
Floresta Submontana (Mata, Mata seca, Mata calcária): Essa formação se caracteriza pela perda de folhas no inverno, entre 20% e 50% do conjunto florestal. Apresentam árvores entre 15 e 20 metros ou mais, geralmente sobre solos argilo-arenosos, nas altitudes entre 130 e 600 metros. São matas relacionadas ao bioma Mata Atlântica, dentre todas são as florestas mais altas de Mato Grosso do Sul, as árvores típicas são alazão, alecrim-de-campinas, angico-paraguaio, caiaá, café-de-bugre, canelas, canafístula, canjerana, cebolão, cedro, coquinho, guabiroba, guajuvira, ipê-amarelo, ipê-roxo, jequitibá, louro-pardo, mamãozinho, paineira, pau-marfim e peroba-rosa.

Encrave: são transições florísticas, onde as floras de diferentes regiões fitoecológicas se interpenetram, constituindo-se numa fitofisionomia onde as espécies não se misturam, ou seja, são áreas disjuntas que se contatam. Podem estar ligadas a contatos edáficos, mas não obrigatoriamente. Localiza-se preferencialmente, nas encostas das serras, geralmente sobre linhas de drenagens e nas bordas dos platôs; no entanto podem ser encontrados sobre relevo não escarpado e também no Pantanal nas sub-regiões de Miranda, Nabileque e Porto Murtinho nos contatos entre Chaco e Floresta.

Savana Gramíneo Lenhosa (Campo, Campo limpo, Campo sujo, Caronal e Campo alagado): É a forma de campo com ou sem arbustos ou subarbustos, esparsos ou densos, em geral quanto maior o nível de inundação, menos arbustos. Exemplo deste tipo de savana é o caronal, com dominância do capim-carona, típico da região da Nhecolândia e de outras áreas de solos arenosos do Pantanal, onde também se encontram outras gramíneas altas

e duras, como fura-bucho, intercalados com murundus de lixeira, capim-mimoso, grama-do-cerrado e rabo-de-burro.

Figura 4. Mapa de cobertura vegetal e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS, baseado no GeoMS (Silva et. al.,2011).



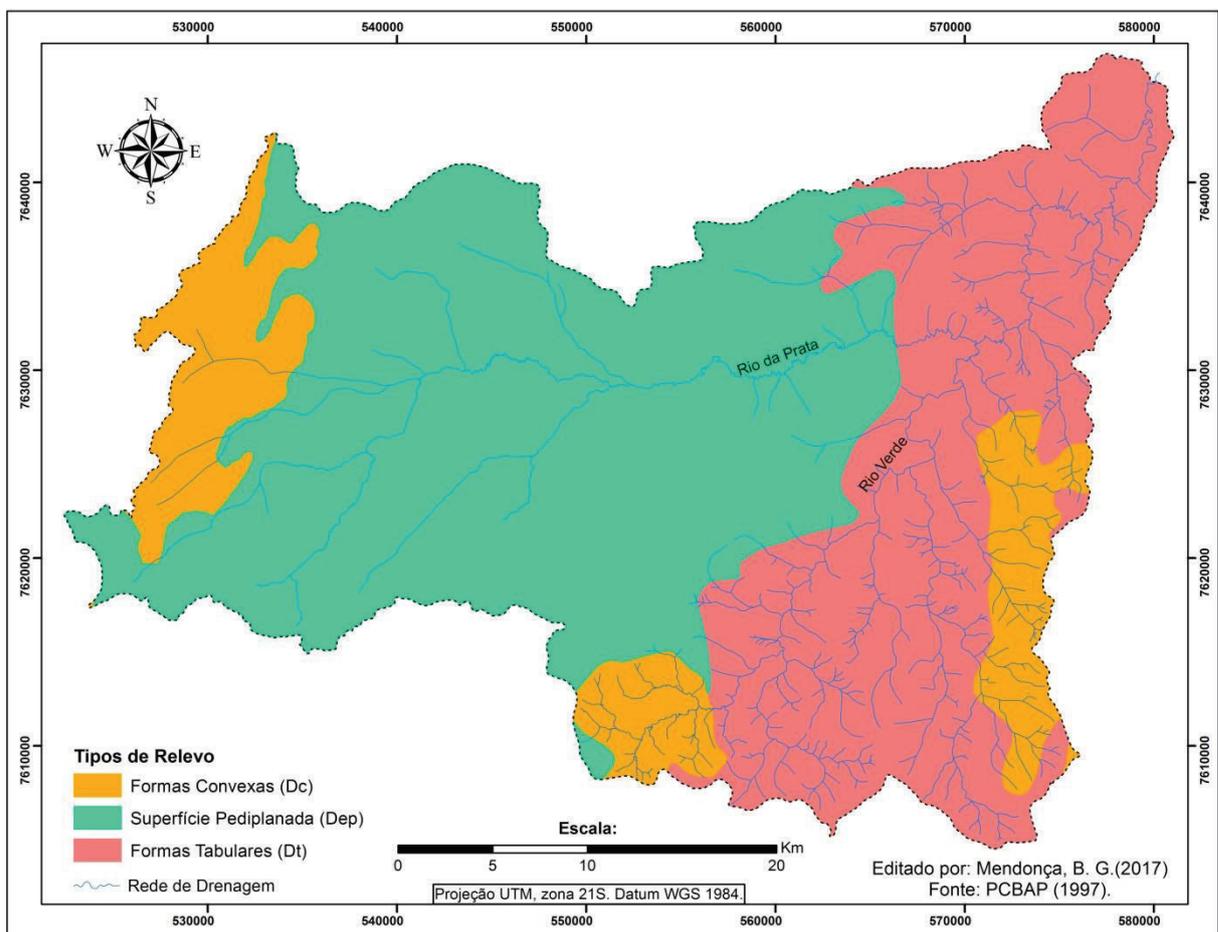
4.2.2 Geomorfologia

Em relação à geomorfologia o rio da Prata encontra-se inserido na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, modelada pelas morfoesculturas do Planalto da Bodoquena (alto curso) e Depressão do Rio Paraguai (médio e baixo curso). As formas de relevo predominantes na bacia são as erosivas de superfície pediplanada, elaboradas por processos de pediplanação. Ocorrem também formas tabulares, com relevos de topo aplanado, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano. Em menor quantidade, ocorrem formas de relevo de topos convexos, com

diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano e/ou em “V” (BRASIL, 1982; BRASIL, 1997).

Os tipos de formas do relevo mapeados e identificados na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS foram extraídos do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, mapeados na escala de 1:250.000 (PCBAP, 1997) e do Projeto RADAM BRASIL (BRASIL, 1982). O mapa geomorfológico (Figura 5) apresenta as três (3) classes geomorfológicas relacionadas com o 3º Taxon, que estão ligadas às características geológicas, pedológicas e, sobretudo, aos diferentes tipos de uso da terra.

Figura 5. Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.



As *unidades morfológicas* ou dos padrões de formas semelhantes ou ainda tipos de relevo, caracterizam-se por diferentes padrões de forma que em face das suas características de rugosidade topográfica são extremamente semelhantes entre si, quanto as altimetrias dos topos, dominância de declividades das vertentes, morfologia dos topos e vertentes, dimensões inter-fluviais e entalhamento dos canais de drenagem. Estas unidades são identificáveis em

cada uma das unidades morfoestruturais e morfoesculturais. Essas classes geomorfológicas foram agrupadas em 3 categorias, de acordo com a morfogênese: Formas Estruturais, Formas Erosivas e Formas de Acumulação (PCBAP, 1997) e (BRASIL, 1982), que estão detalhadas no Quadro 1.

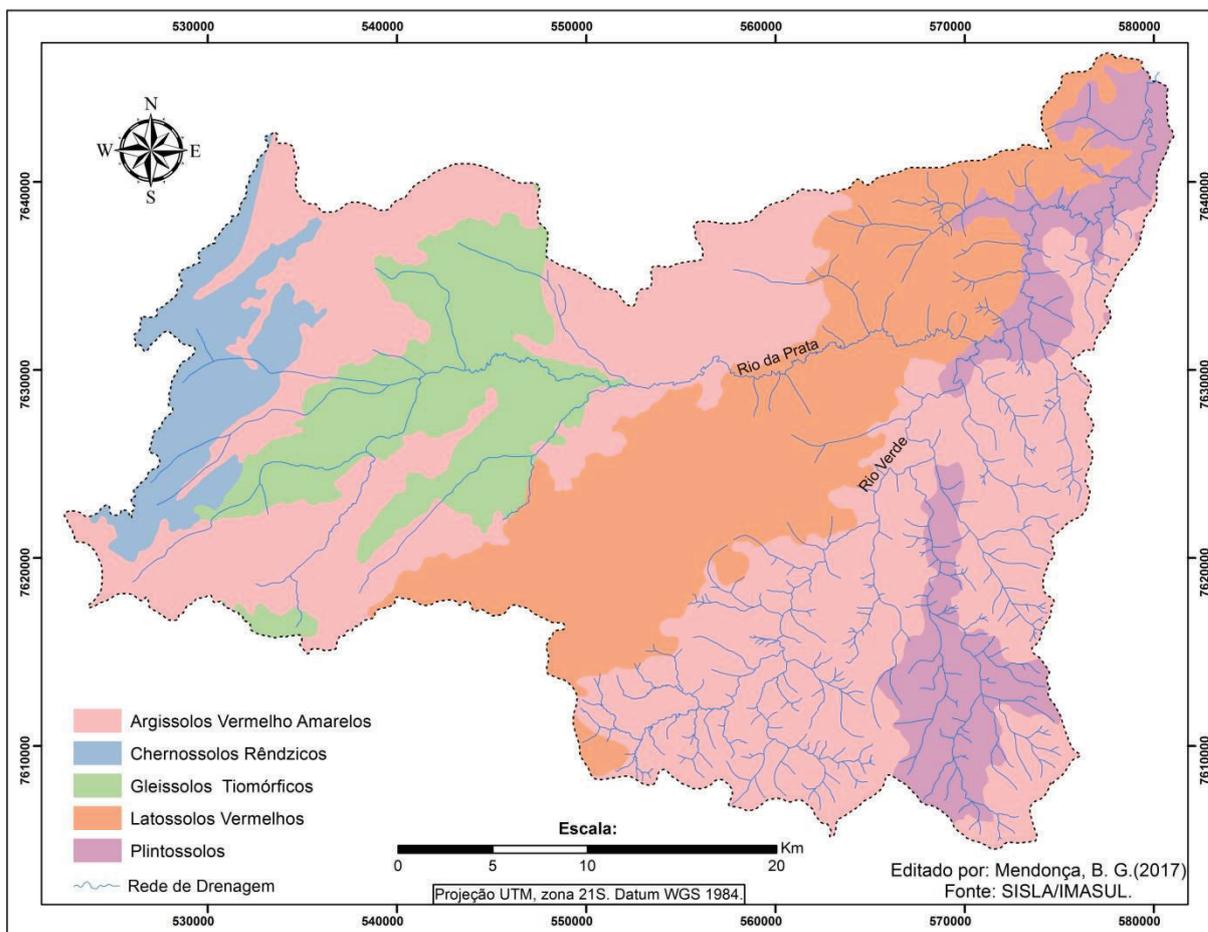
Quadro 1. Formas de relevo presentes na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.

Formas de relevo	Descrição	Sigla
Formas convexas	Formas convexas. Relevo de topo convexo, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem separados por vales de fundo plano e/ ou em “V”.	Dc
Superfície pediplanada	Superfície pediplanada. Superfície de aplanamento elaborada por processos de pediplanação.	Dep
Formas tabulares	Formas tabulares. Relevos de topos aplanados com diferentes ordens de grandeza e aprofundamentos de drenagem, separados por vales de fundo plano.	Dt

4.2.3 Solos

O mapa de solos presentes na bacia do Rio da Prata foi gerado a partir de dados extraídos do Macrozoneamento 1984/1985 SISLA/IMASUL (2015) na escala de 1:250.000, e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA,2013). Os solos da bacia são os seguintes: Argissolo Vermelho-Amarelo; Chernossolo Rêndizico; Gleissolo Tiomórfico; Latossolo Vermelho e Plintossolo. A Figura 6 apresenta a espacialização dos solos na Bacia do Rio da Prata.

Figura 6. Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata.



O quadro 2 apresenta a descrição das características dos solos presentes na Bacia do Rio da Prata, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Quadro 2. Descrição das características dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.

Classe de Solo	Conceito	Subordem
Argissolo	Solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético. O horizonte B	Argissolo Vermelho-Amarelos

	textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.	
Chernossolo	Solos constituídos por material mineral que tem como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou ainda sobre a rocha, quando o horizonte A apresentar concentração de carbonato de cálcio. O horizonte A chernozêmico pode ser menos espesso (com 10 cm ou mais) de espessura quando seguido de horizonte B com caráter ebânico.	Rêndzicos
Gleissolo	Solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam	Tiomórfico

	<p>horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos; não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plíntico, se presente, deve estar a profundidade superior a 200cm da superfície do solo.</p>	
<p>Latossolo</p>	<p>Solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de</p>	<p>Vermelho</p>

	<p>horizonte superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. São virtualmente desprovidos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila, inferior a 17cmol/kg de argila sem correção para carbono.</p>	
Plintossolo	<p>Solos minerais, formados sob condições de restrição a percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de um modo geral imperfeitamente a mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintização com ou sem petroplintita na condição de que não satisfaçam os requisitos estabelecidos para as classes dos Neossolos, Cambissolos, Luvisolos, Argissolos, Latossolos,</p>	Plintossolo

	Planossolos ou Gleissolos.	
--	----------------------------	--

4.2.4 Clima

O clima da região é classificado como úmido. Apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 40 a 60. A precipitação pluviométrica anual é a mais elevada do Estado de Mato Grosso do Sul, variando entre 1.750 a 2.000 mm anuais. O excedente hídrico anual de 1.200 a 1.400 mm durante 07 a 08 meses e a deficiência hídrica é de 200 a 350 mm durante 03 meses. A temperatura média anual é 22°C, destacando-se como a mais baixa do Estado (MS, 1990).

4.2.5 Geologia

A geologia é constituída por mármore do Grupo Cuiabá; diamictito, arenito, folhelho e siltito da Formação Aquidauana; arenitos da Formação Botucatu; calcários calcítico e dolomítico da Formação Cerradinho; tufa da Formação Xaraiés (SALLUN FILHO et al., 2009); calcário dolomítico da Formação Bocaina (CPRM, 2006).

O mapa geológico (Figura 7) da área de estudo foi elaborado a partir de dados do Serviço Geológico do Brasil CPRM na escala de 1:1000.000, extraídos do banco de dados do SISLA/IMASUL.

Grupo Cuiabá: pacote com espessura duvidosa de 5.500 a 6.000 m, subdividindo-o em três membros, litologicamente diferenciados entre si: membro inferior, constituído por filitos sericíticos e caulínicos, com intercalações de metarcóseos finos e metaconglomerados. Membro intermediário, por metapraconglomerados de matriz argilosa, com seixos de granitos, gnaissesses, metargilitos, quartzo, quartzitos, membro superior, composto por filitos arenosos e sílticos, com intercalações lenticulares de metarenitos e metaconglomerados.

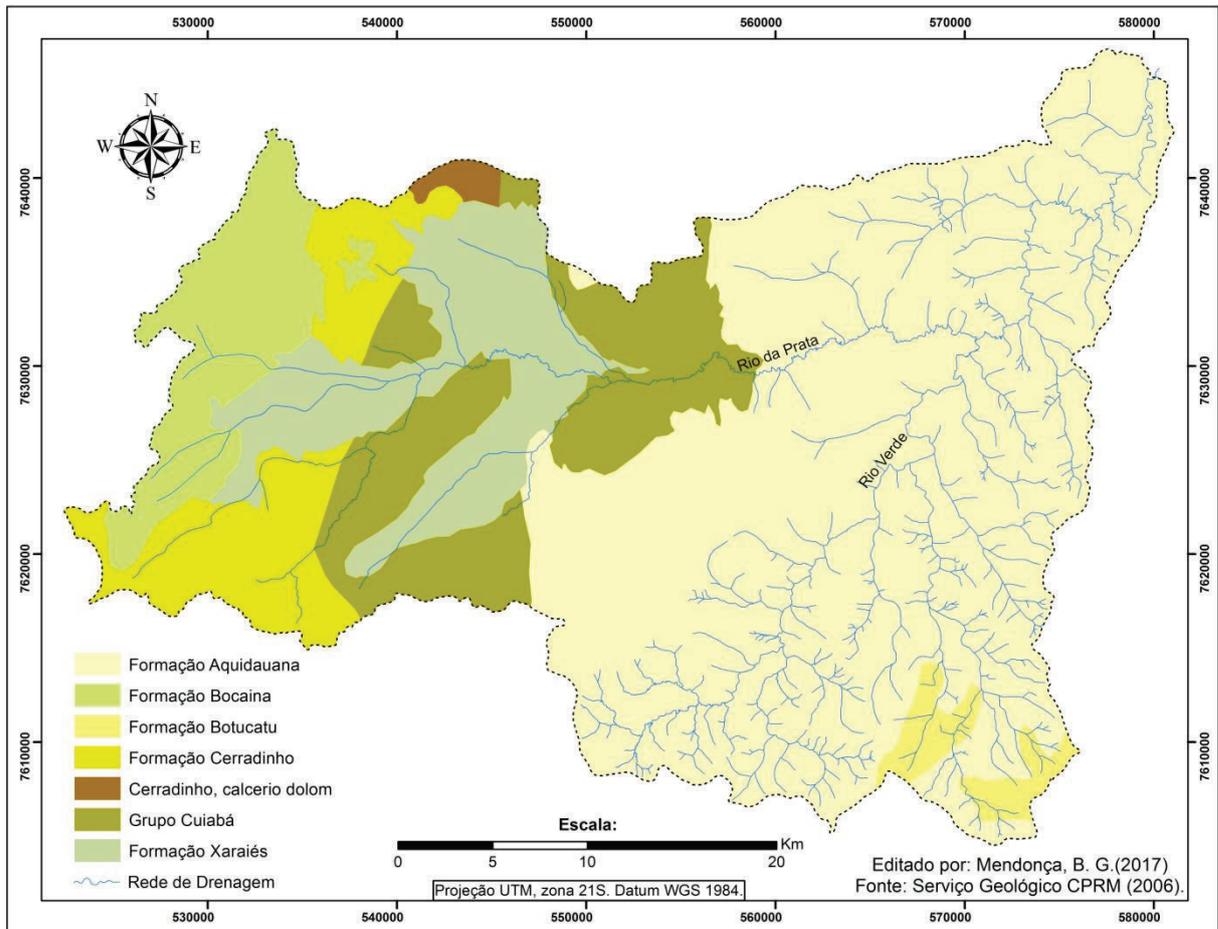
Formação Aquidauana: é composta predominantemente por sedimentos arenosos vermelho-arroxeados a avermelhados, com intercalações subordinadas de clásticos finos (siltitos e folhelhos) e grosseiros (conglomerados e diamictitos).

Formação Botucatu: Predominam arenitos quartzosos com típicas estratificações cruzadas eólicas, geralmente de colocação rósea ou amarelada e vermelho-tijolo, quando silicificados, muitas vezes pintalgado de branco.

Formação Cerradinho: A Formação Cerradinho é constituída por uma seqüência clástico-carbonática, formada pela alternância de arcóseos, arenitos, siltitos, folhelhos, margas, calcários e ardósias, com predominância de rochas carbonáticas para o topo.

Formação Bocaina: Esta Formação constituí-se por uma seqüência de calcários e dolomitos, e a subdividiram em membros calcítico e dolomítico.

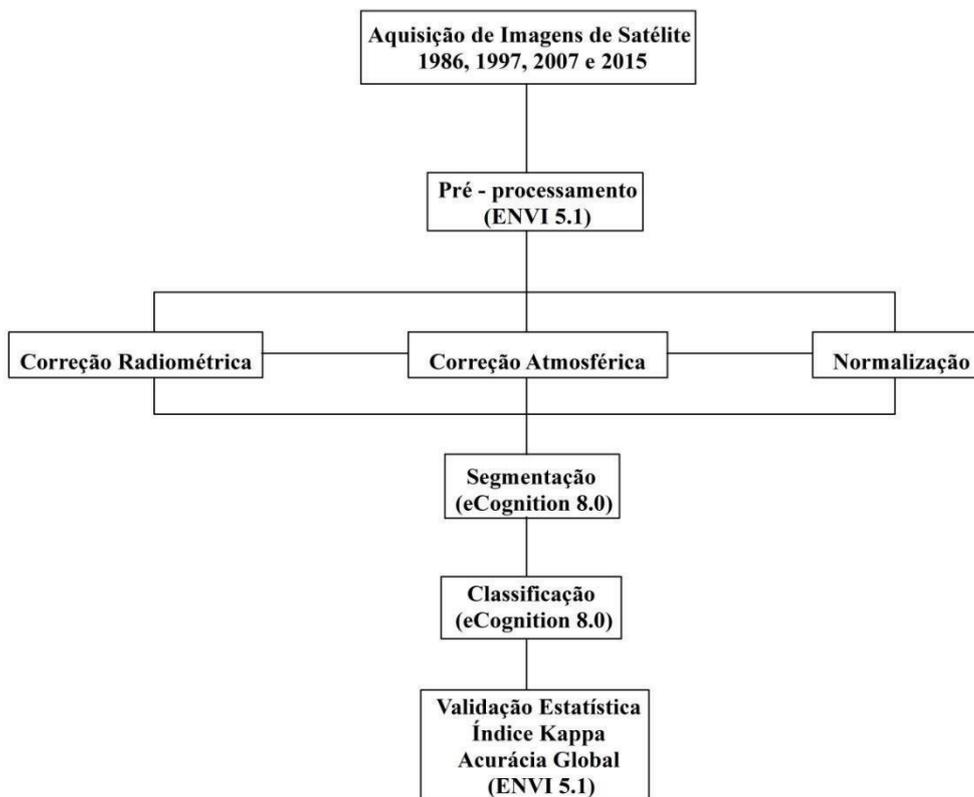
Figura 7. Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.



4.3 Procedimentos Metodológicos

A Figura 8 apresenta o fluxograma metodológico que resume sinteticamente todas as etapas percorridas pela pesquisa, na seqüência as etapas estão descritas e contextualizadas.

Figura 8 - Fluxograma metodológico das etapas percorridas pela pesquisa.



Organizado e editado por Mendonça, B.M (2017).

4.3.1 Aquisição de Imagens de Satélite

As imagens Landsat foram obtidas gratuitamente no site *Earth Explorer USGS* (United States Geological Services), (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), já corrigidas geometricamente (Nível 1 T).

As imagens selecionadas são descritas no Quadro 3 e abrangem a bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS. Foram adotadas imagens do período mais seco do ano, buscando as melhores condições para classificação de uso da terra e cobertura vegetal.

Quadro 3. Imagens de Satélite utilizadas no trabalho.

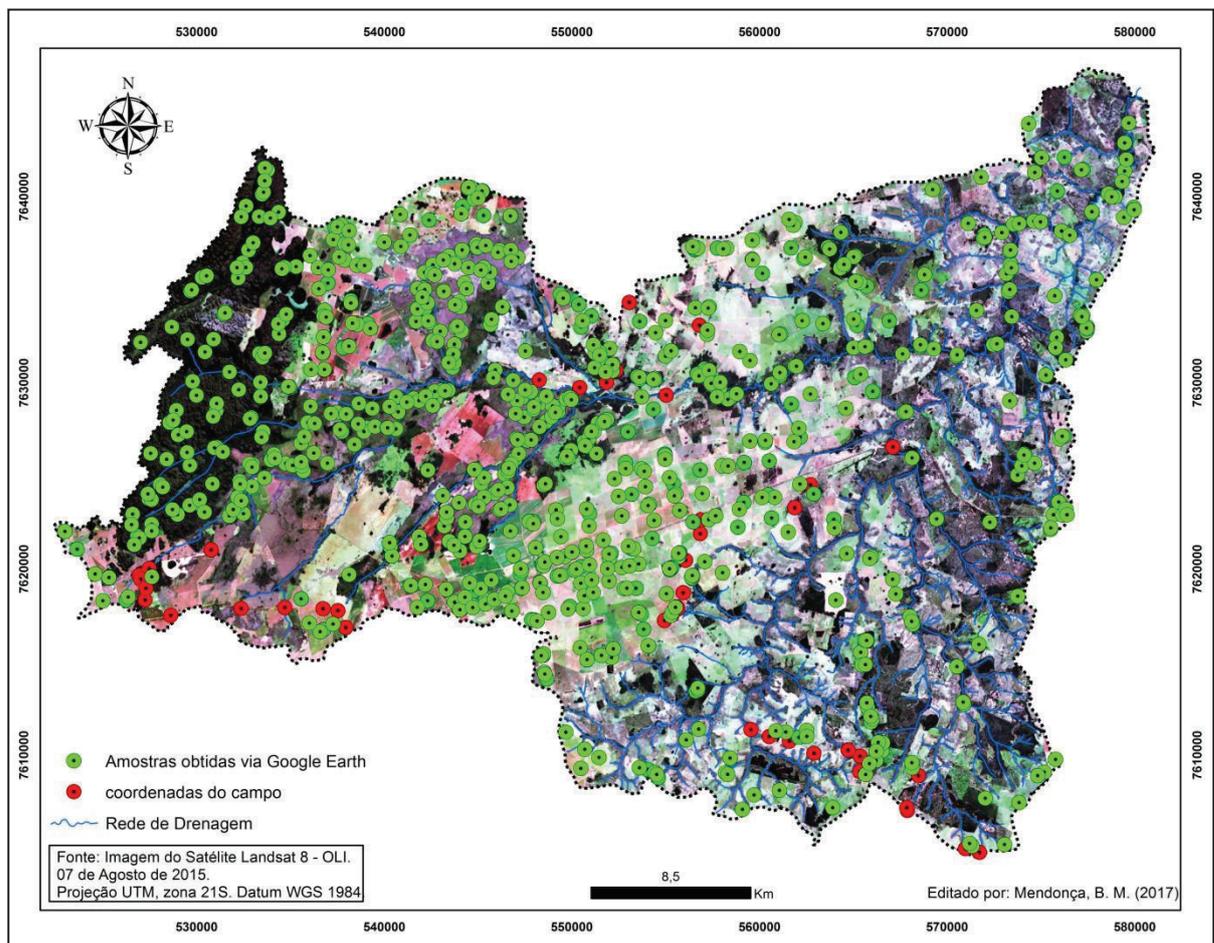
Satélite	Sensor	Data	Fonte
Landsat 5	TM	08/09/1986	USGS
Landsat 5	TM	22/09/1997	USGS
Landsat 5	TM	02/09/2007	USGS
Landsat 8	OLI	07/08/2015	USGS

4.3.2 Coleta de dados no campo

A etapa de coleta de dados foi realizada em três dias de trabalho de campo, em dezembro de 2016, no intuito de fazer o reconhecimento da área de estudo e identificar as classes de uso da terra e cobertura vegetal para relacioná-las com as imagens de satélite.

No levantamento de campo foram coletadas as coordenadas de 45 pontos, via Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) obtidos em três dias de campo. A partir dos pontos amostrais do terreno, com o auxílio do software Google Earth, obteve um total de 800 amostras. Tais pontos amostrais que representam a verdade terrestre auxiliaram na etapa de segmentação e posteriormente na etapa de validação estatística do mapeamento. Contudo, as amostras utilizadas no treinamento não foram as mesmas utilizadas na etapa de validação do mapeamento. Na figura 9 é apresentada a distribuição espacial das amostras utilizadas.

Figura 9. Amostras utilizadas para validação do mapeamento.



4.3.3 Análise das mudanças de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Para realizar a análise das mudanças ocorridas na bacia hidrográfica do Rio da Prata, foram elaborados quatro mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal dos seguintes anos: 1986, 1997, 2007 e 2015, com base em imagens de satélite Landsat 5, sensor TM (Thematic Mapper) e Landsat 8, sensor OLI (Operational Land Imager). Esses mapas temáticos representarão as mudanças ocorridas a cada década, e auxiliarão no processo de modelagem ambiental e projeção de cenários futuros para a bacia.

Os procedimentos de mapeamento se fundamentaram nas rotinas de PDI (Processamento Digital de Imagem), conforme descrito em Jensen (2009) e Novo (2010), que se resumem em pré-processamento, segmentação, classificação e validação estatística do Mapeamento.

4.3.4 Pré-processamento

Etapas de pré-processamento foram executadas no *software* ENVI 5.1 (EXELIS, 2014), com intuito de eliminar distorções atmosféricas e problemas de sensores. Primeiramente foi feita a calibração radiométrica, através da ferramenta *Radiometric Calibration* aplicou-se o coeficiente de correção. Após serem corrigidas radiometricamente, as imagens passaram pelo processo de correção atmosférica utilizando-se a ferramenta *FLAASH Atmospheric Correction (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)*; resultando em imagens com correção atmosférica na forma de reflectância de superfície. O módulo FLAASH possui um código de transferência de radiação MODTRAN4+, que é considerado uma boa solução para a correção atmosférica nas aplicações terrestres (KAUFMAN et al., 1997).

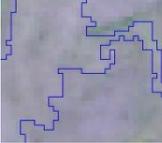
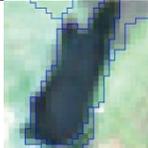
4.3.5 Segmentação

A segmentação foi realizada através do método de multiresolução descrito no item 3.7. A etapa de segmentação foi elaborada no *software* *eCognition* 8.0 (TRIMBLE, 2015), utilizando da árvore de processo (*Process Tree*) definiu-se o algoritmo *Multiresolution Segmentation* para segmentação das imagens de satélite; um algoritmo multiresolução que tem como objetivo minimizar localmente a heterogeneidade média de objetos de imagem para uma determinada resolução (BAATZ e SCHÄPE, 2000; BLASCHKE, 2010). Em seguida

foram atribuídos pesos (valores) de relevância para cada banda das imagens tanto para o Landsat-5/TM, quanto para o Landsat-8/OLI através da opção *Segmentation Settings*.

Antes de dar início à etapa de classificação, foi elaborada uma “chave de interpretação” (Quadro 4), com intuito de auxiliar na identificação das classes temáticas de cada imagem.

Quadro 4. Chave de interpretação.

Classe Temática	Imagem de satélite	Imagem segmentada	Fotos do Campo
Agropecuária (Agricultura/Pecuária)			
Vegetação Natural			
Áreas úmidas			
Água			
Solo exposto			

4.3.6 Classificação de imagem

A classificação orientada ao objeto também foi executada no *software eCognition 8.0* (TRIMBLE, 2015). Inicialmente foram definidas as classes na ferramenta *Class Hierarchy*. Na sequência utilizou-se a ferramenta *Nearest Neighbor* (vizinho mais próximo) para selecionar alguns parâmetros que auxiliaram o classificador na separação e identificação dos objetos na imagem na opção *Edit Standard Nearest Neighbor Feature Space*; e na opção

Select Samples foram selecionadas amostras de cada classe definida anteriormente que serviram de suporte ao treinamento do *software*. Para finalizar a etapa de classificação, na ferramenta *Process Tree* foi selecionado o algoritmo de classificação denominado *Classification*, ativaram-se todas as classes e foi executada a classificação.

4.3.7 Avaliação da exatidão do mapeamento

A validação estatística do desempenho do classificador se pautou na utilização de parâmetros estatísticos clássicos para validação de mapeamento temático da cobertura vegetal e uso da terra, tais como: o índice de concordância *Kappa*, parâmetros de avaliação de desempenho da classificação por classe, valores dos erros de omissão e inclusão e acurácia global da classificação (CONGALTON, 1991).

Esta etapa foi realizada através do software ENVI 5.1, onde foram selecionados 800 pontos amostrais de verdade terrestre para cada imagem classificada (1986, 1997, 2007 e 2015). Para auxiliar na análise os valores do índice *Kappa* serão comparados aos limiares estabelecidos por Landis e Koch (1977). A Tabela 2 representa os níveis de desempenho da classificação e indica a qualidade do mapa temático.

Tabela 2. Qualificação de acordo com Índice *Kappa*.

Índice <i>Kappa</i>	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Bom
0,61 a 0,80	Muito Bom
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Validação dos Mapas de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Os quatro mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal dos anos de 1986, 1997, 2007 e 2015 foram avaliados pelo Índice *Kappa*, e apresentaram respectivamente os seguintes valores 0,9926, 1,0000, 1,0000 e 0,9779. De acordo com o estabelecido por Lands e Koch (1977), os mapas foram avaliados como excelente. A Tabela 3 apresenta os valores de avaliação obtidos para cada classe mapeada e os valores de índice *Kappa* e Acurácia Global para todo mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

Tabela 3. Avaliação de precisão dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal.

Ano	1986		1997		2007		2015	
	A.P (%)	A.U (%)	A.P (%)	A.U (%)	A.P (%)	A.U (%)	A.P (%)	A.U (%)
Agropecuária	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,40
Vegetação Natural	98,68	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,00	100,00
Áreas Úmidas	100,00	97,56	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,56
Água	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Solo exposto	-	-	100,00	100,00	-	-	100,00	100,00
Índice <i>Kappa</i>	0,9926		1,0000		1,0000		0,9779	
Acurácia Global	99,5025%		100,0000%		100,0000%		98,5000%	

A acurácia de produtor (A.P) refere-se à probabilidade de um pixel de referência ter sido corretamente classificado. E a acurácia de usuário (A.U) indica a probabilidade que um pixel classificado na imagem de fato representa aquela categoria no campo (CATTANI, 2013).

5.2 Análise nas Mudanças do Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS

Utilizando a técnica de classificação orientada a objeto (OBIA) aplicada no *software eCognition 8.0* (TRIMBLE, 2015), obtiveram-se quatro (4) mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal para a Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS dos anos de 1986, 1997, 2007 e 2015 (Figuras 11, 12, 13 e 14).

As cinco (5) classes temáticas identificadas e mapeadas foram as seguintes: Agropecuária, Vegetação Natural, Áreas úmidas, Água e Solo Exposto.

A mudança do uso e cobertura da terra é um processo têmporo-espacial dinâmico que, ao ser instalado sobre determinada área, passa a ser um processo complexo, não sendo uma ação simples de ser descrita ou de ser prevista. Ainda, modelar a sua tendência futura também vem a ser um desafio, pois há a intervenção de fatores tais como, políticos, de gestão, econômicos, culturais, do comportamento humano e ambiental, que fazem com que essa dinâmica de mudança, instaurada sobre uma área, se torne um sistema geográfico complexo (RICOBOM, 2014).

A partir dos resultados obtidos no mapeamento foi possível quantificar e analisar as mudanças ocorridas nos modos de uso da terra e cobertura vegetal entre os anos 1986, 1997, 2007 e 2015. A evolução das alterações ocorridas na paisagem natural durante as quatro décadas analisadas estão representadas na Figura 10.

A Tabela 4 apresenta os valores das classes temáticas de uso da terra e cobertura vegetal mapeadas, todas quantificadas em porcentagem (%).

Tabela 4. Valores das classes temáticas de uso da terra e cobertura vegetal.

Classe Temática	1986	1997	2007	2015
	(%)	(%)	(%)	(%)
Agropecuária	57,93	63,23	70,29	70,54
Água	0,10	0,08	0,09	0,10
Áreas úmidas	10,69	15,08	12,58	12,61
Vegetação Natural	31,26	21,56	17,02	16,63
Solo exposto	0	0	0,004	0,09
Total	100	100	100	100

Figura 10. Mapas que representam a evolução do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS.

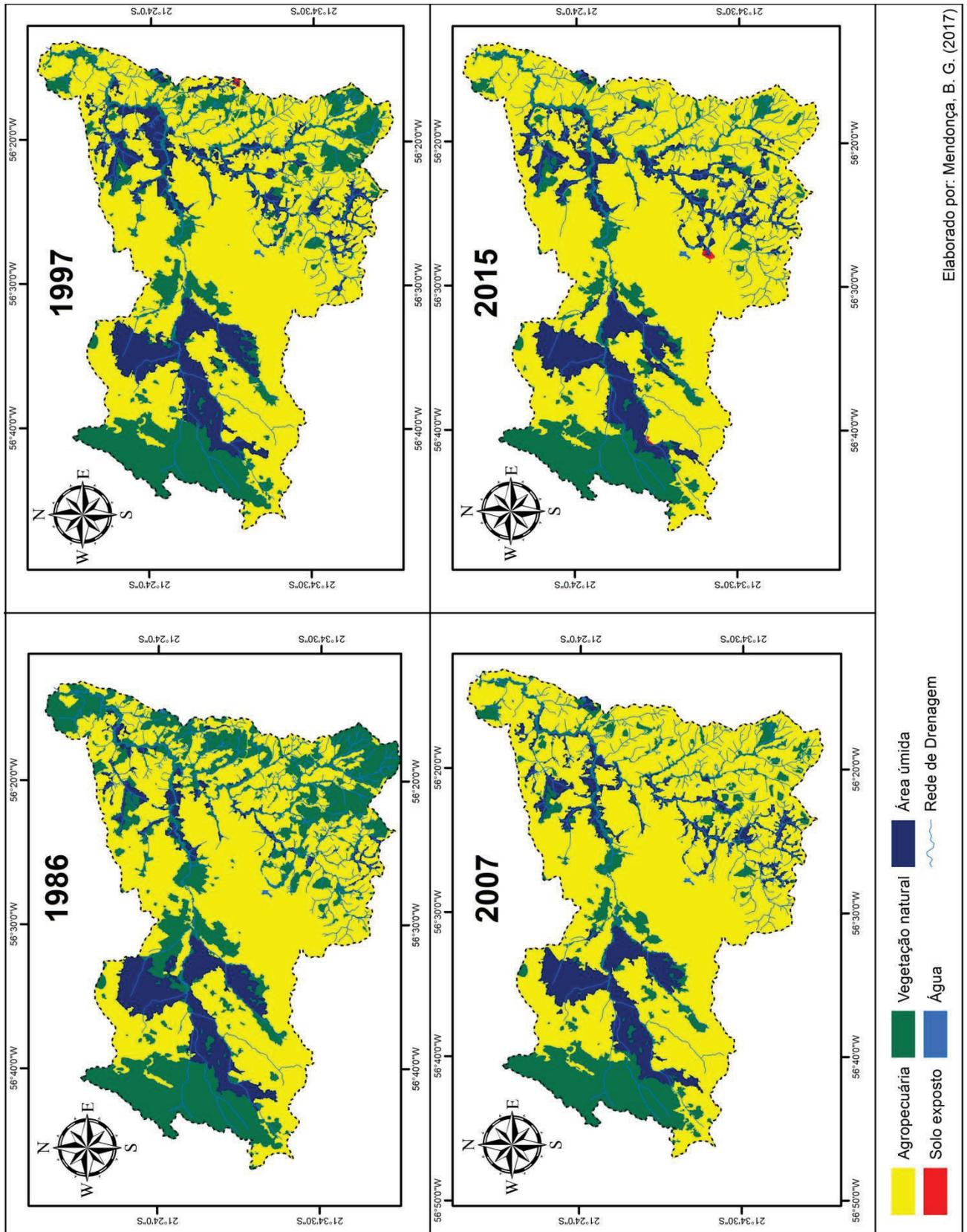


Figura 11 - Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 1986.

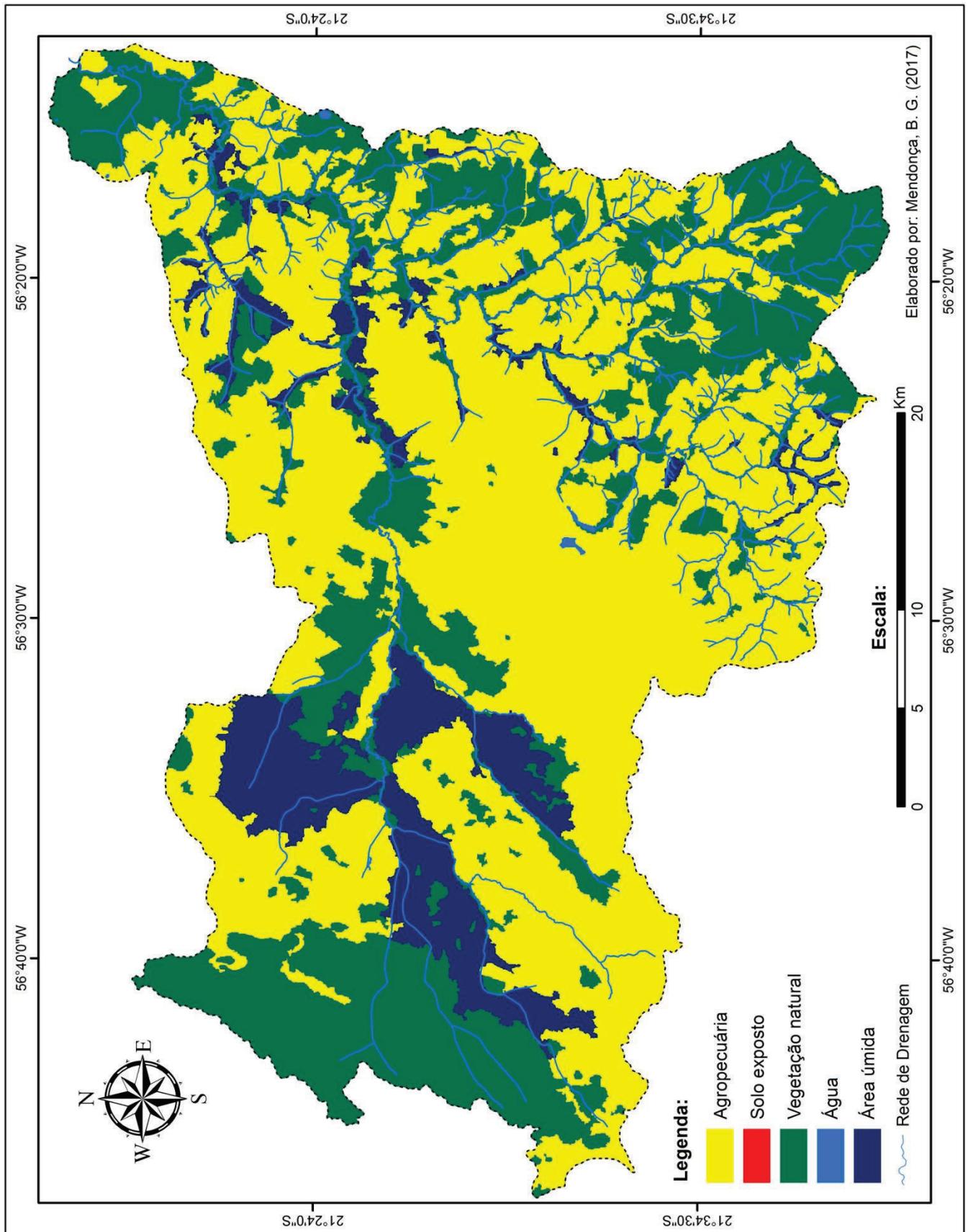


Figura 12 - Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 1997.

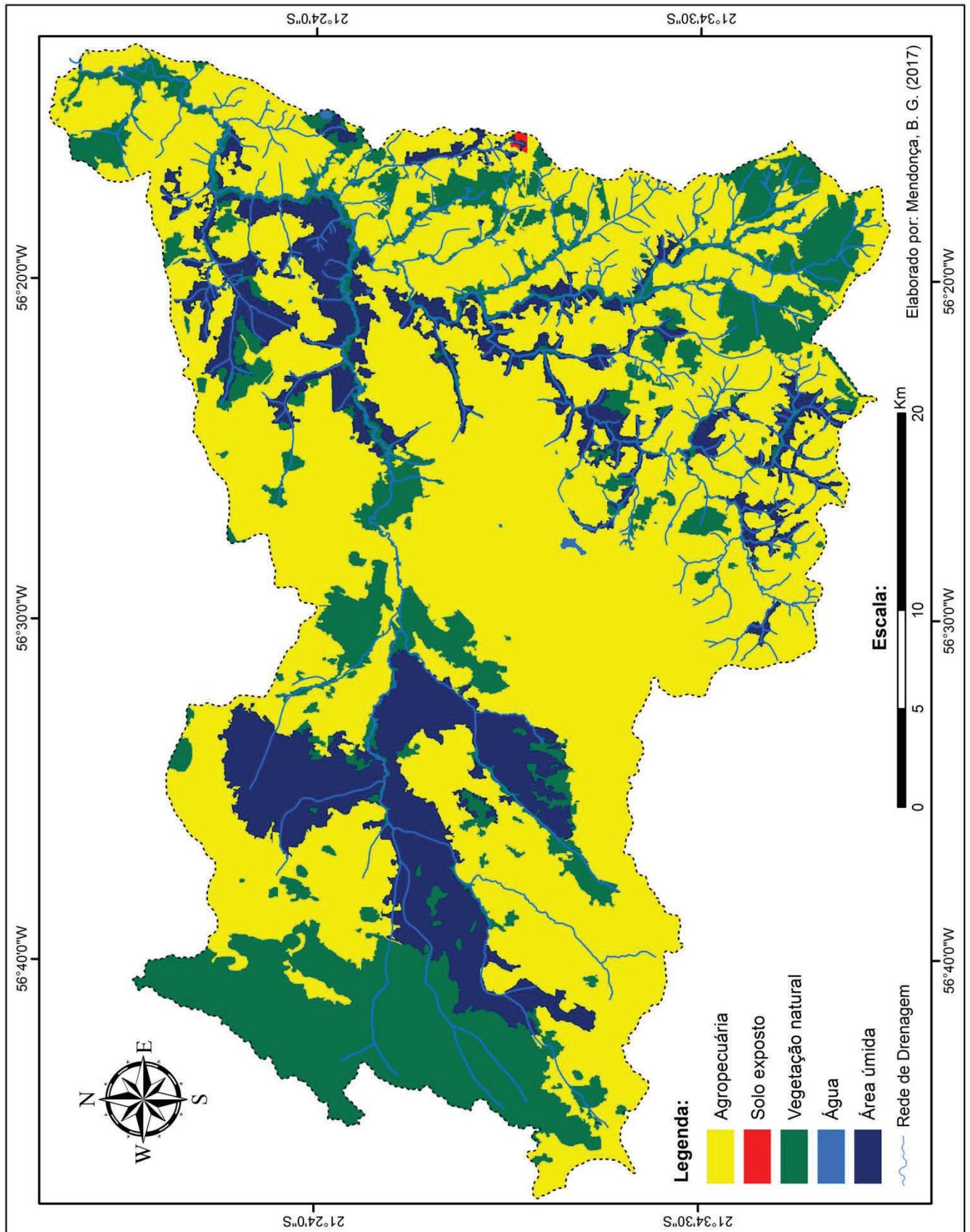


Figura 13 - Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 2007.

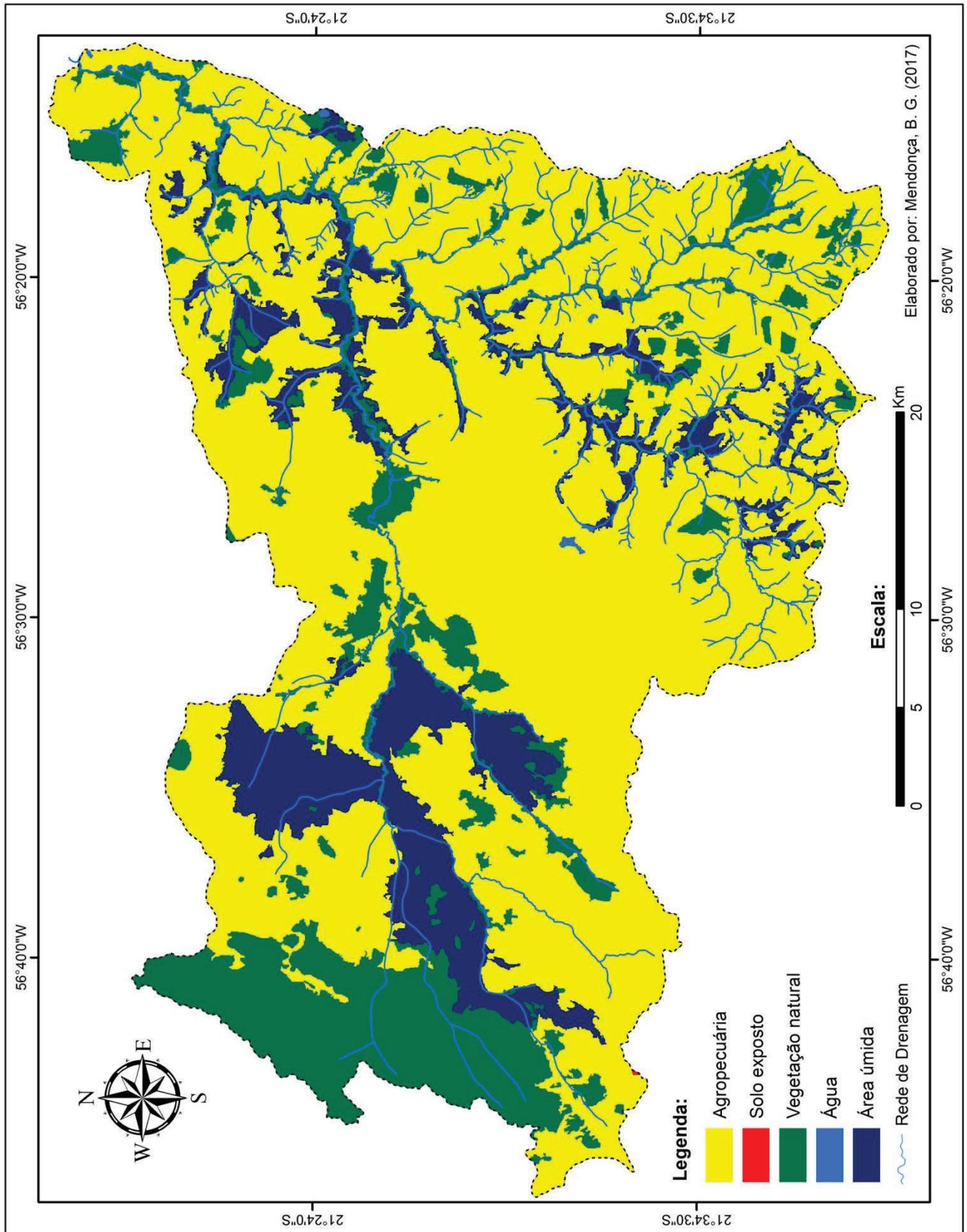
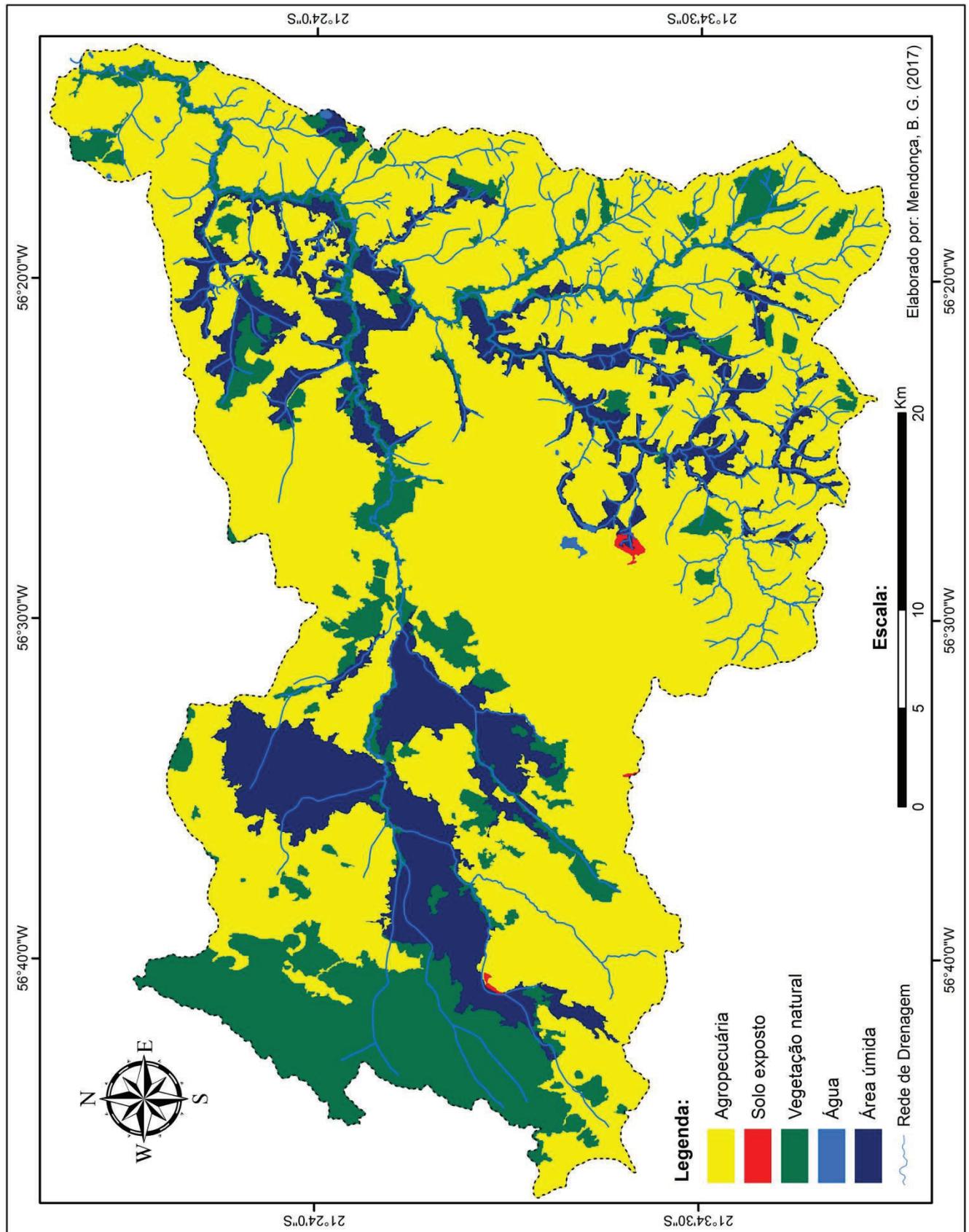
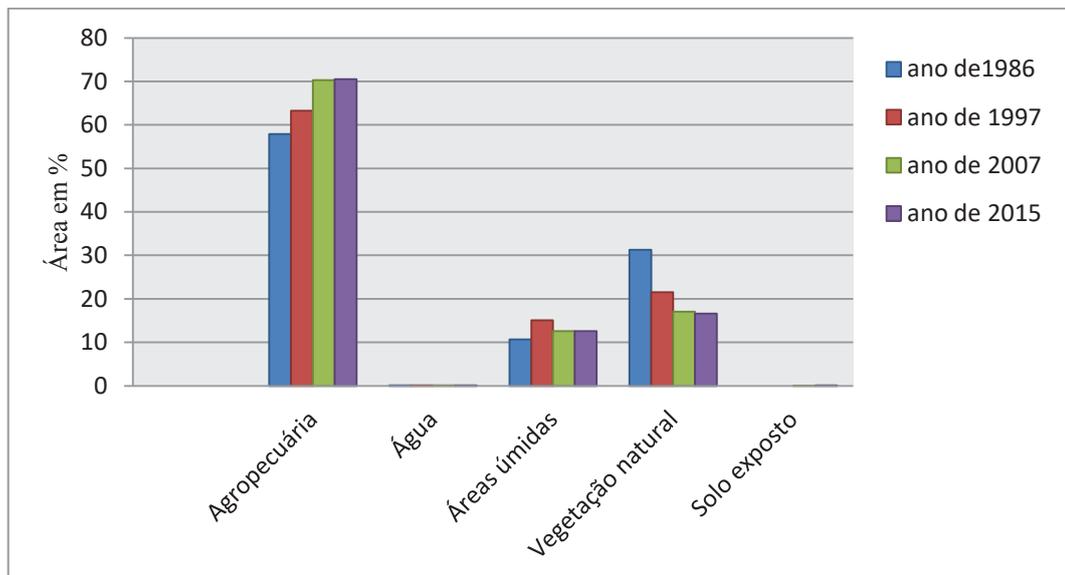


Figura 14 - Mapa de Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata-MS do ano de 2015.



Na figura 15 (Gráfico) estão expostos os valores de cada classe temática de uso da terra e cobertura vegetal mapeada em porcentagem (%) e seus respectivos anos.

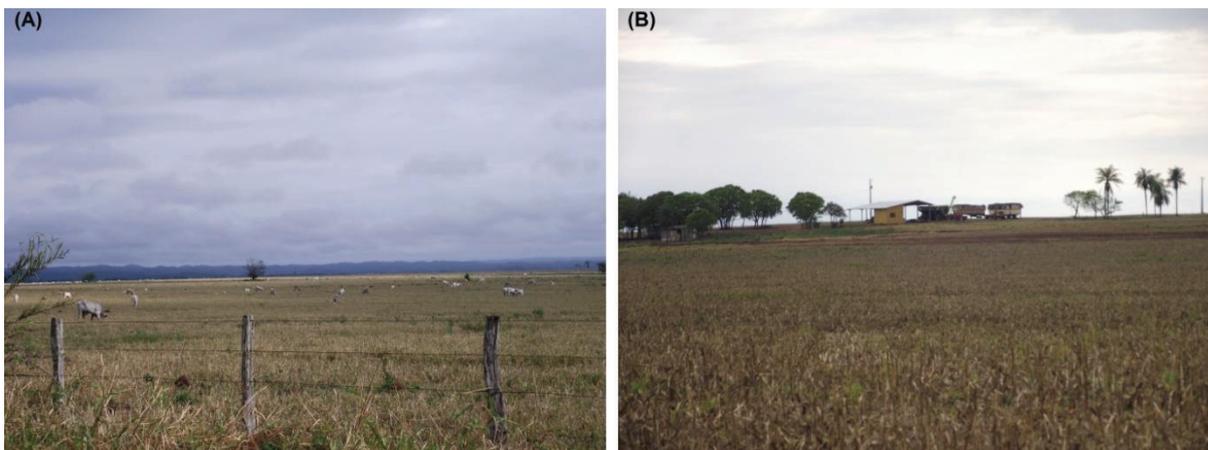
Figura 15. Gráfico com as cinco (5) classes temáticas mapeadas de uso da terra e cobertura vegetal.



A partir do mapeamento realizado na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS é possível notar que o uso da terra atual é dominado pela agropecuária, com pastagem plantada e agricultura em área de assentamento rural. Sendo a pastagem plantada constituída por gramíneas exóticas, geralmente as espécies mais utilizadas são as braquiárias: Brachiárinha (*Urochloa decumbens*), Capim-marandu (*Urochloa, brizantha*) e Humidicola (*Urochloa humidicola*), Silva et al. (2011). E em relação à agricultura os principais tipos de cultivo são: milho, soja e cana-de-açúcar.

Analisando a classe denominada agropecuária (Figura 16) nota-se que a mesma apresentou aumento progressivo no decorrer das décadas; onde em 1986 ocupava 57,93%, em 1997 (63,23 %), 2007 (70,29 %) e em 2015 (70,54 %). O aumento das atividades agropecuárias (Pastagem/Agricultura) ocorre principalmente através do desmatamento, que consequentemente resulta na redução da cobertura vegetal.

Figura 16. Pastagem plantada (A) e cultura de milho pós-colheita (B).

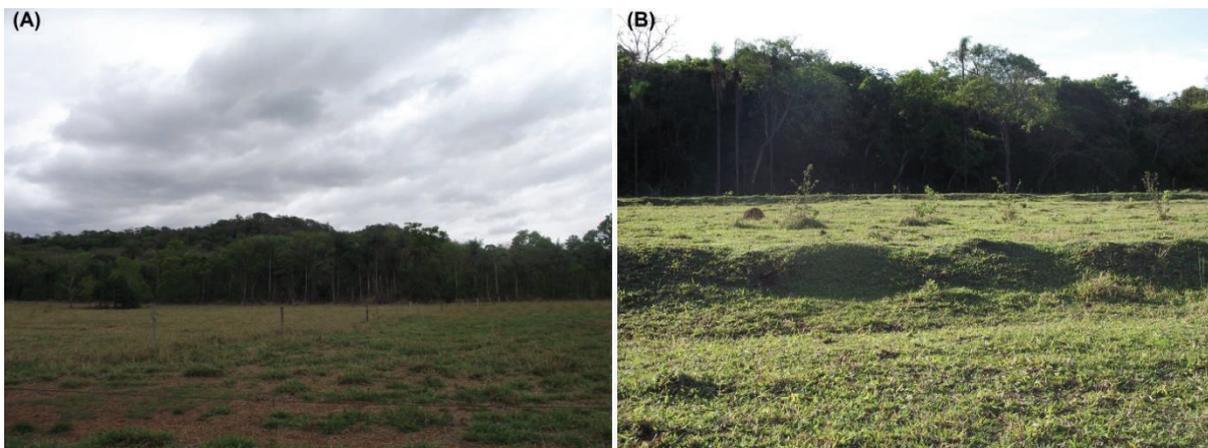


Fotos tiradas em dezembro de 2016.

Nessa perspectiva, destaca-se a conseqüente redução da classe vegetação natural (Figura 17) que, em 1986 ocupava 31,26%, 1997 (21,56%), 2007 (17,02%) e em 2015 apenas 16,63%. A classe vegetação natural é constituída pelos tipos de vegetação: Submontana (Mata, Mata seca, Mata calcária), Encrave e Gramíneo Lenhosa (Campo, Campo limpo, Campo sujo, Caronal e Campo alagado); sendo a última com maior domínio na área da bacia. Ao cruzar os mapas de uso da terra e cobertura vegetal com o mapa de cobertura vegetal realizado pelo Projeto GeoMS (SILVA et al., 2011), torna-se possível notar que o desmatamento ocorreu principalmente em áreas ocupadas por Gramíneo Lenhosas, que são substituídas pela introdução de pastagens plantadas.

De acordo com Bertoni e Lombardi (2008) a cobertura vegetal contribui como a defesa de um terreno contra a erosão, tal efeito da cobertura vegetal pode ser assim enumerado: 1) proteção direta contra o impacto das gotas das chuvas, 2) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo, 3) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água, 4) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim a sua capacidade de retenção de água, 5) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

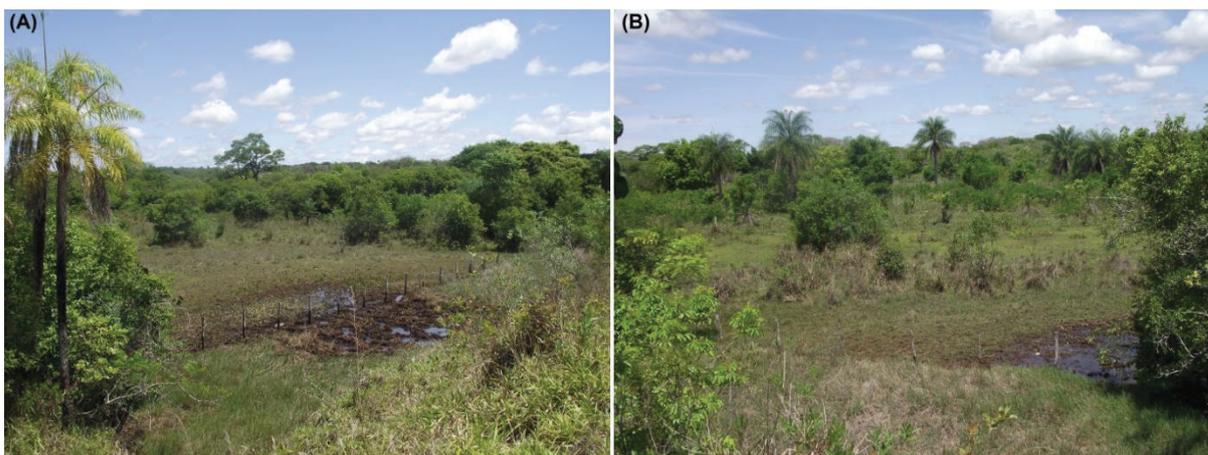
Figura 17. Vegetação natural (A) e (B) presente na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.



Fotos tiradas em dezembro de 2016.

Segundo Junk et al. (2014), as áreas úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica. A classe temática áreas úmidas (Figura18) manteve uma média relativamente estável levando em consideração o fato de ser uma área dinâmica, no ano de 1986 representava 10,69%, em 1997 (15,08 %), 2007 (12,58 %) e em 2015 ocupava 12 61 %.

Figura 18. Áreas úmidas (A) e (B) identificadas na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.

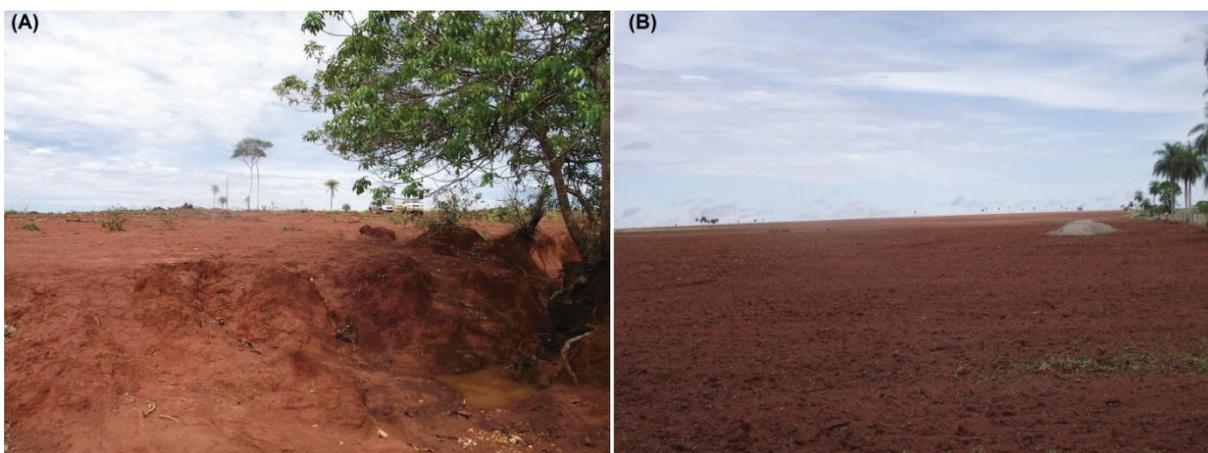


Fotos tiradas em dezembro de 2016.

Em relação à classe água, a mesma manteve-se também praticamente estável, não sofreu alterações expressivas em seus valores quantificados entre os anos de 1986 (0,10%), 1997 (0,8%), 2007 (0,9%) e 2015 (0,10%).

A classe solo exposto (Figura 19) foi a menor área mapeada de acordo com sua quantificação, tanto que nos de 1986 e 1997 não foram encontradas ocorrências, já no de 2007 ocupa 0,004% e em 2015 aumenta para 0,09% da área; geralmente são resultantes do desmatamento da cobertura vegetal.

Figura 19. Solos expostos (A) e (B) presente na Bacia hidrográfica do Rio da Prata-MS.



Fotos tiradas em dezembro de 2016.

A técnica de classificação orientada a objeto geralmente é utilizada em imagens de alta resolução espacial; porém, os resultados obtidos a partir do presente trabalho demonstram que é possível utilizar tal técnica em imagens de média resolução espacial, como as imagens Landsat/TM e OLI.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos de mapeamento que fundamentaram se nas rotinas de PDI (Processamento Digital de Imagem) e na técnica de classificação orientada a objeto permitiram identificar as modificações ocorridas na paisagem atendendo o objetivo da pesquisa.

O método de segmentação multirresolução apresentou resultados satisfatórios na identificação dos alvos e associado à técnica de classificação orientada a objeto (GEOBIA) demonstrou que é possível sua utilização em imagens de média resolução espacial como as imagens LANDSAT; podem ser obtidos resultados ainda melhores se aplicada em imagens com maior resolução espacial.

A validação estatística pelo índice *Kappa* e Acurácia Global, apresentou resultados satisfatórios para os mapeamentos. Os elevados valores de *Kappa* e Acurácia Global estão relacionados ao bom desempenho do processo de segmentação e classificação (GEOBIA), porém acredita-se que o baixo número de classes temáticas também contribuiu para a redução da complexidade na identificação das classes, sobretudo no que refere à classe agropecuária que contém áreas agrícolas (agricultura cíclica) e pastagens (pecuária bovina).

A partir da análise do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal é possível notar que houve a diminuição da cobertura vegetal ao longo dos anos analisados; processo que está consequentemente associado ao desmatamento dessas áreas para introdução de pastagens, tendo em vista que predominam na bacia atividades agropecuárias.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. F. B. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa, WDI Publications, 1989.

BAATZ, M; et al. ECOGNITION - Object Oriented Image Analysis. Release 1.0. DEFINES AG Rindermarkt. Munich, Germany, 2001.

BAATZ, M.; A. SCHAPE. Multiresolution Segmentation – An Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation. **In** *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, edited by J. Strobl, T. Blaschke, and G. Griesebner, Heidelberg: Wichmann, 2000.

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BELUCO, A. **Classificação de imagem de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 130 p.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo. Ícone. P.355.2008.

BLASCHKE, T.; KUX, H. J. H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados** – novos sistemas sensores: métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos. 2ª Ed. 303 p., 2007.

BLASCHKE, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 65, 2-16.

BLASCHKE, T.; HAY, G. **Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modelling and evaluating multiscale landscape structure**. Janeiro, 2002. Disponível em: <www.definiens.com/publications.pdf> . Acesso em: 15 Out. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: **Áreas prioritárias Conservação, Uso Sustentável e Repartição de benefícios da Biodiversidade Brasileira**. Brasília: MMA, 2007. 301p.

BRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra**. Folha SE. 21 Campo Grande. Rio de Janeiro, 1982.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Ecoturismo: orientações básicas**. / Ministério do Turismo, Secretaria Nacional de Políticas de Turismo, Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico, Coordenação Geral de Segmentação. 2. ed. – Brasília: Ministério do Turismo, 2010.

BRASIL. Ministério do Turismo. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/turismo/noticias/todas_noticias/20140114.html> acesso em 11/03/2015.

BRASIL. **Plano de conservação da bacia do alto Paraguai: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai**. Brasília: PNMA, 1997. 369p.

BORDALLO, C. L. A. **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos**. Belém: NUMA/UFPA, 1995.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.

CÂMARA, G; DAVIS, C. **Introdução: Por que Geoprocessamento**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; INPE, São José dos Campos, SP, 2001.

CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos do Geoprocessamento. In: ASSAD, E.; SANO, E. E. (Eds), **Sistema de informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura. 2ª ed. ver. e ampl. – Brasília: Embrapa – SPI/EMBRAPA – CPAC, 1998. 434 p.

CATTANI, C. E. V. MERCANTE, E. WACHHOLZ DE SOUZA, C. H. WRUBLACK, S. C. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites RapidEye. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, p. 8005-8010. 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 240p.

CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment**, 37 (1): 35–46. doi:10.1016/0034-4257(91)90048-B., 1991.

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practicices**. Lewis Publishers, USA. 1999.

CPRM, **Serviço Geológico do Brasil**. 2006 Disponível em: <www.geobank.sa.cprm.gov.br> Acesso em 10 abril de 2017.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. **Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil (2007).

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. **Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7789-7796.

EASTMAN, J. R. **IDRISI 16: The Andes edition**. Worcester, MA: Clark University, 2009.

EMBRAPA, Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

Exelis Visual Information Solutions. ENVI/ *software* ENVI 5.1. Bolder, Colorado, 1 Cd Rom. 2014.

DO NASCIMENTO SILVA, L. C.; BACANI, V. M. Classificação orientada a objeto (GEOBIA) aplicada à análise das alterações do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata em Jardim e Bonito-MS Object-oriented classification (geobia) applied to the analysis of the alterations in the use and cover of the land in Rio Da Prata watershed, located in the cities of Jardim and Bonito (In The State Of Mato Grosso Do Sul–MS)/Clasificación orientada al objeto (Geobia) aplicada al análisis de las alteraciones del uso y la cobertura de la ... **Geografia (Londrina)**, v. 26, n. 1, p. 05-18, 2017.

FERNANDES, R. R. et al.. Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. **Rev. Pesq. agropec. bras.**, Set 2012, vol.47, no.9, p.1251-1260.

FIGUEIREDO, G.C. & VIEIRA, C.A.O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, 2007, p. 5755-5762.

FLORENZANO, T.G. (2002) **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto** /Tereza Gallotti Florenzano.3 ed.ampl. e atual.São Paulo: Oficina de Textos, p. 71-79, 2011.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, p. 185– 201, 2002.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos-SP, INPE, 2000, 111p.

GARCIA-PEDRERO, A., GONZALO-MARTIN, C., FONSECA-LUENGO, D., & LILLO-SAAVEDRA, M. A GEOBIA methodology for fragmented agricultural landscapes. **Remote Sensing**, 7(1), 767–787, 2015.

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

GUERRA, A. T. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações**. 1ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HAY, G.J.; CASTILLA, G. **Geographic Object-based Image Analysis (GEOBIA):**a new name for a new discipline. In: BLASCHKE, T.; LANG, S.; HAY, G.J. (Eds) Object-based image analysis- spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

HAY, G. J.; CASTILLA, G. Object-based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT). **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, vol. XXXVI-4/C42, 2006. CD-ROM.

IDATERRA – Instituto de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul – **Plano de Desenvolvimento Sustentável Projeto de Assentamento Santa Lúcia, Bonito/MS**, 2001.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 31 mai. 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, 672 p. 2009.

JUNK, W. J. et al. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, n. 1, p. 5-22, 2014.

KAUFMAN, Y.; TANRÉ, D.; REMER, L.A.; VERMOTE, E.; CHU, A.; HOLBEN, B. Operational remote sensing of tropospheric aerosol over land from EOS moderate resolution imaging spectroradiometer. **Journal of Geophysical Research, [Atmospheres]**, 102, 17051–17067, 1997.

KENNEDY, R. E., et al. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring

projects. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 1382-1396, [S.I] ELSEVIER, Jul. 2009. [Editorial]

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Texas, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LAZZAROTTO, D. R. O que são geotecnologias. 2002. Disponível em: . Acesso em: <<http://www.fatorgis.com.br/>>16 out. 2017.

LUZ, N.B. da; ANTUNES, A.F.B.; TAVARES JÚNIOR, J.B. Segmentação multirresolução e classificação orientada a objetos aplicados a imagens Spot-5 para o mapeamento do uso da terra. **Floresta**, v.40, p.429-446, 2010.

MOREIRA, M, A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos - SP. INPE, 2001.p 249.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2005.

MS. MATO GROSSO DO SUL (estado). Decreto Estadual/MS, nº 12.897, de 23 de dezembro de 2009. Diário Oficial [do estado de Mato Grosso do Sul], Campo Grande, n. 7.610. 23 dez., 2009.

MS. MATO GROSSO DO SUL (estado). Atlas Multirreferencial. Campo Grande: Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN), 1990. Escala 1:1.500.000.

NOVACK, T. **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quickbird**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 214 p., 2009.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. 387 p.

PCBAP. **Plano de Conservação da Bacia Alto Paraguai: Análise Integrada e Prognóstico da Bacia do Alto Paraguai**. Brasília: PNMA, 1997.

PINHO, C. M., FEITOSA, F. and H. J. KUX (2005): **Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS: Comparação entre a abordagem pixel-a-pixel e orientada a objetos**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Goiânia, Brasil.

RICOBOM, A. E; CANEPARO, S. C. **A Cartografia Prospectiva e a Geração de Mapas Preditivos do Uso e Cobertura da Terra, estudo de caso: Perímetro Urbano de Paranaguá-Paraná-Brasil**. Curitiba - Agosto de 2014.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**. Tecnologia Transdisciplinar. 2ed. Juiz de Fora: UFJF, 2002. 219 p.

RÖHM, S.A. **O que é Sistemas de informações geográficas**. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil, 2003 (Apostila).

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C.; PETRI, S.; CRISTALLI, P. S.; UTIDA, G. A Deposição de Tufas Quaternárias no Estado de Mato Grosso do Sul: Proposta de Definição da Formação Serra da Bodoquena. **Geologia USP. Série Científica**, v. 9, p. 47-60, 2009.

SCHULTZ, B., FORMAGGIO, A. R.; EBERHARDT, I. D. R, SANCHES, I. D.; OLIVEIRA, J.C.; LUIZ, A.J.B. Classificação orientada a objetos em imagens multitemporais Landsat aplicada na identificação de cana-de-açúcar e soja. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n.68, p. 131-143, 2016.

SILVA, A. B. **Sistema de Informação Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. – Campinas, SP: Editora da *Unicamp*, 2003.

SILVA, J. dos S. V. POTT, A. ABDON, M. de M. POTT, V. J. SANTOS, K. R. **Projeto GeoMS: Cobertura vegetal e uso da terra do estado do Mato Grosso do Sul**. Embrapa Informática Agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Campinas, 64 p. 2011.

SOUSA, G. M.; SANTOS, F. V.; FERNANDES, M. C. Mapeamento da cobertura da terra da APA Petrópolis/RJ utilizando análise baseada em objeto no sistema InterIMAGE. In.: **Revista Brasileira de Cartografia – RBC**, nº 64/4, p. 517-530, 2012

TRIMBLE GEOSPATIAL. *Software eCognition Developer 8.0*. Disponível em: <<http://www.ecognition.com/suite/ecognition-developer>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp, 1993. cap. 4.

TUCCI, C. **Hidrologia : Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, Ed. da UFRGS: ABRH, 1997. 943 p.

VILAÇA, M. F. et al. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do ribeirão Conquista no município de Itaguara – MG. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Anais..., Viçosa, MG, 2009. Disponível em: < http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/070.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2016.