



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

**ANÁLISE BITEMPORAL DO ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - MT,
COM SUPORTE DE GEOTECNOLOGIAS**

IARA SILVEIRA DO NASCIMENTO

Orientação:

Profª Drª Carla Bernadete Madureira Cruz - UFRJ (Orientadora)

Profª Drª Sandra Mara Alves da Silva Neves - UNEMAT (Co-orientadora)

Rio de Janeiro

2017

**ANÁLISE BITEMPORAL DO ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - MT,
COM SUPORTE DE GEOTECNOLOGIAS**

IARA SILVEIRA DO NASCIMENTO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (Geografia – Área de Concentração: Planejamento e Gestão Ambiental).

Orientação:

Prof.^a Dr.^a. Carla Bernadete Madureira Cruz
Departamento de Geografia/UFRJ – Orientadora

Prof.^a Dr.^a. Sandra Mara Alves da Silva Neves
Departamento de Geografia/UNEMAT – Co-orientadora

Rio de Janeiro

2017

**ANÁLISE BITEMPORAL DO ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CABAÇAL - MT,
COM SUPORTE DE GEOTECNOLOGIAS**

IARA SILVEIRA DO NASCIMENTO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (Geografia – Área de Concentração: Planejamento e Gestão Ambiental).

Aprovada por:

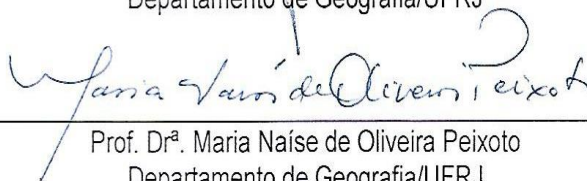


Prof.^a. Dr.^a. Carla Bernadete Madureira Cruz
Departamento de Geografia/UFRJ – Orientadora

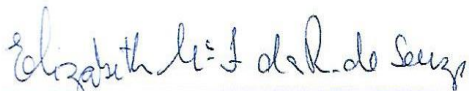


Prof.^a. Dr.^a. Sandra Mara Alves da Silva Neves
Departamento de Geografia/UNEMAT – Co-orientadora

Prof. Dr. Manoel do Couto Fernandes
Departamento de Geografia/UFRJ



Prof. Dr.^a. Maria Naíse de Oliveira Peixoto
Departamento de Geografia/UFRJ



Prof. Dr.^a Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza
Departamento de Geografia/UFRJ



Prof. Dr. Vinicius da Silva Seabra
Departamento de Geografia / UERJ

CIP - Catalogação na Publicação

N244a Nascimento, Iara Silveira do
Análise Bitemporal do Enquadramento dos Cursos
d'Água na Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal - MT,
com Suporte de Geotecnologias / Iara Silveira do
Nascimento. -- Rio de Janeiro, 2017.
137 f.

Orientadora: Carla Bernadete Madureira Cruz.
Coorientadora: Sandra Mara Alves da Silva Neves.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento
de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia,
2017.

1. Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal. 2.
Enquadramento dos Cursos d'Água. 3. Demanda
Bioquímica de Oxigênio. 4. Geotecnologias. 5.
Legislação Ambiental. I. Cruz, Carla Bernadete
Madureira, orient. II. Neves, Sandra Mara Alves da
Silva, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Aos meus pais Alzira e Cosme Robson,
Minha irmã Isabel,
minha sobrinha e afilhada Carolina
dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado saúde, persistência e sabedoria para superar as muitas dificuldades que surgiram durante este trabalho, e por conseguir concluir mais esta etapa.

Aos meus pais Alzira e Cosme Robson pelo exemplo, apoio, incentivo nos momentos de dúvida e contribuições nas longas conversas sobre este trabalho.

À UFRJ pela oportunidade de realizar este trabalho, mesmo sem bolsa.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Carla Madureira pela parceria, amizade, apoio, confiança e orientação na execução deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Sandra Neves pela curta hospedagem em Cáceres - MT em 2014 e contribuições no ensinamento da escrita de artigos.

A todos os integrantes do Espaço - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais, pelas trocas de experiências sinceras, as quais contribuíram para o meu conhecimento.

Ao amigo Dr. Antônio José Rocha Luzardo (aluno da UFF) pelas trocas de conhecimentos cartográficos, pelo apoio nos momentos de dificuldade e amizade.

Aos amigos Mestre Igor Brum Rubim (aluno da UFRJ) e Dr^a Fernanda Silva Soares (aluna da UFF) pela amizade e pelos ensinamentos sobre a correção atmosférica.

Às amigas Joliane Silva Pereira e a Kelly Sinara Alves de Carvalho que conheci na temporada em Cáceres - MT, ambas pela amizade e à Kelly também pela parceria nos artigos.

Aos Professores Doutores Manoel do Couto Fernandes e Vinícius da Silva Seabra pelas valiosas contribuições no exame de qualificação oral.

Aos colaboradores da pós-graduação e biblioteca pelo pronto atendimento nos momentos de dúvidas relacionadas às questões burocráticas.

À Academia GIS Imagem pelo apoio na realização deste trabalho através de uma agenda flexível de trabalho. E aos parceiros de trabalho pelas valiosas trocas de experiências na Plataforma ArcGIS.

Enfim... Agradeço a todos que ajudaram direta ou indiretamente para a realização deste árduo trabalho.

Muito Obrigada!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem
foram conquistadas do que parecia impossível.”
Charles Chaplin

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivos.....	3
1.1.1 - Objetivo Geral	3
1.1.2 - Objetivos Específicos	3
1.2 - Questões da Pesquisa e Hipótese.....	3
2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.1 - Meio Físico	12
2.1.1 - Compartimentação do Relevo	12
2.1.1.1 - Chapada dos Parecis	12
2.1.1.2 - Planalto dos Parecis.....	14
2.1.1.3 - Depressão do Alto Paraguai.....	14
2.1.1.4 - Pantanal Mato-grossense.....	15
2.1.2 - Declividade.....	15
2.2 - Meio Socioeconômico.....	17
2.2.1 - População	17
2.2.2 - Agricultura e Pecuária	18
2.3 - Meio Jurídico Institucional.....	24
2.3.1 - Assentamentos Rurais	24
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
3.1 - Política Pública Ambiental.....	27
3.2 - Política de Recursos Hídricos	30
3.3 - Enquadramento dos Cursos d'Água	32
3.4 - Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	33
3.5 - Geotecnologias.....	35
3.5.1 - Sistemas de Informações Geográficas	35
3.5.2 - Banco de Dados Geográficos.....	37
3.5.2.1 - Geodatabase.....	37
3.5.3 – Sensoriamento Remoto	40
3.5.3.1 - Processamento Digital de Imagens	42

3.5.3.2 - Série Landsat	51
3.6 – Planejamento e Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas.....	54
4 - METODOLOGIA.....	57
4.1 - Procedimentos Metodológicos	57
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
5.1 - Análise da Mudança Bitemporal do Uso e Cobertura da Terra na BHRC.....	78
5.2 - Estimativa da Disponibilidade Hídrica dos anos de 1984 e 2013	84
5.3 - Estimativa da Demanda Hídrica.....	84
5.3.1 - População	87
5.3.2 - Dessedentação animal.....	87
5.3.3 - Irrigação	88
5.4 - Avaliação da Qualidade Hídrica nas Regiões Hidrográficas.....	95
5.4.1 - Efluente sem tratamento - DBO _{5o} em 1984	95
5.4.2 - Efluente sem tratamento - DBO _{5o} em 2013	96
5.4.3 - Efluente com tratamento DBO _{5ot} em 1984.....	101
5.4.4 - Efluente com tratamento DBO _{5ot} em 2013.....	101
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	107
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO	120
ANEXO A - ARTIGOS PRODUZIDOS	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo no ano de 2013, nos contextos estadual e municipal.	6
Figura 2: Distribuição dos municípios do estado de Mato Grosso em 1984 na área de estudo.....	7
Figura 3: Sub-bacias da unidade hidrográfica do rio Cabaçal - MT.	10
Figura 4: Compartimentos do Relevo da área de estudo.....	13
Figura 5: Classes de Declividade em percentual da bacia de pesquisa.	16
Figura 6: Distribuição da população da bacia do rio Cabaçal nos anos de 1984.	19
Figura 7: Distribuição da população da bacia do rio Cabaçal nos anos de 2010.	20
Figura 8: Assentamentos Rurais na bacia de pesquisa.	26
Figura 9: Arquitetura de sistemas de informação geográfica.....	36
Figura 10: Etapas Gerais do Processo de Pesquisa.	57
Figura 11: Fluxo metodológico de trabalho da etapa 4.....	59
Figura 12: Carta-Imagem da BHRC dos anos de 1984 e 2013.....	61
Figura 13: Carta-Imagem da BHRC do ano de 2013.....	62
Figura 14: Pontos Aleatórios para o ano de 1984.....	66
Figura 15: Pontos Aleatórios para o ano de 2013.....	67
Figura 16: Ilustração do Cálculo da DBO.	77
Figura 17: Uso e Cobertura da Terra de 1984.....	79
Figura 18: Uso e Cobertura da Terra de 2013.....	80
Figura 19: Disponibilidade Hídrica Residual de 1984	85
Figura 20: Disponibilidade Hídrica Residual de 2013.	86
Figura 21: Distribuição da População por sub-bacia em 1984.....	89
Figura 22: Distribuição da População por sub-bacia em 2013.....	90
Figura 23: Distribuição de bovinos por sub-bacia em 1984.	91
Figura 24: Distribuição de bovinos por sub-bacia em 2013.	92
Figura 25: Distribuição das áreas irrigadas de cana-de-açúcar por sub-bacia em 1984.	93
Figura 26: Distribuição das áreas irrigadas de cana-de-açúcar por sub-bacia em 2013.	94
Figura 27: Enquadramento das sub-bacias sem tratamento por ano.....	96
Figura 28: Efluente sem tratamento de 1984.....	97
Figura 29: Efluente sem tratamento segundo Enquadramento de 1984.	98
Figura 30: Efluente sem tratamento em 2013.....	99
Figura 31: Efluente sem tratamento segundo Enquadramento em 2013.	100
Figura 32: Enquadramento das sub-bacias com tratamento por ano.....	101
Figura 33: Efluente com tratamento em 1984.....	103
Figura 34: Efluente com tratamento segundo Enquadramento em 1984.	104

Figura 35: Efluente com tratamento em 2013.....	105
Figura 36: Efluente com tratamento segundo Enquadramento em 2013.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Bacia do rio Cabaçal segundo área dos Municípios do estado de Mato Grosso, no ano de 2013.....	5
Tabela 2: Bacia do rio Cabaçal segundo área dos Municípios do estado de Mato Grosso, no ano de 1984.....	8
Tabela 3: Área em hectares das sub-bacias do rio Cabaçal.....	9
Tabela 4: Área dos Municípios em hectares, no ano de 2013, do Estado de Mato Grosso contidos na BHRC segundo suas Sub-bacias.....	11
Tabela 5: Área dos Municípios em hectares, no ano de 1984, do Estado de Mato Grosso contidos na BHRC segundo suas Sub-bacias.....	11
Tabela 6: Compartimentos do relevo segundo área e percentual total da bacia.....	12
Tabela 7: Classes de declividade da bacia do rio Cabaçal - MT.....	15
Tabela 8: Bacia do rio Cabaçal segundo Setor Censitário e População.....	17
Tabela 9: População da bacia em 1984, segundo municípios.....	18
Tabela 10: População da Bacia em 2010, segundo municípios.....	18
Tabela 11: Índice Kappa segundo concordância.....	50
Tabela 12: Disponibilidade hídrica (Q_{95}).....	68
Tabela 13: Consumo per capita (m^3 /dia) nos anos de 1984 e 2013.....	71
Tabela 14: Carga de DBO da População (mg/dia) nos anos de 1984 e 2013.....	74
Tabela 15: Carga de DBO da População (mg/dia) tratado nos anos de 1984 e 2013.....	75
Tabela 16: Uso e Cobertura da Terra segundo Classes Temáticas de 1984 e 2013.....	81
Tabela 17: Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais segundo usos no ano de 1984.....	84
Tabela 18: Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais segundo usos no ano de 2013.....	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Criação dos municípios que cobre a bacia do rio Cabaçal.....	9
Quadro 2: Produtos cultivados segundo municípios em 1984.	21
Quadro 3: Produtos cultivados segundo municípios em 2013.	22
Quadro 4: Criação animal segundo municípios em 1984.	23
Quadro 5: Criação animal segundo municípios em 2013.	23
Quadro 6: Assentamentos rurais segundo municípios da bacia.	25
Quadro 7: Instrumentos de Política Pública Ambiental - Classificação e Exemplos.....	29
Quadro 8: Classificação das águas doces segundo os usos preponderantes.	32
Quadro 9: Padrão de DBO para águas doces, segundo Portaria Minter nº 13/1976 e Resolução CONAMA nº 357/2005.	34
Quadro 10: Extensões do formato Shapefile.	38
Quadro 11: Nove razões para usar o Arquivo de Geodatabase.	40
Quadro 12: Exemplo de matriz de confusão.....	48
Quadro 13: Exemplo de Erros de Comissão e Omissão.....	49
Quadro 14: Estrutura Literal da Matriz de Confusão.....	50
Quadro 15: Características do Satélite Landsat 5.	51
Quadro 16: Características do Satélite Landsat 8.	52
Quadro 17: Características e aplicações das bandas TM do satélite Landsat 5.	52
Quadro 18: Landsat 8 - <i>Operational Land Imager (OLI)</i> e <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i> . 53	
Quadro 19: Combinações das bandas TM do satélite Landsat 5.....	53
Quadro 20: Combinações das bandas do satélite Landsat 8.....	54
Quadro 21: Imagens brutas e de reflectância da superfície usadas para a classificação do uso e cobertura da terra.....	60
Quadro 22: Classes Temáticas por data.	60
Quadro 23: Chave de Interpretação por data.	63
Quadro 24: Percentual das vazões de retirada, retorno e consumo segundo uso da água. 70	
Quadro 25: Matriz de Confusão de 1984.....	82
Quadro 26: Matriz de Confusão de 2013.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

μm - Micrômetro é definido como a milésima unidade do metro (1×10^{-6}), ou seja, 0,000001m.

ANA - Agência Nacional de Águas

APPs - Áreas de Preservação Permanentes

BEDA - Bovinos Equivalentes para Demanda de Água

BHRC - Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro

ESRI - *Environmental System Research Institute*

GNSS - *Global Navigation Satellite System*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto de Colonização e Reforma Agrária

INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais

IPTSP - Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública

LABGEO - Laboratório de Geotecnologias aplicadas aos estudos socioambientais e interdisciplinar.

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

OLI - *Operational Land Imager*

PDI - Processamento Digital de Imagem

SEMA - MT - Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso

SEPLAN - MT - Secretaria de Estado de Planejamento do Estado de Mato Grosso

SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SR - Sensoriamento Remoto

TM - *Thematic Mapper*

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso

USGS - *United States Geological Survey*

UTM - Universal Transversa de Mercator

RESUMO

O instrumento que norteará o presente trabalho é o enquadramento dos corpos d'água em classes, cujos parâmetros são utilizados como indicadores para gestão dos recursos hídricos. O objetivo geral é avaliar o enquadramento dos corpos d'água em função da questão legal: Portaria Minter nº 13/1976 e Resolução CONAMA nº 357/2005, dos anos de 1984 e 2013, respectivamente, e do uso das águas e do solo da bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT. O trabalho foi dividido em sete etapas de desenvolvimento, em destaque as quatro últimas etapas: a mudança de uso e cobertura da terra, estimativa de disponibilidade hídrica, de demanda hídrica e a carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Foram delimitadas 384 sub-bacias utilizando o critério de delimitar bacias de segunda ordem segundo Strahler. A justificativa para fazermos esta avaliação está relacionada com a importância do enquadramento dos cursos d'água, considerando as classes e os usos da água permitidos. Os usos da água que mais se destacam pelo volume de água captada são: o Abastecimento Humano (97,74%) e a Irrigação do cultivo de cana-de-açúcar (1,89%), no ano de 1984 e em 2013 são: Irrigação (59,91%) e Dessedentação Animal (28,24%), Considerando o lançamento do efluente sem tratamento, no ano de 1984 das 384 sub-bacias, 190 não foram enquadradas, segundo parâmetro da Classe 1 e 194 sub-bacias estão enquadradas na Classe 2, de acordo com Portaria Minter nº 13/1976 e em 2013, das 384 sub-bacias, 229 sub-bacias estão enquadradas e 155 não enquadradas, sendo 190 classificadas como Classe Especial tendo 35 enquadradas e 155 não enquadradas, e na Classe 1 tem-se 194 bacias enquadradas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Após a aplicação dos cálculos considerando a proposta de tratamento do efluente da população com a remoção de 65% da carga de DBO, em 1984, todas as 190 sub-bacias classificadas como Classe 1 e as 194 sub-bacias como Classe 2 foram enquadradas conforme a Portaria Minter nº 13/1976. Em 2013, manteve-se a proporção de sub-bacias enquadradas e não enquadradas na Classe Especial, mesmo aplicando um tratamento mínimo de esgoto, sendo 35 e 155, respectivamente, do total de 384 sub-bacias. Na Classe 1 todas as 194 sub-bacias permanecem enquadradas, segundo os parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Palavras-Chave: Enquadramento dos cursos d'água, DBO, rio Cabaçal.

ABSTRACT

The instrument that will guide the present work is the classification of water bodies into classes, whose parameters are used as indicators for the management of water resources. The general objective is to evaluate the framework of water bodies according to the legal issue: Minter's Decree N^o. 13/1976 and CONAMA Resolution N^o. 357/2005, of the years 1984 and 2013, respectively, and the use of the water and soil of the Of the Cabaçal river basin/MT. The work was divided into seven stages of development, highlighting the last four steps: land use change and land cover, water availability estimation, water demand and the BOD (Biochemical Oxygen Demand) load. 384 sub-basins were delimited using the criterion of delimiting second-order basins according to Strahler. The rationale for doing this assessment is related to the importance of framing water courses, considering the classes and water uses allowed. The uses of water that stand out most by the volume of water abstracted are: Human Supply (97.74%) and Irrigation of sugarcane (1.89%) in 1984 and 2013: Irrigation (59.91%) and Animal Presence (28.24%), Considering the release of the untreated effluent, in 1984, of the 384 sub-basins, 190 were not classified according to Class 1 and 194 sub- Basins are classified in Class 2, according to Minter's Ordinance N^o. 13/1976 and in 2013, of the 384 sub-basins, 229 sub-basins are framed and 155 are not framed, 190 being classified as Special Class having 35 framed and 155 framed, and in Class 1 there are 194 basins framed according to CONAMA Resolution n^o 357/2005. After applying the calculations considering the proposal of treatment of the effluent of the population with the removal of 65% of the BOD load, in 1984, all 190 sub-basins classified as Class 1 and the 194 sub-basins as Class 2 were framed as The Ministerial Order n^o. 13/1976. In 2013, the proportion of sub-basins framed and not framed in the Special Class was maintained, even with a minimum treatment of sewage being 35 and 155, respectively, of the total of 384 sub-basins. In Class 1 all 194 sub-basins remain framed, according to the parameters of CONAMA Resolution n^o 357/2005

Key-Words: Framing of the water courses, DBO, Cabaçal river

1 - INTRODUÇÃO

Os recursos naturais sofrem muitos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas, que modificam a paisagem natural através dos desmatamentos e das queimadas, que fragmentam a cobertura vegetal natural e os ecossistemas.

Segundo Campos e Neves (2009) e Neves et al. (2014), a cobertura vegetal natural é um importante indicador das condições ambientais de uma região, pois propicia proteção ao solo, reduzindo o transporte de sedimentos e o assoreamento dos corpos d'água, além de servir de habitat para animais silvestres, contribuindo, desta forma, para manutenção da biodiversidade.

Na região sudoeste do estado de Mato Grosso o uso da terra e a ocupação do solo sem a observação das reais potencialidades e fragilidades dos ecossistemas, das alterações climáticas, das condicionantes físicas do relevo e das interações da vegetação nativa com as características ambientais e sociais, resultaram num significativo e extenso quadro de degradação ambiental, que podem afetar diretamente os recursos hídricos (DELMON et al., 2008).

Diante desta situação, no Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2008) foi previsto que na Zona 2.1.1, que versa sobre a readequação dos sistemas de manejo para recuperação ambiental, em ambiente do contato entre savana e floresta, na área de influência do polo regional de Cáceres - MT há indicação de recuperação ambiental no que concerne aos recursos hídricos e às áreas degradadas por uso agropecuário intenso sem técnicas adequadas de manejo de solos e de águas.

Na perspectiva de colaborar com a demanda apresentada no zoneamento propõe-se este estudo de análise das inter-relações entre o uso e cobertura da terra e os usos preponderantes da bacia hidrográfica do rio Cabaçal.

O presente estudo contribui para a elaboração de estratégias de conservação e recuperação das áreas dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, compreendendo as diferentes transformações causadas pela intervenção humana nas áreas da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, no estado de Mato Grosso. Segundo MMA (2016), o estado de Mato Grosso assim como a bacia do rio Cabaçal estão inseridos na área de transição entre os três biomas, tendo mais de 80%, inserido no bioma da Amazônia, o que torna complexa a gestão ambiental.

Neste sentido, o estudo torna-se relevante para tomada de decisão sobre a melhor gestão e planejamento dos recursos naturais, principalmente o recurso hídrico, assim como serve de apoio à gestão territorial, sendo ambos os assuntos de grande interesse geográfico.

A conservação e a restauração da paisagem da porção sudoeste mato-grossense, na bacia do rio Cabaçal, cujo rio é importante afluente da bacia hidrográfica do rio Paraguai, são de significativa importância econômica para a região, visto que abrange 10 (dez) municípios, cuja agropecuária constitui a principal atividade econômica, exigindo para sua atividade a supressão da vegetação nativa, o que contribui para que haja escassez dos recursos hídricos.

A análise da dinâmica de uso e cobertura na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, auxiliará, sendo apenas uma variável, no processo de avaliação do enquadramento dos cursos d'água, no que tange extrair informações quanto à ação antrópica que afetará a qualidade e a quantidade da água na bacia.

A ANA (2017) explica o enquadramento dos cursos d'água, baseado na Política Nacional de Recursos Hídricos, definido no Artigo 9º, Incisos I e II, da Lei 9.433/1997:

“estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo. Mais do que uma simples classificação, o enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve tomar como base os níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d'água em questão”. O enquadramento busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes”.

Ainda segundo a ANA (2017), o enquadramento é referência para os outros instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga e cobrança) e instrumentos de gestão ambiental (licenciamento e monitoramento), sendo, portanto, um importante elo entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

O problema investigado na área de estudo parte da seguinte pergunta norteadora: As transformações na cobertura vegetal e no uso da terra que ocorreram na bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT deveriam interferir na qualidade da água, considerando que para o desenvolvimento das atividades agrícola e de pecuária foi efetuada a supressão vegetal?

A metodologia utilizada neste trabalho foi, inicialmente, aplicada na Dissertação de Mestrado da autora, na bacia hidrográfica do rio Macacu, no estado do Rio de Janeiro. Optou-se por reproduzir a metodologia na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, no estado de Mato Grosso, região com menos dados oficiais disponíveis, para verificar a possibilidade de aplicação do método em outras bacias.

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar o enquadramento dos cursos d'água, nos anos de 1984 e 2013, em função da questão legal, do uso das águas e do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - MT, na escala 1:100.000.

1.1.2 - Objetivos Específicos

- Analisar a mudança bitemporal da cobertura vegetal e do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal
- Estimar a disponibilidade hídrica da bacia do rio Cabaçal;
- Estimar a demanda hídrica da bacia do rio Cabaçal;
- Averiguar os aspectos legais do enquadramento dos cursos d'água, referente à demanda bioquímica de oxigênio e aos usos da água.

1.2 - Questões da Pesquisa e Hipótese

- Quais foram as mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal nos anos de 1984 e 2013?
- A disponibilidade hídrica e demanda hídrica diminuíram conforme as mudanças identificadas na cobertura vegetal e no uso da terra na bacia de estudo?
- De que maneira o enquadramento físico e legal dos rios foi afetado pela dinâmica da atuação da ação antrópica na cobertura vegetal e no uso da terra da área de estudo?

A hipótese da tese é a seguinte: As transformações na cobertura vegetal e no uso da terra que ocorreram na bacia hidrográfica do rio Cabaçal/MT interferiram na sua quantidade e na qualidade de sua água superficial, considerando que para o desenvolvimento das atividades agrícola e de pecuária foi efetuada a supressão da vegetação nativa.

A justificativa para realização desta avaliação está relacionada com a importância do enquadramento dos cursos d'água, considerando suas classes e os usos preponderantes da água permitidos. Além disso, o rio Cabaçal tem como uso principal o abastecimento humano e outros usos voltados ao desenvolvimento de atividades econômicas, como agricultura e pecuária, por exemplo.

O recorte temporal de 29 anos dá-se pela falta de mapeamento anterior, em relação aos recursos hídricos, pois se considerará a legislação ambiental relacionada a cada data para enquadrar os rios: a Portaria Minter nº 13/1976 e Resolução CONAMA nº 357/2005 e atualizações, nos anos de 1984 e 2013, respectivamente.

Para isso, neste trabalho serão empregadas técnicas e metodologias para aquisição e análise de dados disponibilizados pelo geoprocessamento, sobretudo, àquelas envolvidas com o Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto orbital (PDI-SR) e pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com uso do Sistema Geodésico de referência SIRGAS 2000¹, com a projeção Universal Transversa de Mercator - UTM, Fuso 21 Sul.

A presente tese está estruturada da seguinte maneira: 1 - Introdução que apresenta o tema, a justificativa, o problema a ser investigado, os objetivos geral e específicos, as questões da pesquisa e a hipótese; 2 - Área de Estudo, sua caracterização, quanto aos elementos bióticos, abióticos e antrópicos constituintes da paisagem da área de estudo; 3 - Fundamentação Teórica, que consiste em apresentar os conceitos que servirão de base para interpretar e analisar os resultados da pesquisa; 4 - Metodologia, aborda os procedimentos metodológicos que foram utilizados em cada etapa da pesquisa; 5 - Resultados e Discussões, dos resultados e as discussões por etapa de desenvolvimento; 6 - Conclusões, refere-se às conclusões obtidas a partir da execução da pesquisa e as recomendações; 7 - Referências Bibliográficas, neste há a lista de referências bibliográficas que foram citadas no trabalho.

E por fim, Anexo com os dois artigos científicos publicados, que foram gerados durante a execução da tese.

¹ O Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000 entrou em vigor em 25 de fevereiro de 2005, tendo um prazo de não superior a 10 anos para sua total adesão. O sistema geodésico SIRGAS 2000 tornou-se obrigatório a partir de 25 de fevereiro de 2015 (IBGE, 2005).

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo apresentar-se os meios físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional, visando conhecer o contexto da área de estudo.

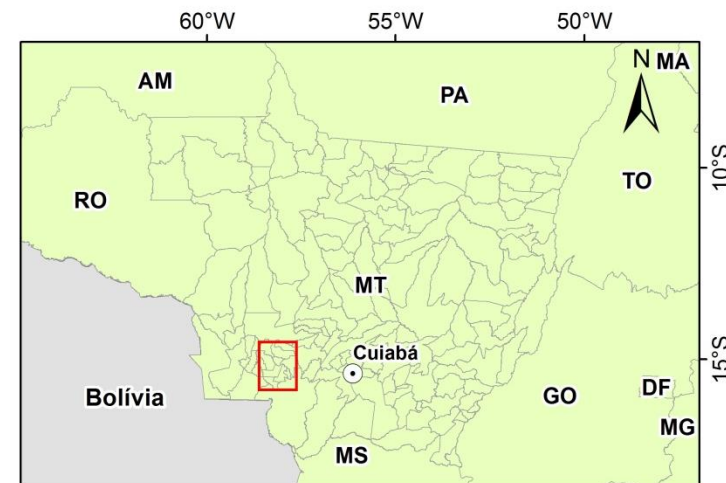
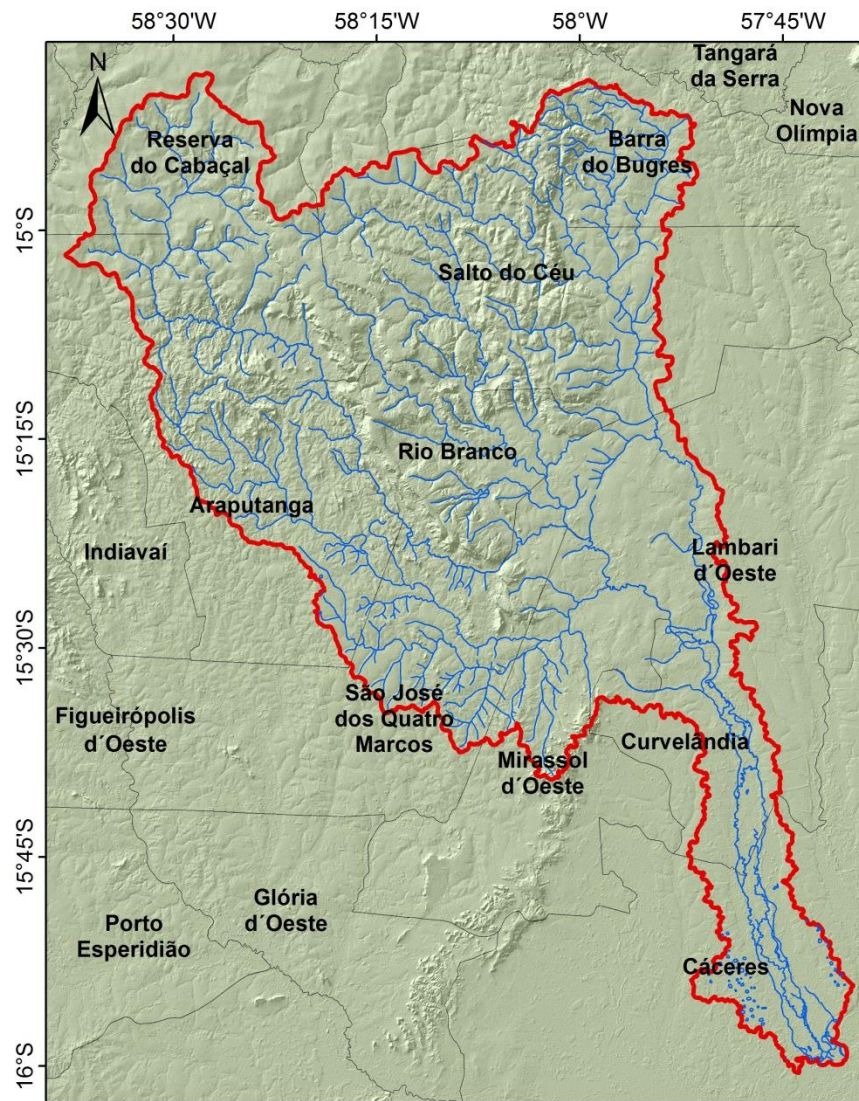
A área de estudo desta tese é a bacia hidrográfica do rio Cabaçal, localizada na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso. Seu território abrange 10 (dez) municípios em sua totalidade ou em parte, considerando os municípios do ano de 2013 (**Figura 1**), que apresentam algumas características em comum como baixo nível de desenvolvimento social e econômico, prevalência da agropecuária tradicionalista, assentamentos rurais e pequenos produtores (MENDES et al., 2014).




Na referência espacial utilizada na Tese a área da BHRC é de 570.609,10 ha. A área da bacia corresponde a 14,14% do somatório da área total dos municípios (4.035.605,84 ha) que possuem território contido na bacia. Os percentuais de área dos municípios que estão inseridos na bacia do rio Cabaçal, podem ser observados na **Tabela 1**, no ano de 2013. O município de Rio Branco é o único que está totalmente inserido na bacia, seguido por municípios com área maior do que 50% dos seus territórios: Salto do Céu, Curvelândia, Reserva do Cabaçal e Araputanga.

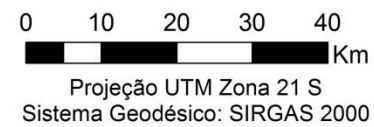
Tabela 1: Bacia do rio Cabaçal segundo área dos Municípios do estado de Mato Grosso, no ano de 2013.

Município	Área Total do Município (ha)	Área do Município na Bacia (ha)	% Total da Bacia no Município	%Município Dentro da Bacia
Araputanga	159.993,05	86.100,81	53,82	15,09
Barra do Bugres	605.633,88	34.246,25	5,65	6,00
Cáceres	2.456.325,05	37.510,51	1,53	6,57
Curvelândia	35.955,32	22.635,60	62,95	3,97
Lambari d'Oeste	176.279,87	59.932,91	34,00	10,50
Mirassol d'Oeste	107.584,01	37.829,73	35,16	6,63
Reserva do Cabaçal	133.679,85	73.441,84	54,94	12,87
Rio Branco	56.260,05	56.260,05	100,00	9,86
Salto do Céu	175.147,49	115.907,34	66,18	20,31
São José dos Quatro Marcos	128.747,27	46.744,06	36,31	8,19
Total	4.035.605,84	570.609,10	14,14	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2016a).



-  Hidrografia
-  Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal
-  Municípios do Estado de Mato Grosso em 2013



Elaborado por: autora, 2016.
Fonte: ANA (2015); IBGE (2014)

Figura 1: Área de estudo no ano de 2013, nos contextos estadual e municipal.

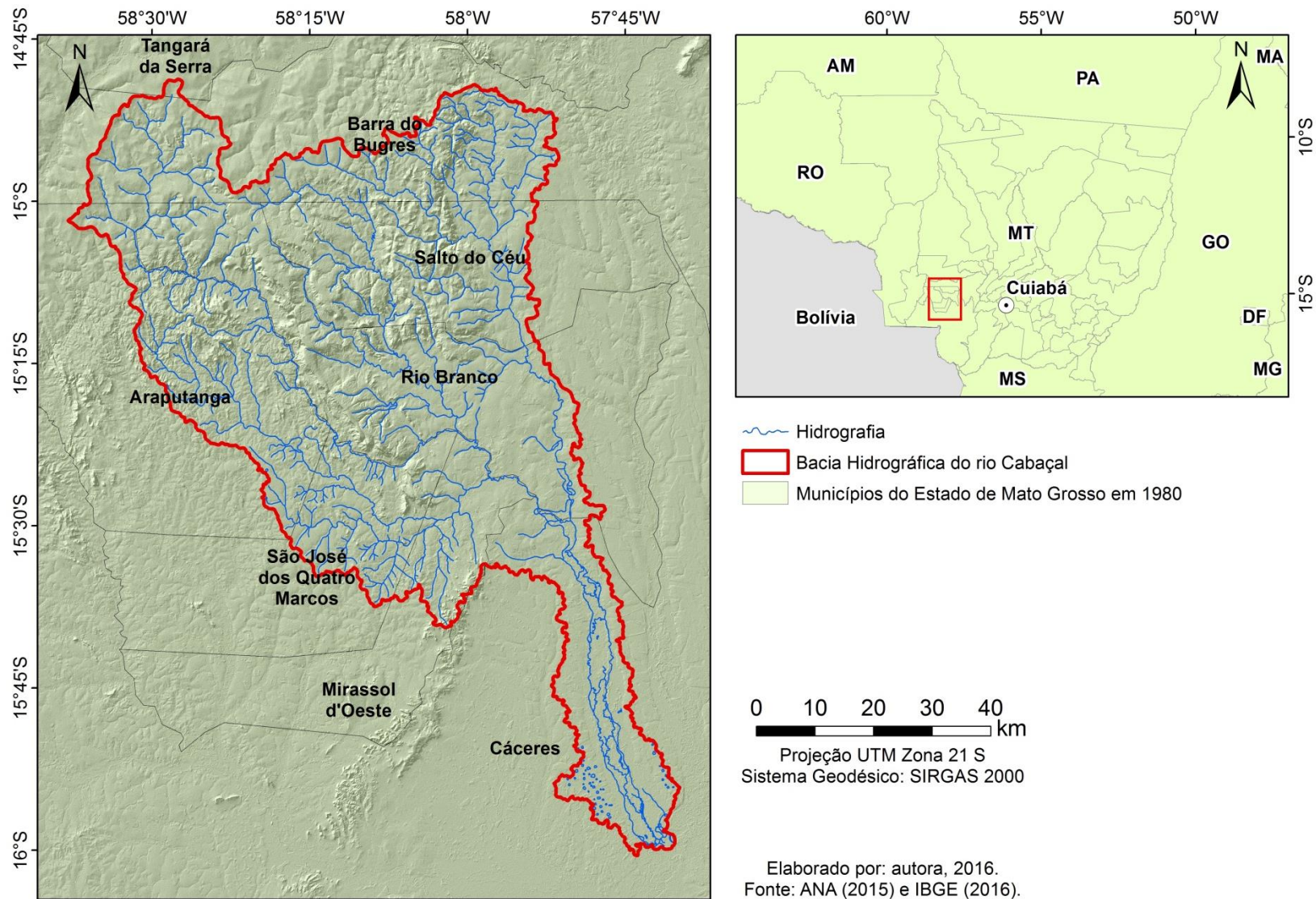


Figura 2: Distribuição dos municípios do estado de Mato Grosso em 1984 na área de estudo.

A bacia do rio Cabaçal foi escolhida como área de estudo, pois o rio Cabaçal é um dos afluentes do rio Paraguai, importante manancial da bacia hidrográfica do rio Paraguai que atravessa o Pantanal Mato-grossense. Os possíveis danos ambientais causados pelo uso antrópico que ocorre na bacia do rio Cabaçal, poderá refletir diretamente no rio Paraguai e por consequência no bioma Pantanal.

A bacia do rio Cabaçal em 1984 tinha uma distribuição municipal diferente de 2013. Na época eram 8 municípios, que possuíam áreas territoriais na bacia, conforme pode observar na **Tabela 2** e **Figura 2**:

Tabela 2: Bacia do rio Cabaçal segundo área dos Municípios do estado de Mato Grosso, no ano de 1984.

Município	Área Total do Município (ha)	Área do Município na Bacia (ha)	% Total da Bacia no Município	%Município Dentro da Bacia
Araputanga	220.395,54	87.266,55	39,60	15,29
Barra do Bugres	1.048.611,32	99.720,30	9,51	17,48
Cáceres	3.387.124,71	74.695,15	2,21	13,09
Mirassol d'Oeste	109.208,59	34.513,73	31,60	6,05
Rio Branco	200.943,21	135.775,51	67,57	23,79
Salto do Céu	131.450,03	91.052,32	69,27	15,96
São José dos Quatro Marcos	127.573,60	46.785,04	36,67	8,20
Tangará da Serra	1.156.585,15	800,50	0,07	0,14
Total	6.381.892,15	570.609,10	8,94	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2016b).

A área da bacia corresponde a 8,94% do somatório da área total dos municípios (6.381.892,15 ha) que possuem território dentro da bacia em 1984. Os percentuais de área dos municípios que estão inseridos na bacia do rio Cabaçal, podem ser observados na **Tabela 2**.

A diferença entre a distribuição espacial dos municípios na área de estudo nos anos de 1984 e 2013 dá-se pelo desmembramento dos municípios a partir do município de Cáceres, que tinha uma área muito maior em 1984 (3.387.124,71 ha²) reduzindo para 2.456.325,05 ha no ano de 2013. A diferença foi distribuída na criação dos municípios que possuem território na bacia, apresentados no **Quadro 1**.

² Todos os cálculos de área em hectares (ha) para esta Tese de Doutorado foram feitos com base no sistema geodésico SIRGAS 2000, Projeção Cartográfica UTM - Universal Transversa de Mercator, Zona 21 Sul.

Quadro 1: Criação dos municípios que cobre a bacia do rio Cabaçal.

Municípios	Data de Criação	Lei de Criação	Coordenadas do Distrito Sede	
			Longitude Oeste	Latitude Sul
Araputanga	14/12/1979	4.153	58° 20' 02"	15° 29' 30"
Barra do Bugres	31/12/1943	545	56° 11' 10"	15° 03' 40"
Cáceres	28/06/1850	8	57° 40' 51"	16° 13' 42"
Curvelândia	28/01/1998	6.981	57° 55' 07"	15° 37' 00"
Lambari d'Oeste	20/12/1991	5.914	58° 00' 30"	15° 19' 08"
Mirassol d'Oeste	14/05/1976	3.698	58° 16' 36"	15° 35' 30"
Reserva do Cabaçal	13/05/1986	5.011	58° 22' 57"	15° 07' 16"
Rio Branco	13/12/1979	4.151	58° 07' 00"	15° 16' 14"
Salto do Céu	13/12/1979	4.152	58° 08' 41"	15° 09' 23"
São José dos Quatro Marcos	14/12/1979	4.154	54° 55' 18"	16° 00' 00"
Tangará da Serra	13/05/1976	3.687	57° 03' 45"	14° 04' 38"

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a e b)

A bacia do rio Cabaçal é formada por 5 (cinco) sub-bacias: nascente do rio Cabaçal, interbacia do rio Cabaçal, rio Branco, rio Vermelho e rio dos Bugres (**Tabela 3 e Figura 3**).

Tabela 3: Área em hectares das sub-bacias do rio Cabaçal.

Sub-bacias	Área (ha)	Total (%)
Interbacia do rio Cabaçal	135.798,06	23,80
Bacia Hidrográfica do rio Vermelho	136.262,20	23,88
Bacia Hidrográfica do rio dos Bugres	113.846,42	19,95
Bacia Hidrográfica do rio Branco	101.781,50	17,84
Bacia Nascente do rio Cabaçal	82.920,92	14,53
Total	570.609,10	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: ANA (2015).

As áreas dos municípios dentro das sub-bacias estão assim distribuídas, no ano de 2013 (**Tabela 4**): bacia do rio Branco os municípios com maior área são Salto do Céu e Rio Branco; bacia do rio dos Bugres são Araputanga, São José dos Quatro Marcos e Mirassol d'Oeste; bacia do rio Vermelho são Salto do Céu, Barra do Bugres e Lambari d'Oeste; Nascente do rio Cabaçal são Reserva do Cabaçal e Araputanga, e; Interbacia do rio Cabaçal são Cáceres, Lambari d'Oeste e Curvelândia.

No ano de 1984 (**Tabela 5**), a distribuição dos municípios por sub-bacias é a seguinte: bacia do rio Branco os municípios com maior área são Rio Branco e Salto do Céu; bacia do rio dos Bugres são Araputanga, São José dos Quatro Marcos e Mirassol d'Oeste; bacia do rio Vermelho são Barra do Bugres, Salto do Céu e Rio Branco; Nascente do rio Cabaçal são Barra do Bugres, Rio Branco e Araputanga, e; Interbacia do rio Cabaçal são Cáceres e Rio Branco.

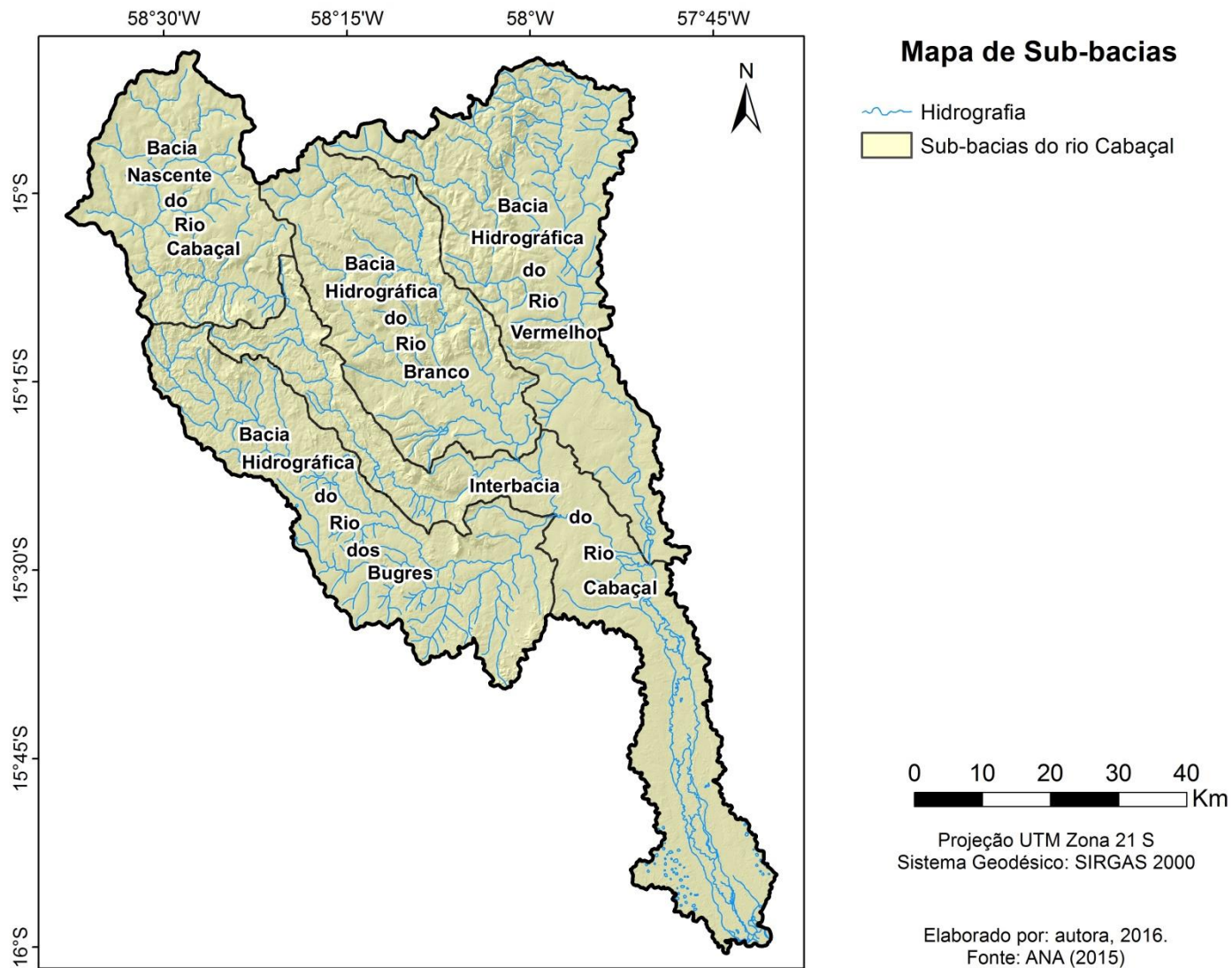


Figura 3: Sub-bacias da unidade hidrográfica do rio Cabaçal - MT.

Tabela 4: Área dos Municípios em hectares, no ano de 2013, do Estado de Mato Grosso contidos na BHRC segundo suas Sub-bacias.

Município	Rio Branco		Rio dos Bugres		Rio Vermelho		Nascente do rio Cabaçal		Interbacia do rio Cabaçal		Área Total (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Araputanga	0,00	0,00	50.402,75	44,27	0,00	0,00	21.312,65	25,70	14.385,41	10,59	86.100,81
Barra do Bugres	0,00	0,00	0,00	0,00	34.246,25	25,13	0,00	0,00	0,00	0,00	34.246,25
Cáceres	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37.510,51	27,62	37.510,51
Curvelândia	0,00	0,00	654,97	0,58	0,30	0,00	0,00	0,00	21.980,33	16,19	22.635,60
Lambari d'Oeste	6.177,97	6,07	0,00	0,00	30.878,40	22,66	0,00	0,00	22.876,54	16,85	59.932,91
Mirassol d'Oeste	0,03	0,00	24.925,73	21,89	0,00	0,00	0,00	0,00	12.903,97	9,50	37.829,73
Reserva do Cabaçal	8.528,68	8,38	0,00	0,00	0,00	0,00	61.608,27	74,30	3.304,89	2,43	73.441,84
Rio Branco	40.322,66	39,62	0,00	0,00	1.981,28	1,45	0,00	0,00	13.956,11	10,28	56.260,05
Salto do Céu	46.751,37	45,93	0,00	0,00	69.155,97	50,75	0,00	0,00	0,00	0,00	115.907,34
São José dos Quatro Marcos	0,79	0,00	37.862,97	33,26	0,00	0,00	0,00	0,00	8.880,30	6,54	46.744,06
Total	101.781,50	100,00	113.846,42	100,00	136.262,20	100,00	82.920,92	100,00	135.798,06	100,00	570.609,10

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2016a) e ANA (2015).

Tabela 5: Área dos Municípios em hectares, no ano de 1984, do Estado de Mato Grosso contidos na BHRC segundo suas Sub-bacias.

Município	Rio Branco		Rio dos Bugres		Rio Vermelho		Nascente do rio Cabaçal		Interbacia do rio Cabaçal		Área Total (ha)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Araputanga	0,00	0,00	50.647,43	44,49	0,00	0,00	21.820,20	26,31	14.798,92	10,90	87.266,55
Barra do Bugres	10.348,49	10,17	0,00	0,00	53.133,12	38,99	36.238,69	43,70	0,00	0,00	99.720,30
Cáceres	0,00	0,00	130,59	0,11	76,58	0,06	0,00	0,00	74.487,98	54,85	74.695,15
Mirassol d'Oeste	0,31	0,00	25.539,50	22,43	0,00	0,00	0,00	0,00	8.973,92	6,61	34.513,73
Rio Branco	50.464,79	49,58	0,00	0,00	32.960,95	24,19	24.061,54	29,02	28.288,23	20,83	135.775,51
Salto do Céu	40.960,18	40,24	0,00	0,00	50.092,14	36,76	0,00	0,00	0,00	0,00	91.052,32
São José dos Quatro Marcos	7,73	0,01	37.528,30	32,96	0,00	0,00	0,00	0,00	9.249,01	6,81	46.785,04
Tangará da Serra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,50	0,97	0,00	0,00	800,50
Total	101.781,50	100,00	113.845,82	100,00	136.262,79	100,00	82.920,93	100,00	135.798,06	100,00	570.609,10

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2016b) e ANA (2015).

2.1 - Meio Físico

A caracterização do meio físico abrange os seguintes aspectos: compartimentação do relevo (geomorfologia) e declividade.

2.1.1 - Compartimentação do Relevo

Segundo IBGE (2002), a bacia hidrográfica do rio Cabaçal foi classificada em quatro unidades compartimentos do relevo: Chapada e Planalto dos Parecis, Depressão do Alto Paraguai e Pantanal Mato-grossense (**Tabela 6 e Figura 4**). Mirandola-Avelino (2006) relata que a bacia apresenta variações marcantes nos aspectos geomorfológicos, como a região de superfície dissecada (Chapada e Planalto dos Parecis), a depressão de rebaixamento (Depressão do Alto Paraguai) e a superfície de acumulação, caracterizada como planície de inundação (Pantanal).

O compartimento do relevo com maior área é a Depressão do Alto Paraguai, na região central, seguido pelo Planalto dos Parecis, ao norte, o Pantanal ao sul e a Chapada do Parecis a noroeste.

Tabela 6: Compartimentos do relevo segundo área e percentual total da bacia.

Compartimentos do Relevo	Área (ha)	% Total
Chapada dos Parecis	14.190,81	2,49
Planalto dos Parecis	94.009,54	16,48
Depressão do Alto Paraguai	412.754,61	72,34
Pantanal Mato-grossense	49.654,14	8,70
Total	570.609,10	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2002)

2.1.1.1 - Chapada dos Parecis

Segundo Radambrasil (BRASIL, 1982a), a Chapada dos Parecis compõe a subunidade mais elevada (acima de 550 m de altitude). Como emerge da superfície central do Planalto, seus limites se fazem com a superfície ligeiramente mais rebaixada que a envolve. A sudoeste e sul apresentam esparsos anfiteatros erosivos. A oeste, a junção destes anfiteatros originou um sistema contínuo de escarpas erosivas com frentes voltadas para sudoeste que interrompem bruscamente as superfícies aplanadas e residuais de topo plano.

Destaca-se que a noroeste da Chapada, esta por ser um divisor de águas entre as bacias voltadas para norte e as que se dirigem para a Depressão do Guaporé, cuja drenagem contribui para a bacia Amazônia.

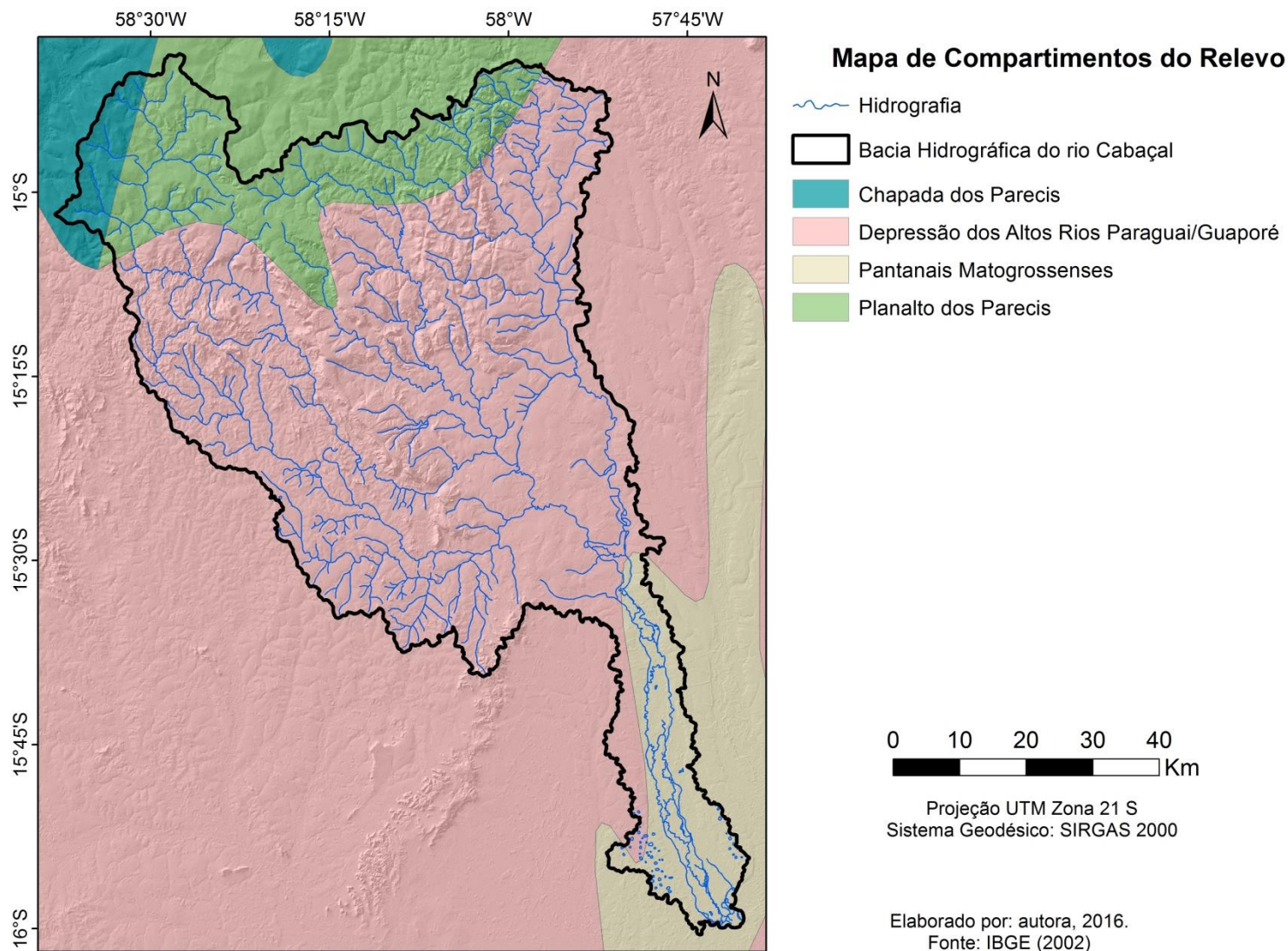


Figura 4: Compartimentos do Relevo da área de estudo.

No limite sudoeste com o Planalto dos Parecis, a atividade de grande número de pequenos rios uniu vários anfiteatros, elaborando uma escarpa erosiva contínua. No limite meridional, todos os rios estão voltados para a bacia do rio Paraguai e suas nascentes encontram-se no nível de cimeira, relativamente próximos à escarpa da chapada (BRASIL, 1982a).

2.1.1.2 - Planalto dos Parecis

O Planalto dos Parecis é uma subunidade que abrange o alto curso da bacia do rio Cabaçal sendo constituído de rochas cristalinas, o que corresponde a uma rampa dissecada e elaborada em litologia do Pré-Cambriano, com altimetria acima de 600 m, diminuindo gradativamente ao sul da bacia (MIRANDOLA-AVELINO, 2006).

Pode-se destacar segundo Radambrasil (BRASIL,1982a), que a parte sul do planalto corresponde ao reverso da escarpa estrutural e funciona como divisor de águas entre as bacias do Alto Sepotuba e Alto Paraguai. Esta escarpa possui aspecto cuestiforme, com frente voltada para a Depressão do Alto Paraguai. A extremidade nordeste é drenada pelos rios Cabaçal, Branco e Vermelho.

2.1.1.3 - Depressão do Alto Paraguai

A Depressão do Alto Paraguai, de acordo com Radambrasil (BRASIL,1982a), é uma subunidade da unidade geomorfológica Depressão do rio Paraguai. É uma extensa área drenada pelo alto curso do rio Cabaçal e seus afluentes. Corresponde a uma superfície de relevo pouco dissecado, com baixo caimento topográfico de norte para sul, com rampas em área oeste da bacia. A altimetria oscila entre 110 e 300 metros. Seus limites a norte e leste são bem definidos. Ao norte é demarcado pela escarpa da Serra de Tapirapuã, a leste pelas cristas alongadas e paralelas da Província Serrana, que separam a Depressão do Alto Paraguai da Depressão Cuiabana. A noroeste, seu limite é demarcado pelo Planalto dos Parecis e pela Serra do Roncador, pertencente ao mesmo planalto. A oeste, a depressão estende-se além da serra Olho d'Água e seu limite é pouco preciso, pois ocorrem nas áreas interfluviais dos médios cursos dos rios Jauru, Bagres e Aguapéi (BRASIL, 1982a).

Os sedimentos entre na depressão entre a Serra Olho d'Água e a Província Serrana, são quaternários da Formação Pantanal, sendo constituído de areais, silte

e argilas muito friáveis parcialmente laterizados e em fase de retrabalhamento. Sobre esses sedimentos friáveis instalaram-se o rio Paraguai e seus afluentes. Entre os rios destacam-se o Cabaçal, Sepotuba, Onça Magra, Sangue, Branco, Bugres e outros (BRASIL, 1982a).

2.1.1.4 - Pantanal Mato-grossense

Conforme Radambrasil (BRASIL, 1982b), essa unidade é controlada pela Depressão do rio Paraguai, inserindo suas subunidades, principalmente a descrita anteriormente.

O Pantanal sofre influência direta de três biomas brasileiros: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, além do bioma Chaco, nome dado ao Pantanal localizado no norte do Paraguai e leste da Bolívia. Uma característica interessante desse bioma é que muitas espécies ameaçadas em outras regiões do Brasil persistem em populações avantajadas na região, como é o caso do Tuiuiú – ave símbolo do Pantanal (MMA, 2016).

2.1.2 - Declividade

A bacia do rio Cabaçal possui a maior parte do seu território na classe de declividade de Plano a Ondulado (**Tabela 7** e **Figura 5**), sendo: Plano, Suave-Ondulado e Ondulado, o que favorece a prática agropecuária e avanço da ação antrópica.

Tabela 7: Classes de declividade da bacia do rio Cabaçal - MT.

Declividade (%)	Classe	Área (ha)	Total (%)
0 a 3	Plano	115.823,59	20,30
3 a 8	Suave-Ondulado	276.441,24	48,45
8 a 20	Ondulado	142.156,33	24,91
20 a 45	Forte-Ondulado	32.091,19	5,62
45 a 75	Montanhoso	3.882,19	0,68
> 75	Escarpado	214,56	0,04
Total		570.609,10	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2007)

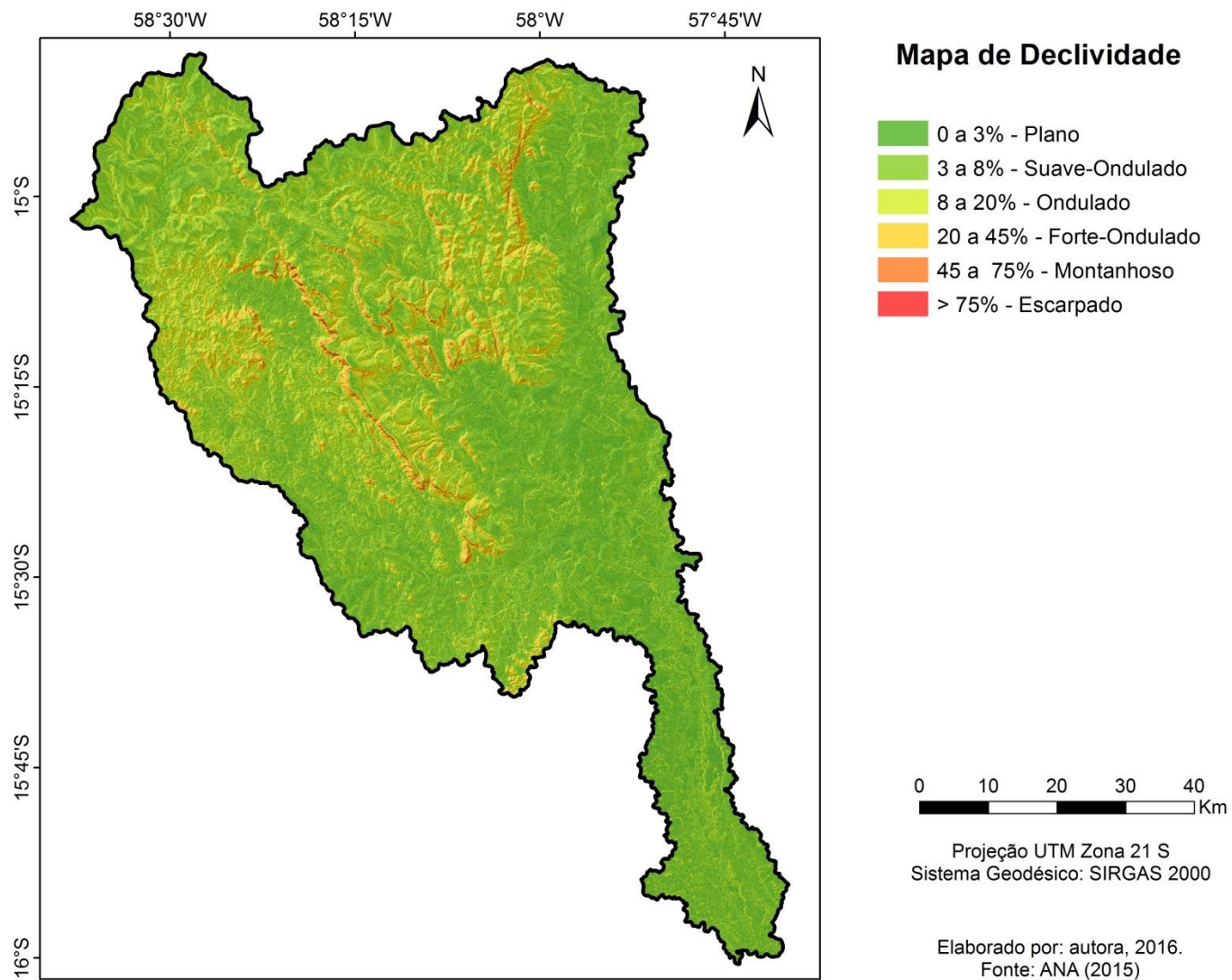


Figura 5: Classes de Declividade em percentual da bacia de pesquisa.

2.2 - Meio Socioeconômico

O meio socioeconômico abrange a distribuição espacial da população e as atividades econômicas dos municípios que possuem território na bacia.

2.2.1 - População

Segundo SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a) e o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2016c), a bacia está quase na sua totalidade na área rural dos municípios, tendo áreas urbanas de Reserva do Cabaçal, Salto do Céu, Rio Branco, São José dos Quatro Marcos e Lambari d'Oeste inseridos em seu território.

Com base nos setores censitários dos municípios que possuem território, em sua totalidade ou em parte, dentro da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, foi possível identificar as áreas urbanas e rurais e as respectivas populações residentes, que foram estimadas por cálculo indireto, pois as informações disponíveis nos órgãos oficiais contemplam todo o município e foi necessário quantificar o total de população urbana e rural na bacia (**Tabelas 8, 9 e 10 e Figuras 6 e 7**).

Tabela 8: Bacia do rio Cabaçal segundo Setor Censitário e População.

Setor Censitário	1984				2010			
	População	% Total	Área (ha)	% Total	População	% Total	Área (ha)	% Total
Urbano	45,60	0,13	1.311,74	0,23	11.220,27	53,06	2.103,83	0,37
Rural	35.035,41	99,87	569.297,36	99,77	9.927,19	46,94	568.505,27	99,63
Total	35.081,01	100,00	570.609,10	100,00	21.147,46	100,00	570.609,10	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a); IBGE (2016).

No ano de 1984, o total de população na bacia do rio Cabaçal é de 35.081,01 habitantes, sendo que 99,87% da população rural estão distribuídas em 99,77% da área da bacia, enquanto que a população urbana concentra-se em apenas 0,23% do território.

No ano de 2010, houve uma diminuição da população residente na bacia, cujo total era de 21.147,46 habitantes, na proporção de 53,06% na área urbana e 46,94% na área rural, apesar da redução do quantitativo total de população geral, houve melhor distribuição da população, pois se manteve a razão entre as áreas urbana e rural, apresentadas em 1984, sendo em 2010 de 0,37% e 99,63%, respectivamente.

Tabela 9: População da bacia em 1984, segundo municípios.

Município	População por Setor Censitário			População estimada na bacia
	Urbana	Rural	Total	
Araputanga	4.929	11.359	16.288	4.497,64
Barra do Bugres	13.558	13.559	27.117	1.289,43
Cáceres	43.537	35.702	79.239	787,32
Mirassol d'Oeste	10.557	15.416	25.973	4.871,99
Rio Branco	7.851	15.086	22.937	10.171,53
Salto do Céu	4.079	10.446	14.525	7.201,68
São José dos Quatro Marcos	11.239	17.024	28.263	6.243,21
Tangará da Serra	18.055	26.301	44.356	18,20
Total	113.805	144.893	258.698	35.081,01

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a)

Tabela 10: População da Bacia em 2010, segundo municípios.

Município	População por Setor Censitário			População estimada na bacia
	Urbana	Rural	Total	
Araputanga	12.185	3.157	15.342	1.704,88
Barra do Bugres	25.966	5.797	31.763	328,78
Cáceres	76.568	11.374	87.942	175,93
Curvelândia	2.894	1.972	4.866	1.251,04
Lambari d'Oeste	2.895	2.536	5.431	3.753,37
Mirassol d'Oeste	21.470	3.829	25.299	1.381,98
Reserva do Cabaçal	1.622	950	2.572	2.142,75
Rio Branco	4.145	925	5.070	5.070,00
Salto do Céu	2.184	1.724	3.908	3.322,73
São José dos Quatro Marcos	14.507	4.491	18.998	2.015,99
Total	164.436	36.755	201.191	21.147,45

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: IBGE (2016).

2.2.2 - Agricultura e Pecuária

As atividades econômicas que mais se destacam, na unidade hidrográfica de pesquisa são a agricultura e a pecuária (MATO GROSSO, 2016b; IBGE, 2016).

A atividade agrícola, no ano de 1984, nos municípios que possuem território na bacia era constituída por uma variedade de 15 produtos cultivados (**Quadro 2**), dos quais se destaca a maior área plantada de arroz (76.838 ha), seguido por milho (40.506 ha) e feijão (27.662 ha). Os municípios com maiores áreas de cultivos foram Cáceres (45.868 ha) e Tangará da Serra (41.505 ha).

Em 2013, a variedade de cultivares aumentou para 16 (**Quadro 3**), sendo que o maior cultivo dentre os municípios passou a ser a cana-de-açúcar (70.235 ha), milho (10.560 ha) e soja (8.068 ha). Os municípios com maiores áreas de cultivo são Barra do Bugres (53,160 ha), Cáceres (13,281 ha) e Lambari d'Oeste (11.930 ha).

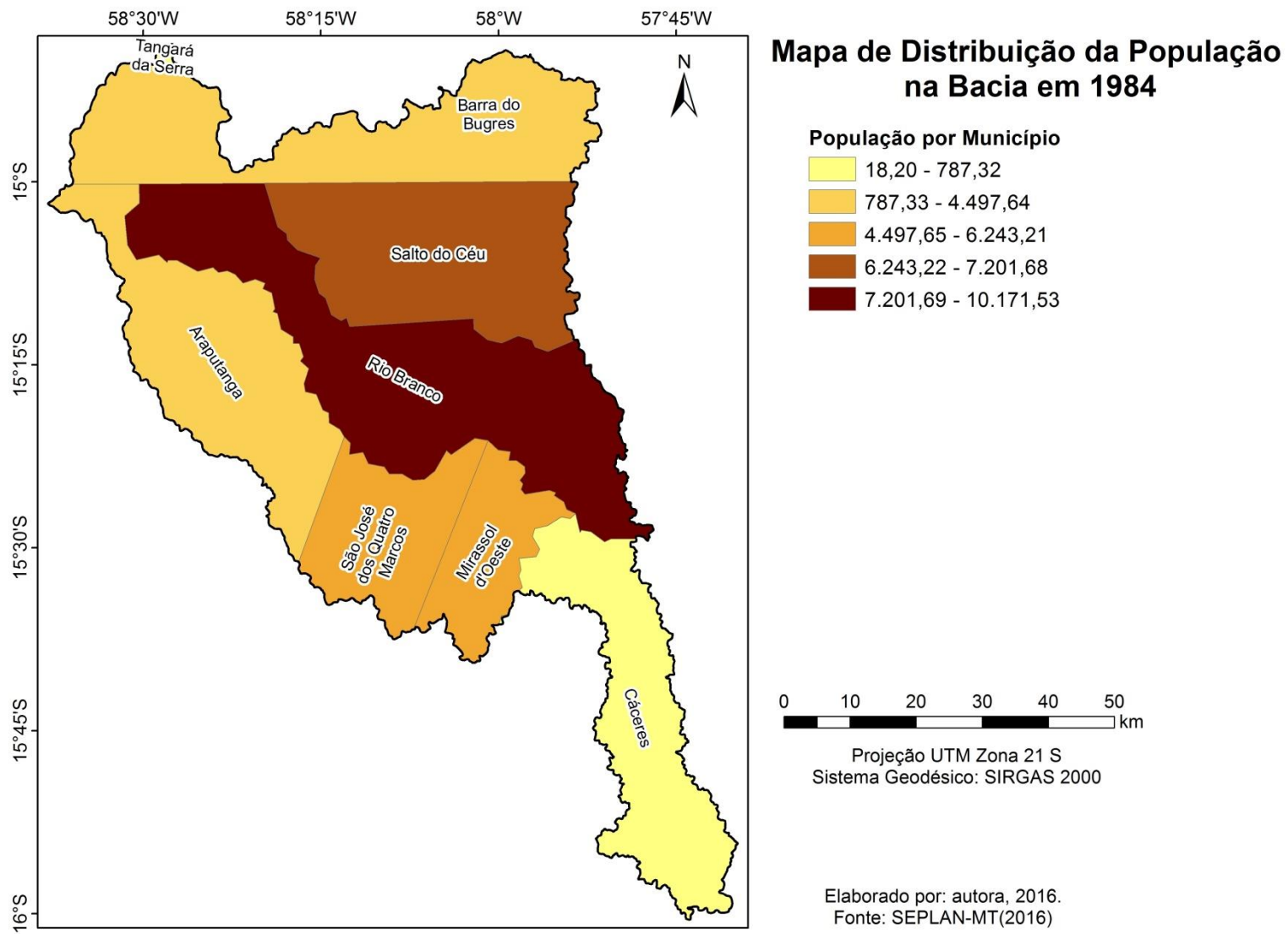


Figura 6: Distribuição da população da bacia do rio Cabaçal nos anos de 1984.

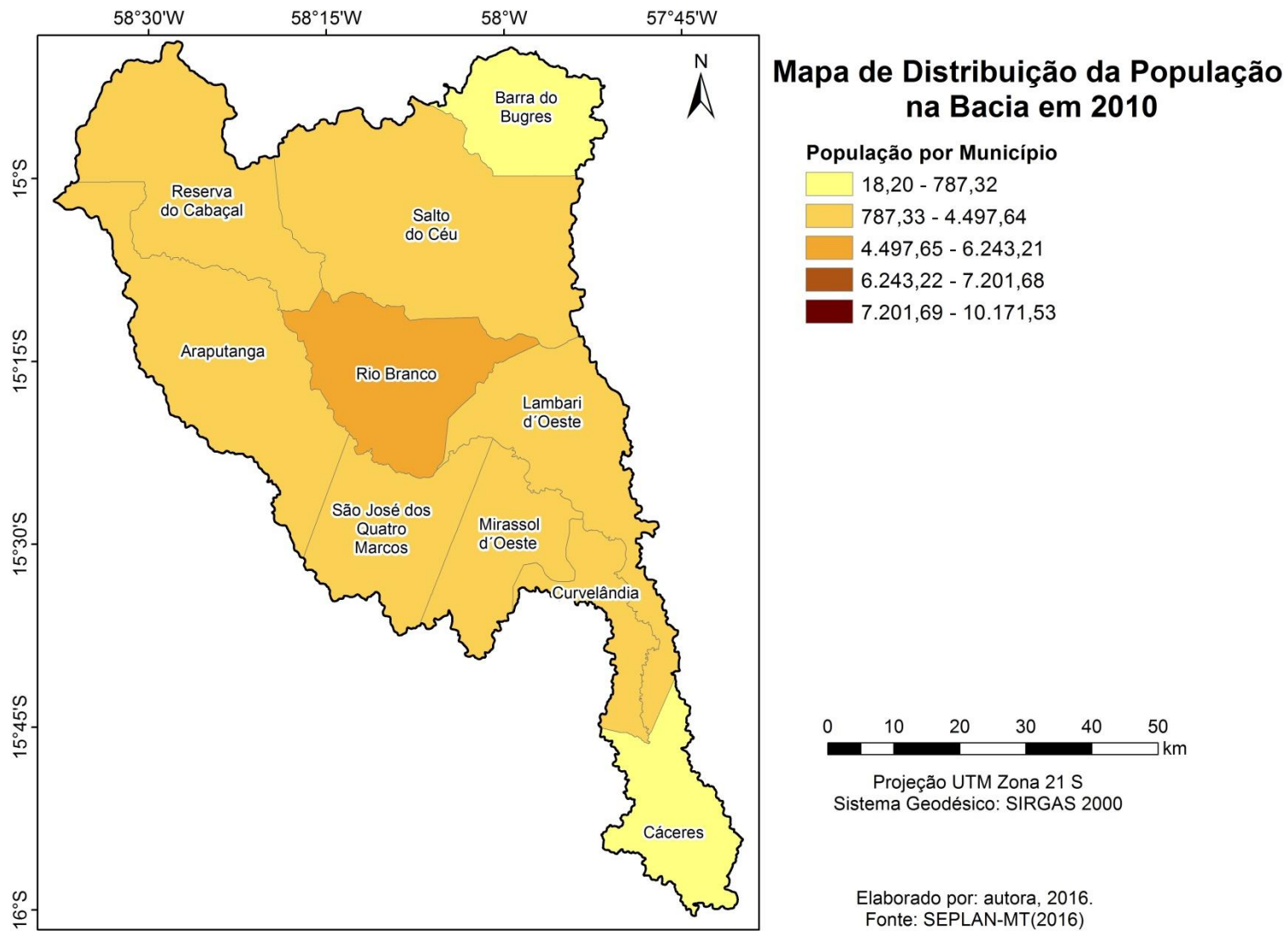


Figura 7: Distribuição da população da bacia do rio Cabaçal nos anos de 2010.

Quadro 2: Produtos cultivados segundo municípios em 1984.

Produtos Cultivados	Municípios 1984								Total (ha)
	Araputanga	Barra do Bugres	Cáceres	Mirassol d'Oeste	Rio Branco	Salto do Céu	São José dos Quatro Marcos	Tangará da Serra	
Algodão Herbáceo			1.000	300	75		24	150	1.549
Amendoim (em casca)			100						100
Arroz	3.260	4.021	28.520	4.868	6.150	5.759	5.760	18.500	76.838
Banana	180	300	1.300	307	125	14	100	1.500	3.826
Café	1.200	80	282	2.006	1.000	880	3.755	6.000	15.203
Cana-de-açúcar	20	6.072	70	189	30	12		258	6.651
Feijão	2.520	300	4.500	1.226	5.400	5.016	5.000	3.700	27.662
Laranja	6		80	8	7			48	149
Mamona								15	15
Mandioca	110	60	1.000	115	100	90	50	300	1.825
Melancia			6		3				9
Milho	3.194	2.000	8.700	2.415	6.910	6.787	5.000	5.500	40.506
Soja			308	200			160	5.530	6.198
Tomate			2	1				4	7
Tangerina							6		6
Total (ha)	10.490	12.833	45.868	11.635	19.800	18.558	19.855	41.505	180.544

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a)

Quadro 3: Produtos cultivados segundo municípios em 2013.

Produtos Cultivados	Municípios 2013										Total (ha)
	Araputanga	Barra do Bugres	Cáceres	Curvelândia	Lambari d'Oeste	Mirassol d'Oeste	Reserva do Cabaçal	Rio Branco	Salto do Céu	São José dos Quatro Marcos	
Abacaxi		6	15	10						20	51
Amendoim (em casca)		80									80
Arroz		456	40		2		2				500
Banana		345	200		80	30				10	665
Borracha		428	600	10	46	110		76		44	1.314
Cana-de-açúcar	30	48.945	1.797	2.911	11.478	5.024	20	15		15	70.235
Coco-da-baia									18		18
Feijão	35	59	150	30	10	30	120	40	20	30	524
Limão			7		4						11
Mandioca	100	336	1.400	120	130	150	70	45	80	100	2.531
Melancia		5									5
Milho	1.500	500	5.500	200	180	1.420	150	180	180	750	10.560
Palmito	3									16	19
Pimenta-do-reino										10	10
Soja	48	2.000	3.570			2.200				250	8.068
Tomate			2			8					10
Total (ha)	1.716	53.160	13.281	3.281	11.930	8.972	362	356	298	1.245	94.601

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016b)

Quadro 4: Criação animal segundo municípios em 1984.

Município 1984	Bovinos	Bubalinos	Equinos	Asinos	Muare	Suínos	Ovinos	Caprinos	Total de Cabeças
Araputanga	138.924	342	3.145	38	845	35.394	727	481	179.896
Barra do Bugres	22.416	392	2.897	39	727	8.544	160	483	35.658
Cáceres	478.699	467	13.318	62	1.899	34.233	2.953	906	532.537
Mirassol D'Oeste	36.614	15	1.245	7	590	14.401	145	127	53.144
Rio Branco	64.310	110	2.849	6	514	18.713	282	477	87.261
Salto do Céu	67.840	272	1.957	12	805	15.138	186	505	86.715
São José dos Quatro Marcos	35.849	41	1.540	4	719	22.640	294	134	61.221
Tangará da Serra	117.411	114	2.085	18	950	19.297	1.110	269	141.254
Total de Cabeças	962.063	1.753	29.036	186	7.049	168.360	5.857	3.382	1.177.686

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016a)

Quadro 5: Criação animal segundo municípios em 2013.

Município 2013	Bovinos	Suínos	Bubalinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Total de Cabeças
Araputanga	213.148	1.577	93	1.825	409	2.472	219.524
Barra do Bugres	242.070	3.957	409	4.198	40	1.960	252.634
Cáceres	980.963	9.612	906	10.701	346	7.402	1.009.930
Curvelândia	46.248	2.017		30		459	48.754
Lambari D'Oeste	125.952	610		1.054	37	848	128.501
Mirassol D'Oeste	147.322	1.315	9	1.796	52	1.650	152.144
Reserva do Cabaçal	36.564	430		609	5	608	38.216
Rio Branco	57.651	1.235	36	139	8	371	59.440
Salto do Céu	138.194	1.714		677		1.531	142.116
São José dos Quatro Marcos	199.532	866	288	753	124	975	202.538
Total de Cabeças	2.187.644	23.333	1.741	21.782	1.021	18.276	2.253.797

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: SEPLAN (MATO GROSSO, 2016b)

Relativo à pecuária com a criação de animais (**Quadro 4**), em 1984, a maior criação é de bovinos (962.063 cabeças), suínos (168.360 cabeças) e equinos (29.036 cabeças), sendo os municípios com a maior criação Cáceres (532.537 cabeças), Araputanga (179.896 cabeças) e Tangará da Serra (141.254 cabeças).

Em 2013, não houve a criação de asinos e muares (**Quadro 5**). As maiores criações foram de bovinos (2.187.644 cabeças), suínos (23.333 cabeças), ovinos (21.782 cabeças) e equinos (18.276 cabeças), com destaque para os municípios com maior rebanho Cáceres (1.009.930 cabeças), Barra do Bugres (252.634 cabeças), Araputanga (219.524 cabeças) e São José dos Quatro Marcos (202.538 cabeças).

Nota-se que houve uma diminuição da área de cultivo entre os anos de 1984 e 2013, que era 180.544 ha para 94.601ha, enquanto que houve aumento da atividade pecuária, que em 1984 tinha um total de 1.177.686 cabeças passando a ter 2.253.797 cabeças no ano de 2013.

2.3 - Meio Jurídico Institucional

O meio jurídico-institucional que devemos considerar na caracterização da área de estudo são os assentamentos rurais existentes na bacia, que podem gerar conflitos quando se considera a ação antrópica.

2.3.1 - Assentamentos Rurais

Na área da bacia do rio Cabaçal foram identificados 10 assentamentos rurais com área dentro da bacia total ou parcialmente (**Quadro 6 e Figura 7**), sendo: 1 em Araputanga, 2 em Curvelândia, 4 em Mirassol d'Oeste, 1 em Rio Branco, 1 em Salto do Céu e 1 em São José dos Quatro Marcos. Dentre os assentamentos citados, o mais antigo é o Tupã, localizado em Curvelândia que foi instalado em 1984 (INCRA, 2016).

Nascimento et al (2014) destaca que a supressão de parte da vegetação das APPs para o desenvolvimento da Agropecuária, no assentamento Roseli Nunes e nos outros assentamentos implementados na bacia do rio Cabaçal, pode implicar em alterações no regime hídrico dos cursos fluviais (assoreamento) e da bacia hidrográfica (extinção de nascentes), o que no caso do assentamento de estudo afetaria diretamente as atividades de pecuária e a agricultura, sejam esta

convencional ou agroecológica, recomenda-se a execução de projeto de recuperação para as APPs.

Quadro 6: Assentamentos rurais segundo municípios da bacia.

Município	Nome do Projeto	Área (ha)	Nº de Famílias (Capacidade)	Nº de Famílias Assentadas	Data de Obtenção
Araputanga	PA São Benedito	1.219,62	49	43	29/04/1997
Curvelândia	PA Tupã	2.866,55	126	113	05/06/1984
	PA Providência III	1.528,69	75	74	25/10/1985
Mirassol d'Oeste	PA São Saturnino	2.927,00	114	107	19/08/2002
	PA Providência I	3.983,00	68	67	25/01/1985
	PA Roseli Nunes	10.611,00	331	314	25/09/1998
	PA Santa Helena II	1.182,15	53	52	18/10/1996
Rio Branco	PA Montechi	2.691,70	117	103	07/01/1987
Salto do Céu	PA Cecília Antunes	1.253,95	46	43	18/08/2001
São José dos Quatro Marcos	PA Santa Rosa I	1.887,02	73	73	25/04/1997
Total		30.150,68	1.052	989	

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: INCRA (2016).

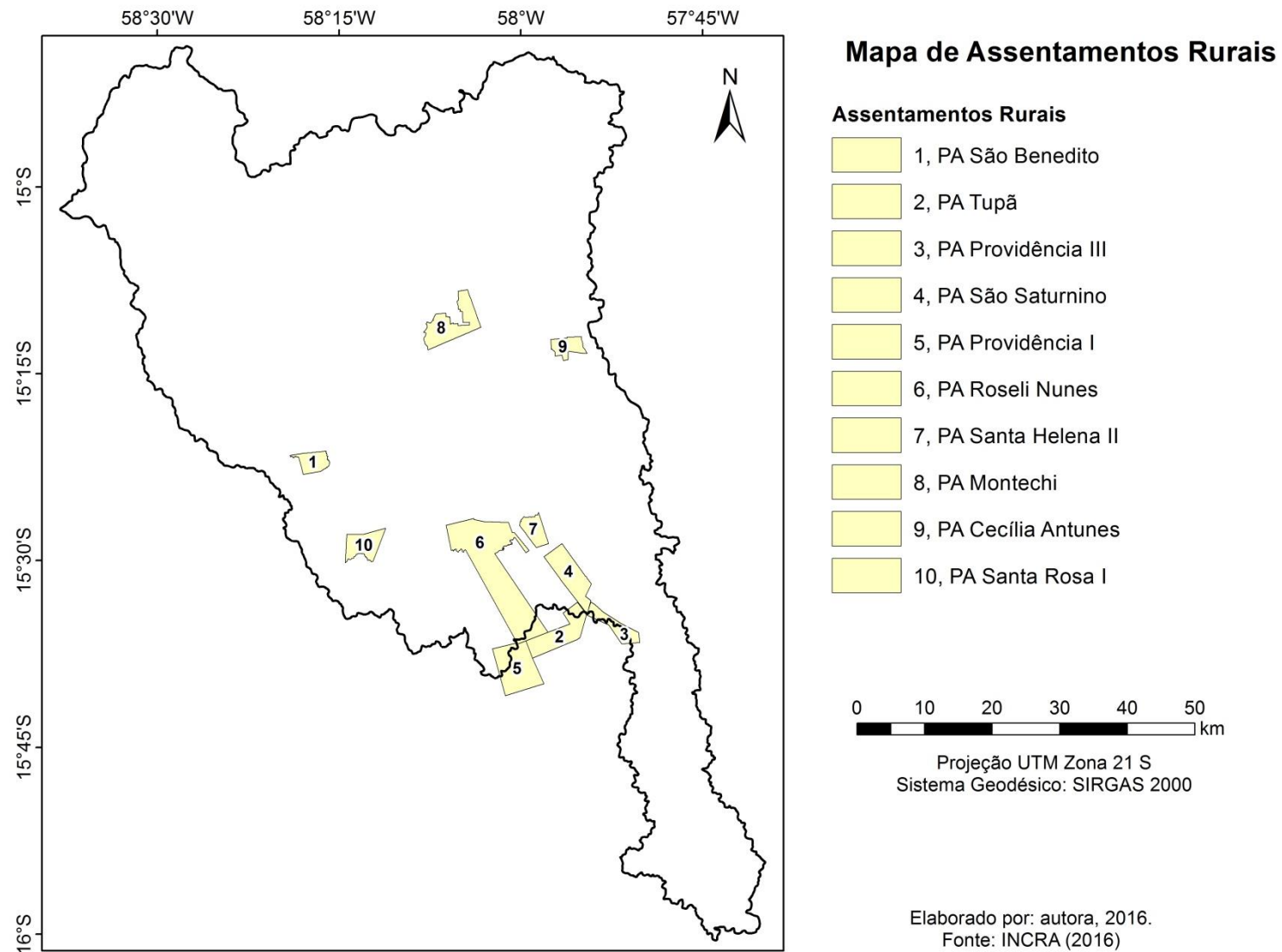


Figura 8: Assentamentos Rurais na bacia de pesquisa.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir são apresentados os principais conceitos utilizados na elaboração desta tese.

3.1 - Política Pública Ambiental

Barbieri (2004), explica que a gestão ambiental pública é a ação do Poder Público conduzida segundo uma política pública ambiental. A política pública ambiental é o conjunto de objetivos, diretrizes e instrumentos de ação de que o Poder Público dispõe para produzir efeitos desejáveis sobre o meio ambiente.

Existem três tipos de políticas ambientais: as regulatórias, as estruturadoras e as indutoras de comportamento, cujas definições são as seguintes:

As políticas regulatórias dizem respeito à elaboração de legislação específica para estabelecer ou regulamentar norma e regras de uso e acesso ao ambiente natural e seus recursos, bem como à criação de aparatos institucionais que garantam o cumprimento da lei. As políticas estruturadoras implicam na intervenção do poder público ou de organizações não governamentais na proteção ao meio ambiente. As políticas indutoras de comportamento referem-se a ações que objetivam influenciar o comportamento de indivíduos ou grupos sociais (CUNHA; COELHO, 2003).

As políticas ambientais no Brasil tiveram três fases de desenvolvimento, conforme apontam Cunha e Coelho (2003): a primeira fase foi de 1930 - 1971, neste período houve a construção de uma base de regulação dos usos dos recursos naturais; a segunda fase foi de 1972 - 1987, com o aumento da intervenção do Estado e percepção da crise ecológica global e; a terceira fase de 1988 até a atualidade, no qual a abertura democrática do governo e descentralização das decisões e ampliação da noção de desenvolvimento sustentável (NASCIMENTO, 2007).

O Brasil começou a desenvolver sua política pública ambiental a partir da primeira metade do século XX, mais precisamente, a partir da década de 1930, com a publicação do Código de Águas em 1934 (BRASIL, 1934b), apesar da Constituição Federal do mesmo ano (BRASIL, 1934a), não conter nenhuma referência à proteção dos recursos naturais.

A partir da década de 1960 o governo brasileiro intensifica a publicação das leis ambientais, iniciando a ampliação das políticas públicas ambientais, tendo a segunda fase de desenvolvimento da política pública ambiental no Brasil tem início após a Conferência de Estocolmo de 1972, quando as preocupações ambientais se

tornam mais intensas. A partir de 1981 houve uma grande evolução da legislação ambiental com a publicação da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA e, posteriormente, com as demais leis ambientais publicadas, que visam à proteção, conservação e a preservação dos recursos naturais brasileiros (BARBIERI, 2004).

Peccatiello (2011) explica que a lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981) configura-se como um elemento inovador também por adotar como estratégia a responsabilização do Estado por suas ações no ambiente, o qual passa a ser obrigado a seguir os princípios da legislação ambiental, assim como as atividades privadas o eram. Também adota instrumentos para viabilizar sua aplicação, dentre os quais podemos destacar: o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais, o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental e as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou à correção da degradação ambiental.

Nascimento (2007) relata que o Brasil avançou no âmbito legal, depois da PNMA e da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), que destaca o Meio Ambiente no Capítulo VI e em seu Artigo 225, que tem como base, o princípio do desenvolvimento sustentável, definido no documento “*Nosso futuro comum*” - Relatório de Brundtland (FGV, 1988). O Artigo 225 da Constituição de 1988 diz:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Barbieri (2004) e Nascimento et al. (2014) definem que as leis ambientais brasileiras são instrumentos de política pública que vão estabelecer critérios e padrões legais para reduzir os impactos causados pelas ações antrópicas.

Quando se fala em instrumento de política pública ambiental, geralmente se quer indicar aquele que visa diretamente às questões ambientais, que por sua vez podem ser classificados em três grandes grupos conforme mostra o **Quadro 7** (Barbieri, 2004). Neste quadro podemos destacar o zoneamento ambiental como um instrumento de gestão da política pública ambiental.

Quadro 7: Instrumentos de Política Pública Ambiental - Classificação e Exemplos.

Gênero	Espécies
Comando e Controle	Padrão de emissão. Padrão de qualidade. Padrão de desempenho. Padrões tecnológicos. Proibições e restrições sobre produção, comercialização e uso de produtos e processos. Licenciamento ambiental. Zoneamento ambiental. Estudo prévio de impacto ambiental.
Econômico	Tributação sobre poluição. Tributação sobre uso de recursos naturais. Incentivos fiscais para reduzir emissões e conservar recursos. Financiamentos em condições especiais. Criação e sustentação de mercados de produtos ambientalmente saudáveis. Permissões negociáveis. Sistema de depósito-retorno. Poder de compra do Estado.
Outros	Apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico. Educação Ambiental. Unidades de Conservação. Informações ao público.

Elaborado por: Nascimento (2007). Fonte: Barbieri (2004)

O Zoneamento Ambiental é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente que foi instituída pela Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981), citado no Artigo 9º, no inciso II, sendo regulamentado pelo Decreto nº 4.297/2002 (BRASIL, 2002) que estabeleceu os critérios mínimos para execução deste instrumento.

Silva e Santos (2004) relatam que nas atividades de planejamento ambiental é comum adotar a estratégia de avaliar um território por meio de seu zoneamento – método apontado como integrador de informações ambientais. Os autores definem:

Zoneamento é a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um determinado espaço físico, segundo suas vocações e fragilidades, acertos e conflitos, determinadas a partir dos elementos que compõem o meio planejado. Seu resultado é a apresentação de um conjunto de unidades, cada qual sujeita as normas específicas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio (SILVA; SANTOS, 2004).

O zoneamento pode ser restritivo, quando se considera que há o estabelecimento de categorias destinadas à instalação de unidades produtivas. E, apesar de ser restritivo, Prette e Matteo (2006) explicam que o zoneamento é um instrumento de ação utilizado pelo poder público e pelos agentes privados. Este instrumento é um “mecanismo” de gestão ambiental, que pode ser aplicado nas ações de conservação e preservação dos recursos naturais.

O termo zoneamento ambiental, por ser amplo, pode ser desmembrado em vários tipos de zoneamento, tais como: enquadramento dos cursos d'água em classes, zoneamento ecológico-econômico (ZEE), plano diretor e outros. Além das leis federais que abordam o zoneamento, observamos que a Constituição do estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2014), sancionada em 1989, passou a mencionar o zoneamento antrópico-ambiental, no Capítulo III, Seção I, Inciso XV:

Art. 263 - Inciso XV - promover o zoneamento antrópico-ambiental do seu território, estabelecendo políticas consistentes e diferenciadas para a preservação de ambientes naturais, paisagens notáveis, mananciais d'água, áreas de relevante interesse ecológico no contexto estadual, do ponto de vista fisiográfico, ecológico, hídrico e biológico.

As leis federais brasileiras que tratam de formas de zoneamento ambiental podem ser exemplificadas, como: SNUC - Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000), o Estatuto da Cidade - Lei nº 10.257/2001 (BRASIL, 2001), a Política Nacional de Gerenciamento Costeiro - Lei nº 7.661/1988 (BRASIL, 1988), Enquadramento dos Cursos d'Água: Portaria Minter nº13/1976 (BRASIL, 1976), Resolução CONAMA nº 20/1986 (BRASIL, 1986), Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e suas alterações.

3.2 - Política de Recursos Hídricos

Nascimento (2007) descreve que a gestão de recursos hídricos no Brasil tem início com a publicação do Código de Águas de 1934. Em 1997, com a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), a gestão deu um grande salto de qualidade, ampliando a forma de gerir os recursos hídricos. Em seu Artigo 5º, a PNRH define os seguintes instrumentos: I - os Planos de Recursos Hídricos; II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V - a compensação a municípios e; VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os instrumentos da PNRH podem ser classificados segundo as categorias dos instrumentos da política pública, conforme proposto por Barbieri (2004). Assim, observamos que os incisos I e II são instrumentos de comando e controle, por tratarem de formas diferentes de zoneamento e o segundo inciso é aplicado de forma específica pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e suas alterações; os

incisos III, IV e V são instrumentos econômicos e o inciso VI é classificado como outros instrumentos.

Na Constituição do estado de Mato Grosso promulgada em 1989, no Título V - Do Desenvolvimento Econômico e Social, há um capítulo específico que trata dos recursos naturais, que se subdivide em três seções (I - Do Meio Ambiente - Artigos 263 a 283, II - Dos Recursos Hídricos - Artigos 284 a 296 e III - Dos Recursos Minerais - Artigos 297 a 299). Em 1997, a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH foi instituída através da Lei nº 6.945/1997, pelo Governo do estado de Mato Grosso. A partir desta lei, o governo pode planejar e gerenciar melhor os recursos hídricos do estado, realizando, a execução dos instrumentos propostos pela lei.

Observa-se que as duas leis que abordam o tema recursos hídricos - a lei federal nº 9.433/1997 e a lei estadual nº 6.945/1997 (MATO GROSSO, 1997) - os instrumentos são praticamente os mesmos, mas na legislação federal há a compensação aos municípios, não contemplada na lei estadual.

Pelo fato das leis serem semelhantes, a competência de tratar o recurso hídrico é dada pelos limites político-administrativos. A competência de tratar os rios federais, ou seja, os rios que drenam mais de dois estados a exemplo do rio Paraguai, o rio São Francisco e outros, são do órgão federal, entre eles a Agência Nacional de Águas (ANA), na gestão dos recursos hídricos. Os rios estaduais estão totalmente inseridos em um único estado, como o caso da bacia do rio Cabaçal, cuja competência é estadual, ou seja, a Secretaria de Meio Ambiente do estado de Mato Grosso.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é o ato administrativo que visa racionalizar a utilização múltipla das águas superficiais e subterrâneas por prazo determinado, tendo como prioridade o consumo humano conforme a Lei 6.945/1997 que tem como objetivo estabelecer os critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para o cadastro de usuários.

Segundo ANA (2006), os usos da água podem ser não consuntivos – aqueles que não afetam significativamente a quantidade da água; e consuntivos, aqueles que implicam a redução da disponibilidade hídrica. Os usos não consuntivos referem-se às atividades de hidroeletricidade, navegação, recreação e lazer, piscicultura e aquicultura. Essas atividades não afetam a disponibilidade quantitativa da água e podem ter efeitos sobre a qualidade e/ou sobre o regime de vazões do

manancial. Os usos consuntivos referem-se aos usos urbano (doméstico e público), rural (comunidades), agropecuário (irrigação e dessedentação animal) e industrial. Esses são de particular interesse por consumirem a água disponível aos diversos usos.

3.3 - Enquadramento dos Cursos d'Água

Segundo Almeida (2016), a Portaria Minter nº 13/1976, propôs a classificação das águas doces, com usos definidos em quatro classes: classe 1 a 4 (**Quadro 8**) e padrões associados. Dentre os indicadores de qualidade para cada classe de água foram definidos: demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, cor, turbidez, coliformes termotolerantes, dentre outros.

O termo enquadramento dos cursos d'água segundo usos preponderantes surgiu a partir da lei 9.433/1997 e os critérios de classificação dos recursos hídricos são definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que foi alterada pelas resoluções CONAMA nº 410/2009 (BRASIL, 2009) e pela 430/2011 (BRASIL, 2011), que estabelece cinco classes de uso para as águas doces, em seu Artigo 4º: Classe especial e classes de 1 a 4 (**Quadro 8**). Os Estados podem definir padrões mais restritivos, tendo como base a legislação federal.

A legislação ambiental relacionada com o enquadramento dos cursos d'água nos anos de 1984 e 2013 são a Portaria do Ministério do Interior e a Resolução CONAMA, respectivamente, para as datas citadas, conforme abaixo:

Quadro 8: Classificação das águas doces segundo os usos preponderantes.

Usos Preponderantes da Água	Portaria Minter nº 13/1976	Resolução CONAMA nº 357/2005
Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção	Classe 1	Classe Especial
Abastecimento doméstico após tratamento simplificado		Classe 1
Abastecimento doméstico após tratamento convencional	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3
Abastecimento doméstico após tratamento avançado	Classe 4	Classe 3
Abastecimento industrial e irrigação	Classe 4	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe Especial
Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral		Classe Especial
Proteção das comunidades aquáticas		Classe 1 e 2

Elaborado por autora, 2016. Modificado de Bender, 1998.

Continuação do Quadro 8

Usos Preponderantes da Água	Portaria Minter nº 13/1976	Resolução CONAMA nº 357/2005
Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas		Classe 1
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana		Classe 2
Preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora	Classe 3	
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		Classe 1
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas	Classe 2	Classe 2
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras		Classe 3
Recreação de contato primário	Classe 2	Classe 1 e 2
Recreação de contato secundário		Classe 3
Dessedentação de animais	Classe 3	Classe 3
Pesca amadora		Classe 3
Navegação	Classe 4	Classe 4
Harmonia paisagística	Classe 4	Classe 4
Usos menos exigentes	Classe 4	

Elaborado por autora, 2016. Modificado de Bender, 1998.

3.4 - Demanda Bioquímica de Oxigênio

Dentre os parâmetros relacionados com a qualidade da água citados no item anterior, há a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, que segundo Von Sperling (1996), é o parâmetro de qualidade da água mais utilizado, para caracterizar as águas residuárias bruta e tratada, e também os cursos d'água. Ainda o mesmo autor explica que a matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma importante característica, para mensurar o grau de poluição das águas, pois dependendo da quantidade de matéria orgânica, o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização serão maiores ou menores.

CETESB (SÃO PAULO, 2016) define que a DBO é:

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20° C é frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}, cuja unidade de medida é miligramas por litro (mg/L)(SÃO PAULO, 2016).

Ainda segundo a CESTESB (2016) e Von Sperling (1996), o aumento da DBO em um corpo hídrico pode ser provocado por despejos de origem natural com matéria orgânica vegetal ou animal e de origem antropogênica com despejos

domésticos e industriais. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

O rio depois que recebe o efluente, rico em matéria orgânica, inicia o processo natural de autodepuração, que resultará na total decomposição do produto lançado e a limpeza do rio. O processo de autodepuração realizado no rio se divide em estágios de sucessão ecológica que podem ser fisicamente identificados nos rio, sendo quatro zonas principais (VON SPERLING, 1996): Zona de águas limpas é a área à montante do ponto de lançamento e está caracterizada pelo equilíbrio ecológico e pela elevada qualidade de água; Zona de degradação tem início no ponto de lançamento do efluente; Zona de decomposição ativa apresenta a pior qualidade da água, pois os micro-organismos que vão decompor a matéria orgânica entram em ação consumindo o oxigênio, e; Zona de recuperação tem início após a fase de consumo da matéria orgânica, quando o rio inicia seu processo para limpar as águas, retornando ao estágio inicial.

No **Quadro 9** apresentamos as classes de água doce, os usos de cada classe e os limites de lançamento de efluentes com $DBO_{5,20}$ (mg/L), conforme estabelecido pela Portaria Minter nº13/1976 e pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Quadro 9: Padrão de DBO para águas doces, segundo Portaria Minter nº 13/1976 e Resolução CONAMA nº 357/2005.

Portaria Minter nº 13/1976		Resolução CONAMA nº 357/2005, alterada pelas Resoluções CONAMA nº410/2009 e nº430/2011	
Classes	DBO (mg/L)	Classes	DBO (mg/L)
		Classe Especial	-----
Classe 1	-----	Classe 1	3 mg/L
Classe 2	Até 5 mg/L	Classe 2	5 mg/L
Classe 3	Até 10 mg/L	Classe 3	10 mg/L
Classe 4	-----	Classe 4	-----

Elaborado por autora, 2016. Fonte: Bender (1998); Brasil (2005, 2009, 2011).

O **Quadro 9** resume os valores permitidos para o lançamento de efluentes, considerando apenas a DBO, respeitando os valores de referência das leis citadas. Nas águas doces que são enquadradas na classe especial, não é permitido o lançamento de DBO, segundo o artigo 32, da Resolução supracitada. A classe especial não existia na classificação da portaria Minter.

Na Portaria Minter, só há valores de referência para as classes 2 e 3, cujos valores são até 5 mg/L e até 10 mg/L, respectivamente e na Resolução CONAMA foi definido padrão para a classe 1 e valores fixos para as classes 2 e 3, tendo como referência os valores 3 mg/L, 5 mg/L e 10 mg/L, respectivamente e não há nenhum limite especificado na legislação para a água doce enquadrada na classe 4 em ambas leis.

3.5 - Geotecnologias

Segundo Rosa (2005), as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções de *hardware*, *software* e *peopleware* (profissionais GIS), que juntos constituem poderosas ferramentas que auxiliam a tomadas de decisões. Dentre as geotecnologias destacam-se: os sistemas de informação geográfica, a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global e o banco de dados geográficos.

No presente trabalho, em função das etapas de trabalho e o volume de dados a serem tratados e/ou processados, será de extrema importância utilizar algumas das tecnologias citadas, conforme segue:

3.5.1 - Sistemas de Informações Geográficas

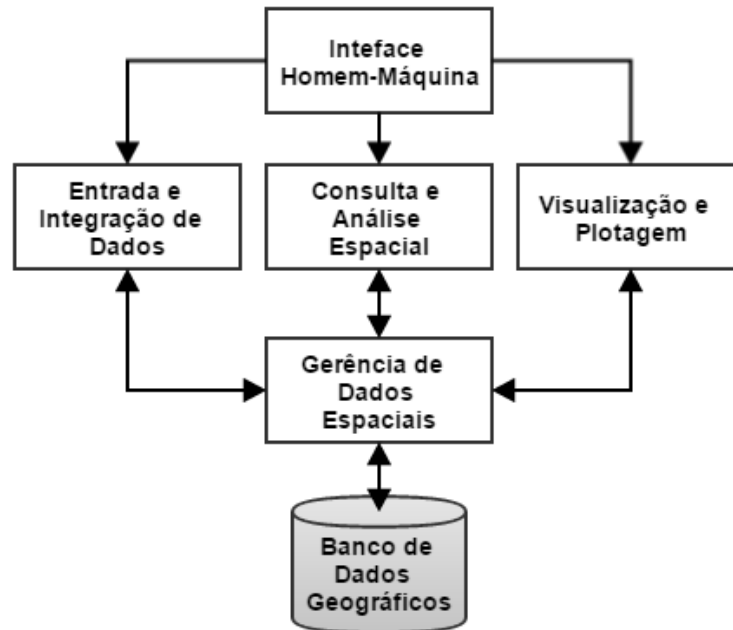
Câmara (2005) define que o termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é a sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos, como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.

A partir destes conceitos, é possível indicar as principais características de SIG: inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais que serão utilizadas no seu projeto e oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

Para Burrough (1986) os sistemas de informação geográfica devem ser considerados como sendo muito mais do que um meio de codificação, armazenamento e recuperação de dados sobre aspectos da superfície terrestre.

Estes dados podem ser acessados, transformados e manipulados de forma interativa em um SIG.

A arquitetura de um SIG (**Figura 9**) consiste em ter uma interface de acesso do usuário para que ele realize a entrada e integração dos dados, consulta e análises espaciais, visualização e plotagem, para gerenciar os dados espaciais que estão armazenados no banco de dados geográfico (CÂMARA, 2005).



Fonte: Câmara (2005)

Figura 9: Arquitetura de sistemas de informação geográfica.

Câmara (2005) apresenta que a interface homem-máquina é o nível mais próximo do usuário, que define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário que abrange a entrada e integração de dados, consulta e análise espacial e a visualização e plotagem, o SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais. No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de banco de dados geográficos (SGBD), oferece o armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

Miranda (2005) unificou em uma única definição os conceitos apresentados por diversos autores, sendo o SIG um sistema que trata informação geográfica. Nele a realidade é representada (modelada) como uma série de elementos geográficos definidos segundo os atributos dos dados. O elemento de dado geográfico (o dado espacial) é usado para providenciar uma referência espacial para o elemento de dado atributo (o dado não espacial). Por exemplo: uma localização na superfície terrestre a partir de um par de coordenadas geográficas (x,y) é o atributo geográfico

para a referência de localização da foz de um rio ou o ponto de coleta de amostra de água em uma bacia hidrográfica.

3.5.2 - Banco de Dados Geográficos

O Banco de Dados Geográficos - BDG é formado pelo banco de dados espaciais, descrevendo a forma e a posição das características da superfície do terreno e o banco de dados de atributos, descrevendo os atributos ou qualidades destas características. Em alguns sistemas, o banco de dados e o de atributos são rigidamente distintos. Em outros, são integrados em uma entidade simples, conhecida como *coverage* (ROCHA, 2000).

Atualmente, o formato *coverage* é pouco utilizado, pois foi substituído por outros formatos de dado geográfico: o Geodatabase, quando os dados estão integrados e *Shapefile*, quando o armazenamento é distinto, ou seja, uma extensão para cada informação a ser armazenada.

3.5.2.1 - Geodatabase

O Geodatabase é um formato nativo de armazenamento de dados da plataforma ArcGIS, desenvolvido pela Esri, a partir da versão 9.2, em 2007, para facilitar o acesso e o gerenciamento dos dados geográficos. Nas versões posteriores (9.3x e 10x), houve ampliação das funcionalidades do geodatabase, dentre elas: a substituição do *Shapefile* para classe de feição de geodatabase; a possibilidade do gerenciamento mono e multiusuário; topologia de geodatabase, dentre outros, sendo um banco de dados relacional com arquitetura integrada, no qual possibilita a integração com diversos bancos de dados.

Antes da criação do geodatabase, a arquitetura de banco de dados em sistemas de informação geográfica era dual, ou seja, o requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para SIG. Para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas. (...) Um SIG implementado com a estratégia dual utiliza um SGBD relacional para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (na forma de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas destes objetos. No modelo relacional, os

dados são organizados na forma de uma tabela onde as linhas correspondem aos dados e as colunas correspondem aos atributos (CÂMARA; QUEIROZ, 2001).

Neste caso, o shapefile era maneira mais moderna até então que representava esta dualidade, em que os atributos ficaram armazenados em um arquivo de banco de dados, na extensão DBF (dBase), as representações gráficas no arquivo SHP e a extensão que faz a ligação entre o SHP e DBF, o SHX, além das outras extensões associadas, conforme **Quadro 10**.

Anos mais tarde, a arquitetura dual foi sendo substituída pela arquitetura integrada ou de campos longos, conforme explicam Câmara e Queiroz (2001), a arquitetura integrada consiste em armazenar todo o dado espacial em um SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados, tanto sua componente espacial como a parte alfanumérica. Sua principal vantagem é a utilização dos recursos de um SGBD para controle e manipulação de dados espaciais, como gerência de transações, controle de integridade e concorrência. Sendo assim, a manutenção de integridade entre a componente espacial e alfanumérica é feita pelo SGBD. Há duas alternativas para a arquitetura integrada: (a) baseada em SGBDs relacionais; (b) baseada em extensões espaciais sobre SGBDs objeto-relacionais.

Quadro 10: Extensões do formato Shapefile.

Extensão	Descrição
SHP	O principal arquivo que armazena a geometria da feição, requerido.
SHX	O arquivo de índice que armazena o índice da geometria da feição, requerido.
DBF	A tabela dBASE que armazena as informações de atributo de feições; requerido. Existe um relacionamento um-para-um entre geometria e atributos, que é baseado no número de registro. Registros de atributo no arquivo dBASE deve estar na mesma ordem em que os registros no arquivo principal.
SBN e SBX	Os arquivos que armazenam o índice espacial das características.
FBN e FBX	Os arquivos que armazenam o índice espacial das características para shapefiles que são somente leitura.
AIN e AIH	Os arquivos que armazenam o índice de atributo dos campos ativos em uma tabela ou uma tabela de atributos do tema.
ATX	Um arquivo .atx é criado para cada shapefile ou dBASE índice atributo criado em ArcCatalog. ArcView 3.x atribuir índices para shapefiles e arquivos dBASE não são utilizados pelo ArcGIS. Um novo modelo de atributo indexação foi desenvolvido para shapefiles e arquivos dBASE.
Índice IXS	Geocoding (Geocodificação) para leitura / gravação shapefiles.
Índice MXS	Geocoding (Geocodificação) para leitura / gravação shapefiles (formato ODB).
PRJ	O arquivo que armazena as informações do sistema de coordenadas; utilizado por ArcGIS, requerido.
XML	Metadados para ArcGIS-armazena informações sobre o shapefile.
CPG	Um arquivo opcional que pode ser utilizado para especificar a página de código para a identificação do conjunto de caracteres a ser utilizado.

Fonte: Esri (2015a)

Como a arquitetura integrada permite que os dados tenham mais integridade, foi diretamente aplicada na estruturação do geodatabase, desenvolvido pela Esri.

Segundo Wade e Sommer (2006), a definição de Geodatabase e de Shapefile no Dicionário Ilustrado de Sistemas de Informação Geográfica são as seguintes:

Geodatabase³ é uma coleção de conjuntos de dados geográficos para uso pelo ArcGIS. Existem vários tipos de conjuntos de dados geográficos, incluindo classes de feições (feature classes), tabelas de atributos (attribute tables), conjunto de dados raster (raster dataset), conjunto de dados de rede (network dataset), topologias (topologies) e muitos outros.

Shapefile⁴ é um formato de armazenamento de dados vetoriais para armazenar a localização, forma e atributos das características geográficas. Um shapefile é armazenado em um conjunto de arquivos relacionados e que contém uma classe de feição. (Traduções da Autora)

Para Childs (2009), se o usuário está trabalhando com grandes ou pequenos conjuntos de dados, arquivo de geodatabase otimizado para uso no ArcGIS são ideais para armazenar e gerenciar dados geoespaciais. Se o usuário está trabalhando em um projeto de usuário único ou um projeto que envolve um pequeno grupo com um ou vários editores, ele realmente deve considerar o uso de um arquivo de geodatabase (*file geodatabase*) em vez de um geodatabase pessoal (*personal geodatabase*) ou coleção de *shapefiles*. O arquivo de geodatabase oferece mais vantagens estruturais, desempenho e gerenciamento de dados do que os geodatabases pessoais e *shapefiles*.

Esri (2015b) define o geodatabase é um "container" utilizado para armazenar uma coleção de conjuntos de dados. Existem três tipos:

- **Arquivo de Geodatabase ou File Geodatabase** - possui a extensão .gdb e são armazenados em pastas em um sistema de arquivos. Cada conjunto de dados é mantido como um arquivo que pode ter o tamanho de até 1 TB (Terabyte). Recomenda-se o uso do arquivo de geodatabase ao invés do personal geodatabase;
- **Pessoal Geodatabase ou Personal Geodatabase** - todos os conjuntos de dados são armazenados em um arquivo de dados do Microsoft Access, que possui a extensão .mdb, sendo que o limite de armazenamento é de 2GB (Gigabytes);

³ "A collection of geographic datasets for use by ArcGIS. There are various types of geographic datasets, including feature classes, attribute tables, raster datasets, network datasets, topologies and many others". (WADE; SOMMER, 2006:85)

⁴ "A vector data storage format for storing the location, shape, and attributes of geographic features. A shapefile is stored in a set of related files and contains one feature class". (WADE; SOMMER 2006:191)

- **Geodatabase ArcSDE** - são armazenados em um banco de dados relacional usando o Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix, ou PostgreSQL. Este geodatabase multiusuário requer o uso de ArcSDE (ArcGIS for Server) e pode ser ilimitado em tamanho e número de usuários.

Childs (2009) apresenta nove razões para usar o geodatabase, sendo dividida em três categorias: estrutural, performance e gerenciamento de dados, conforme apresentado a seguir (**Quadro 11**):

Quadro 11: Nove razões para usar o Arquivo de Geodatabase.

Categorias	Razões
Estrutural	1. Melhorar a versatilidade e usabilidade. 2. O desempenho otimizado. 3. Pouca limitações de tamanho.
Performance	4. Fácil migração de dados. 5. Melhoria do modelo de edição. 6. Armazenar rasters no geodatabase.
Gerenciamento de Dados	7. Configuração de armazenamento personalizável. 8. Permite alterações de índices espaciais. 9. Permite o uso de compressão de dados.

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: Childs (2009)

Os dados geográficos são armazenados no Geodatabase como elementos de geodatabase, de forma mais simples os elementos são: tabela (*table*), classes de feições (*feature class*) e imagem (*raster dataset*) (ESRI, 2016).

A tabela é uma coleção de linhas, que contém os mesmos campos. As classes de feições são tabelas com o campo de geometria (*shape*), armazenadas separadamente, as geometrias de ponto, linha e polígono. Cada feição é uma linha na tabela de atributos. As classes de feições compartilham a mesma geometria, mesmos atributos, mesma referência espacial.

O raster dataset (imagens de satélite, ortofotos, dados lidar e drone) pode ser armazenado fora do geodatabase nos formatos (.tif, jpg2000, PNG, dentre outros) ou dentro do geodatabase, reunidos em mosaico (*mosaic dataset*), como catálogo raster (*raster catalog*) que é uma coleção de imagens definido em um formato de tabela, onde cada registro representa uma imagem individual no catálogo.

3.5.3 – Sensoriamento Remoto

Florenzano (2007) define que o Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da imagem refletida ou emitida pela superfície.

A aquisição desta informação pode ocorrer de distintas formas e atender a inúmeros objetivos e escalas. Quando o sensor responsável pela geração de informação destina-se à geração de imagens de recortes da superfície terrestre, estando acoplados a satélites localizados em níveis orbitais, denominamos como sensoriamento remoto a nível orbital.

Meneses (2012) complementa que o termo Sensoriamento Remoto foi criado para designar o desenvolvimento dessa nova tecnologia de instrumentos capaz de obterem imagens da superfície terrestre a distâncias remotas. Por isso, a definição mais conhecida ou clássica de sensoriamento remoto é: “Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de imagens de objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”.

Segundo Novo (2008) os sistemas sensores podem ser classificados de diferentes maneiras. Quanto à fonte de energia, os sistemas sensores podem ser classificados em sensores passivos e sensores ativos. Os sensores passivos são aqueles que detectam a radiação solar refletida ou emitida pelos objetos na superfície. Dependem, portanto, de uma fonte de radiação externa para que possam gerar informação sobre os alvos de interesse. Os sensores ativos são aqueles que produzem sua própria radiação. Os radares e lasers são exemplos de sistemas ativos, uma vez que produzem a energia radiante que irá interagir com os objetos da superfície.

As imagens produzidas pelos sensores remotos terão resoluções espectrais, espaciais, radiométrica e temporais que vão variar em função do satélite que gerou essas imagens. As resoluções podem ser definidas segundo Novo (2008) e Florenzano (2007):

- Resolução Espectral é a capacidade que um sensor possui para discriminar objetos em função da sua sensibilidade espectral. Quanto mais estreita for a faixa espectral, e maior o número de bandas (canais) em que um sensor opera, maior é a sua resolução espectral.
- Resolução Espacial é a capacidade de discriminar objetos em função do tamanho destes.
- Resolução Radiométrica descreve sua habilidade de distinguir variações no nível de energia refletida, emitida ou retro-espalhada que deixa a superfície do alvo. Esta energia apresenta diferenças de intensidade contínuas, as quais

precisam ser detectadas, registradas e reproduzidas pelo sensor. Quanto maior for a capacidade do sensor de distinguir diferenças de intensidade do sinal, maior será sua resolução radiométrica.

- Resolução Temporal é a frequência de imageamento sobre uma mesma área.

Essas informações interferem diretamente na escolha do sensor, segundo o objetivo do estudo relacionado à sua finalidade.

3.5.3.1 - Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens de sensoriamento remoto orbital, sub-orbital e terrestre consiste na aplicação de tratamentos que possibilitam a extração de informações, como o pré-processamento e a classificação das imagens com base nos algoritmos.

Novo (2008) define que o pré-processamento refere-se ao tratamento preliminar dos dados brutos, com a finalidade de calibrar a radiometria da imagem, atenuar os efeitos da atmosfera (correção atmosférica), remover ruídos, corrigir suas distorções geométricas, por meio do georreferenciamento e reamostragem. As técnicas de pré-processamento que alteram muito os dados originais devem ser evitadas antes da aplicação de realce e da classificação automática.

Segundo Jensen (2009) a correção atmosférica consiste em remover ou minimizar as interferências das matérias existentes na atmosfera (vapor d'água, poeira, fumaça e gases), que podem absorver o fluxo de energia e refletir para o sensor, uma resposta que não seja do alvo na superfície terrestre. Essas interferências adicionam e subtraem energia ao que deveria ser registrado pelo sensor orbital

Antunes et al. (2012) e Vermote et al. (1997) definem que a abordagem fundamentada na transferência radiativa através da atmosfera considera as características atmosféricas no momento de obtenção da imagem para o cálculo dos fluxos necessários para a obtenção da reflectância bidirecional da superfície. Existem softwares que realizam a correção atmosférica tais como o 6S, ArcGIS for Desktop e QGIS.

O modelo 6S (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*) foi desenvolvido por Vermote et al. (1997) e inicialmente implementado para a simulação da radiância que chega nos sensores em bandas dentro do espectro

solar, entre 0,25 μm a 4,00 μm , podendo assim ser utilizado para estabelecer as características de sensores.

A partir de uma reflectância do alvo e da irradiância direta e difusa que chegam à superfície obtém-se a radiância que sai do alvo na direção do sensor. Através da transferência radiativa é obtida a radiância que chega ao sensor e assim pode-se também obter a reflectância aparente com base na irradiância que chega ao topo da atmosfera. O modelo 6S em sua implementação original permite também simular a reflectância da superfície para diferentes alvos e, a partir deste valor, obter a reflectância aparente e a radiância que chega ao nível do sensor. (ANTUNES et al., 2012; RUBIM et al., 2015; SOARES et al., 2015).

Tanto no ArcGIS for Desktop quanto no QGIS, a correção atmosférica pode ser realizada utilizando a Raster Calculator (Calculadora Raster) ou outras ferramentas desenvolvidas por usuários, conforme descreve Firl et al. (2011).

Após o pré-processamento realiza-se a segmentação e a classificação. Segundo Florenzano (2007) a segmentação de imagens é um procedimento computacional aplicado antes de um algoritmo de classificação automática. A segmentação permite dividir a imagem em regiões espectralmente homogêneas. Nelas podem ser definidas amostras (áreas de treinamento) para aplicação de um algoritmo de classificação supervisionada. Na aplicação da segmentação devem ser definidos dois limiares:

- Limiar de similaridade – limiares abaixo do qual, duas regiões são consideradas similares e agrupadas em uma única região;
- Limiar de área – valor de área mínimo, representado em número de pixels, para que uma região seja individualizada.

Câmara et al. (1996) definem que a segmentação de imagens consiste em um processo de análise de pixels de forma isolada. Esta abordagem apresenta a limitação da análise pontual ser baseada unicamente em atributos espectrais. Para superar estas limitações, propõe-se o uso de segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, onde são extraídos os objetos relevantes para a aplicação desejada. Neste processo, a imagem é dividida em regiões homogêneas, que poderá utilizar os processos de crescimento de regiões e detecção de bordas ou de bacias.

Ainda segundo Câmara et al. (1996), o crescimento de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente, podem ser agrupadas. Este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.

Na detecção de bacias ou bordas é feita sobre uma imagem resultante da extração de bordas. É realizada por um algoritmo de detecção de bordas, ou seja, pelo filtro de Sobel. Este algoritmo considera os gradientes de nível de cinza da imagem original, para gerar uma imagem gradiente ou imagem de intensidade de borda. O algoritmo calcula um limiar para a perseguição de bordas. Quando ele encontra um "pixel" com valor superior ao limiar estabelecido, tem início o processo de perseguição da borda. Observa-se a vizinhança para identificar o próximo "pixel" de maior valor de nível digital e segue-se nesta direção, até que se encontre outra borda ou a fronteira da imagem.

Deste processo gera-se uma imagem binária com os valores de 1 referentes às bordas e 0, para as regiões de não-bordas. A imagem binária será rotulada de modo que as porções da imagem com valores 0 constituam regiões limitadas pelos valores 1 da imagem, formando a imagem rotulada (CÂMARA et al., 1996).

Para Florenzano (2007) as técnicas de classificação de imagens digitais visam ao reconhecimento automático dos objetos, em função de determinado critério de decisão agrupando em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais.

Segundo Novo (2008) as técnicas de classificação visam atribuir a cada pixel um rótulo em função de suas propriedades espectrais e/ou espaciais. A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada "pixel" tem coordenadas espaciais x , y e uma espectral L , que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais, ou seja, para uma imagem de K bandas, existem K níveis de cinza associados a cada "pixel" sendo um para cada banda espectral. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo atributos espectrais.

Os classificadores podem ser divididos em "pixel a pixel" e por regiões, sendo descritos, de acordo com Mendes (1987):

a) **Classificadores "pixel a pixel"**: Utilizam apenas a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. Estes classificadores podem ser separados em métodos estatísticos (utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (não utilizam probabilidade).

b) **Classificadores por regiões**: Utilizam, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos. Procuram simular o comportamento de um foto-intérprete, reconhecendo áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar regiões e as propriedades espaciais e espectrais irão unir áreas com mesma textura.

Com o advento de imagens de alta resolução, a partir dos anos 1990, surgiram novas técnicas de reconhecimento de padrões não espectrais associado aos padrões espectrais apontados acima. Dentre as novas técnicas, destacam-se o GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*) (SANTOS, 2013; SOUSA et al.; 2015; LOURENÇO et al., 2013) e as Redes Neurais (AFFONSO et al., 2011; SILVA JÚNIOR et al., 2015).

O resultado da classificação digital é apresentado por meio de classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), uma vez que um alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral. É constituído por um mapa de "pixels" classificados, representados por símbolos gráficos ou cores, ou seja, o processo de classificação digital transforma um grande número de níveis de cinza em cada banda espectral em um pequeno número de classes em uma única imagem (INPE, 2015).

Ainda segundo INPE (2015) as técnicas de classificação aplicadas em vários canais espectrais dependem da distribuição de níveis de cinza em vários canais espectrais as técnicas são definidas como de classificação multiespectral. O primeiro passo em um processo de classificação multiespectral é o treinamento. Treinamento é o reconhecimento da assinatura espectral das classes. Existem basicamente duas formas de treinamento: supervisionado e não supervisionado.

Quando existem regiões da imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o treinamento é dito supervisionado. Neste o usuário deve identificar na imagem uma área representativa de cada classe. É importante que a área de treinamento seja uma amostra homogênea da classe respectiva, mas ao mesmo tempo deve-se incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza. Recomenda-se que o usuário adquira mais de uma área de treinamento, utilizando o maior número de informações disponíveis, como trabalhos de campo, mapas, etc, (INPE, 2015).

Para a obtenção de classes estatisticamente confiáveis, são necessários de 10 a 100 "pixels" de treinamento por classe. O número de "pixels" de treinamento necessário para a precisão do reconhecimento de uma classe aumenta com o aumento da variabilidade entre as classes (INPE, 2015).

O processo de segmentação refere-se à separação automatizada da imagem em áreas que englobem "pixels" semelhantes nas direções X e Y do plano cartesiano. Essa etapa é essencial para a realização de uma classificação por região, utilizado nesse trabalho.

Uma das principais dificuldades encontradas para a realização da segmentação por crescimento de regiões é a falta de informações para definição dos parâmetros que envolvem este processo: similaridade e área (GONZALEZ; WOODS, 2000). Segundo a definição do INPE (2015):

A medida de similaridade está baseada na distância euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região. Assim duas regiões são consideradas distintas se a distância entre suas médias for superior ao limite de similaridade escolhido. Da mesma forma, as regiões com área menor que o mínimo escolhido são absorvidas pelas regiões adjacentes mais similares a estas.

O funcionamento computacional da segmentação por regiões começa com a atribuição automática do tamanho de um pixel para cada região. Em seguida, essas regiões iniciais "crescem" através da aglutinação das regiões adjacentes que possuam diferenças de tons de cinza menores que o limite definido para o parâmetro similaridade. Essa etapa é baseada na menor distância Euclidiana entre as médias dos tons de cinza das regiões envolvidas no processo (ARANTES et al., 2006).

Após a fragmentação inicial, as regiões que possuem o número de pixels menor ou igual ao valor definido para o parâmetro área, são agregadas às regiões

adjacentes cujas características sejam mais próximas, independente da similaridade definida inicialmente (GULIATO, 1998). Fica clara, nesse momento, a importância que a correta definição desses parâmetros possui no quesito qualidade da classificação final. As imagens Landsat 5 e Landsat 8 possuem resoluções radiométricas de 8 bits (2^8) e 16 bits (2^{16}), respectivamente.

Os níveis de cinza nas imagens de 8 e 16 bits variam entre 0 (zero) e 255 níveis de cinza (Landsat 5) e entre 0 (zero) e 65.536 (Landsat 8). Segundo Cruz e Ribeiro (2008), o intervalo de similaridade vai variar em função da resolução radiométrica da imagem. Em uma imagem Landsat 8, o limite máximo de aceitação é 65.536, onde qualquer dupla de pixels, por mais distintos que possam ser, serão agrupados, gerando um polígono único, independente do valor definido para o parâmetro área.

Este, por sua vez, pode variar de 1 até o número total de pixels da imagem, sendo esse valor utilizado para definir o tamanho da área do menor segmento individualizado pelo processo, ou seja, toda região que contenha o número de pixels igual ou menor que o estipulado no parâmetro área será obrigatoriamente agrupada à uma outra região adjacente mais semelhante.

O classificador Bhattacharya é um classificador por regiões. A medida de Bhattacharya é usada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Segundo Moreira (2007), o Bhattacharya utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes. A classe que apresentar a menor distância será atribuída à região avaliada. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens.

O processo seguinte é o mapeamento temático, no qual a imagem classificada será convertida em temático. Cada classe temática definida, na etapa de seleção das amostras, fará parte da legenda. O processo de interpretação visual da imagem ainda é utilizado, mesmo que conjuntamente com o processo automático, baseando-se na experiência do intérprete que adotará a percepção visual (NOVO, 2008).

Na fase final do processo de classificação realiza-se a avaliação da exatidão da classificação, ou seja, é necessário se determinar o quão bom é o resultado da

classificação em relação à realidade. Um dos problemas enfrentados na avaliação da exatidão é a disponibilidade de informações em campo. O ideal seria que todas as informações de campo fossem obtidas junto com a aquisição da imagem, sabe-se que na prática, nem sempre isso é possível como aponta Novo (2008), devido custos elevados e muitas vezes por dificuldades de acesso.

Em alguns casos, para minimizar os custos operacionais de campo, há a prática de se utilizar outros recursos de substituição de campo, tais como Google Earth (Google) e ArcGIS Online (Esri) para realizar a validação de pontos aleatórios que servirão de base para uso na avaliação da exatidão da classificação (ALVES et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2016; SUTTON et al., 2007).

Suarez e Candeias (2012) corroboram com Novo (2008) e Congalton e Green, (2009), ao definirem que uma das técnicas mais utilizadas na realização de avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto é o emprego da matriz de erro, também conhecida como matriz de confusão.

A matriz de confusão pode ser usada como ponto de partida para uma série de técnicas estatísticas descritivas e analíticas. Ela é uma matriz quadrada de números definidos em linhas (valores previstos ou classes temáticas) e colunas (valores reais ou verdade terrestre) que expressam o número de unidades da amostra (pixels, grupos de pixels ou polígonos) atribuído a uma categoria particular relativo à categoria atual, conforme foi verificado em campo. Geralmente, as colunas representam os dados de referência, enquanto as linhas representam a classificação gerada a partir dos dados de sensoriamento remoto, **Quadro 12**.

Quadro 12: Exemplo de matriz de confusão.

Classes Temáticas	Verdade Terrestre				
	Área Urbana	Fazenda	Floresta	Água	Total
Área Urbana	93	3	2	2	100
Fazenda	10	83	4	3	100
Floresta	2	3	90	5	100
Água	1	0	0	99	100
Total	106	89	96	109	400

Fonte: Adaptado de Congalton e Green (2009)

No **Quadro 13**, a exemplo do cálculo da Exatidão Global (*Equação 1*), que é o somatório da diagonal da matriz dividido pelo somatório do total de pontos, conforme descrito a seguir:

$$Exatidão\ Global = \frac{(93+83+90+99)}{400} \times 100 = 91\% \quad (Equação\ 1).$$

A exatidão da classificação temática pode ser avaliada através de alguns métodos estatísticos, tais como: a Exatidão Global, os Erros de Comissão e de Omissão e o Índice Kappa.

Os Erros de Comissão podem ser observados ao longo da linha da matriz, quando o usuário atribui uma classe temática que não corresponde à realidade terrestre. Ele é calculado dividindo-se o somatório dos elementos da linha da matriz, com exceção do valor da diagonal principal, pelo somatório dos elementos da linha da matriz. Os Erros de Omissão são observados ao longo da coluna da matriz, quando as classes temáticas definidas na verdade terrestre recebe do usuário uma classificação errônea. Ele é calculado dividindo-se o somatório dos elementos da coluna da matriz, com exceção do valor da diagonal principal, pelo somatório dos elementos da coluna da matriz, conforme demonstrado a seguir (CONGALTON; GREEN, 2009), **Quadro 13**:

O Erro de Comissão é expresso em percentuais e é calculado a partir da seguinte *Equação 2*:

$$\text{Erro de Comissão} = 100 - \left(\frac{\text{Valor da Linha}}{\text{Valor Total da Linha}} \right), \text{ (Equação 2)}$$

O Erro de Omissão é expresso em percentuais e é calculado a partir da seguinte *Equação 3*:

$$\text{Erro de Omissão} = 100 - \left(\frac{\text{Valor da Coluna}}{\text{Valor Total da Coluna}} \right), \text{ (Equação 3)}$$

Quadro 13: Exemplo de Erros de Comissão e Omissão

Classe Temática	Erro de Comissão	Classe Temática	Erro de Omissão
Área Urbana	93/100 = 93%	Área Urbana	93/106 = 88%
Fazenda	83/100 = 83%	Fazenda	83/89 = 93%
Floresta	90/100 = 90%	Floresta	90/96 = 94%
Água	99/100 = 99%	Água	99/109 = 91%

Fonte: Adaptado de Congalton e Green (2009)

Os Erros de Comissão e de Omissão também foram calculados a partir do **Quadros 28** e **29**, sendo exibidos nos mesmos. O cálculo do Índice Kappa inclui as proporções de concordâncias esperadas e observadas, sendo necessário considerar a estrutura literal da matriz de confusão, apresentada no **Quadro 14**:

Quadro 14: Estrutura Literal da Matriz de Confusão.

Valores Observados	Valores Esperados		
	Positivo	Negativo	Total
Positivo	a	b	a + b
Negativo	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	a + b + c + d

Fonte: Adaptado de IPTSP (SÃO PAULO, 2015).

Segundo IPTSP (SÃO PAULO, 2015) calcula-se também a proporção de concordâncias esperadas (P_e) e concordâncias observadas (P_o). A proporção de concordâncias esperadas (P_e) é calculada pela seguinte fórmula (*Equação 4*):

$$P_e = \frac{[(a+b)(a+c)] + [(c+d)(b+d)]}{(a+b+c+d)^2} \quad (\text{Equação 4}).$$

A proporção de concordâncias observadas (P_o) é calculada pela seguinte fórmula (*Equação 5*):

$$P_o = \frac{a+d}{a+b+c+d}, \quad (\text{Equação 5}).$$

O Índice Kappa é calculado a partir da proporção de concordâncias esperadas (P_e) e concordâncias observadas (P_o). Este índice é um indicador de concordância ajustada que expressará o grau de confiabilidade das amostras. O Índice Kappa (K) é calculado pela seguinte fórmula (*Equação 6*) (CONGALTON; GREEN, 2009; SÃO PAULO, 2015;):

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}, \quad (\text{Equação 6}).$$

O Índice Kappa define o nível de confiabilidade das amostras, que é proporcional ao grau de concordância apresentado na **Tabela 11**, a seguir (CONGALTON; GREEN, 2009; SÃO PAULO, 2015; LANDIS; KOCH, 1977):

Tabela 11: Índice Kappa segundo concordância.

Índice Kappa	Concordância
$K < 0,00$	Nula
$0,00 < K < 0,20$	Sofrível
$0,21 < K < 0,40$	Fraca
$0,41 < K < 0,60$	Regular
$0,61 < K < 0,80$	Boa
$0,81 < K < 0,99$	Ótima
$K = 1,00$	Perfeita

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

3.5.3.2 - Série Landsat

A série de satélites Landsat - *Land Remote Sensing Satellite* - foi um projeto desenvolvido pela NASA – *National Aeronautics and Space Administration*, com o objetivo de obter a aquisição de imagens de sensoriamento remoto orbital da superfície terrestre, em períodos regulares (resolução temporal) e em diversas faixas espectrais (resolução radiométrica), de maneira global, sinóptica e repetitiva (ROSA, 2005).

Os lançamentos dos satélites Landsat tiveram a seguinte cronologia: em 1972 com o ERTS-A (*Earth Resources Technology Satellite*), renomeado para Landsat 1; em 1975, o ERTS-B, renomeado para Landsat 2; em 1978, o Landsat 3, também chamado de Landsat – C; em 1982, o Landsat 4, conhecido por Landsat – D; em 1984, o Landsat 5, que excedeu em 3 anos a sua vida útil, funcionando por 27 anos, sendo descontinuado em 2013 (**Quadro 15**); em 1993, o Landsat 6 não entrou em órbita, pois houveram problemas em seu lançamento; em 1999, o Landsat 7, introduziu a primeira banda Pancromática em um Landsat; em 2013, o Landsat 8 foi lançado com melhoria de sensores e tecnologia (**Quadro 16**) e em 2023, está previsto o lançamento do Landsat 9 (USGS, 2015b). Em ambos os satélites, a resolução temporal é de 16 dias. O tamanho aproximado das cenas dos satélites Landsat 5 e 8 é 185 km sentido Norte-Sul por 185 km sentido Leste-Oeste (USGS, 2015a).

Quadro 15: Características do Satélite Landsat 5.

Sensor	Região Espectral		Faixa Espectral (μm^5)	Resolução Espacial (Metros)
	Banda	Região		
Thematic Mapper (TM)	1	Visível Azul	0,45 - 0,52	30
	2	Visível Verde	0,52 - 0,60	
	3	Visível Vermelho	0,63 - 0,69	
	4	Infravermelho próximo	0,76 - 0,90	
	5	Infravermelho próximo	1,55 - 1,75	
	6	Termal	10,40 - 12,50	120
	7	Infravermelho médio	2,08 - 2,35	30
Multispectral Scanner (MSS)	4	Visível Verde	0,5 - 0,6	80
	5	Visível Vermelho	0,6 - 0,7	
	6	Infravermelho próximo	0,7 - 0,8	
	7	Infravermelho próximo	0,8 - 1,1	

Fonte: USGS (2015a) e NASA (2015b)⁵.

⁵ Micrômetro (μm) é definido como a milésima unidade do metro (1×10^{-6}), ou seja, 0,000001m.

As imagens de satélite são fundamentais no processo de interpretação de imagens, o INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais - através da Divisão de Geração de Imagem - DGI, contribuiu com a interpretação de imagens de satélite para a confecção de mapeamento temático, disponibilizou um quadro com algumas aplicações segundo a faixa espectral do sensor TM do Landsat 5 (**Quadro 17**) e o Serviço Geológico Americano, o fez para o Landsat 8 (**Quadro 18**), recomendando algumas combinações das bandas dos sensores (**Quadros 19 e 20**)

Quadro 16: Características do Satélite Landsat 8.

Sensor	Região Espectral		Faixa Espectral (µm)	Resolução Espacial (Metros)
	Banda	Região		
Operational Land Imager (OLI)	1	Visível Costeiro/ Aerossol	0,435 - 0,451	30
	2	Visível Azul	0,452 - 0,512	
	3	Visível Verde	0,533 - 0,590	
	4	Visível Vermelho	0,636 - 0,673	
	5	Infravermelho próximo	0,851 - 0,879	
	6	Infravermelho de ondas curtas	1,566 - 1,651	
	7	Infravermelho de ondas curtas	2,107 - 2,294	
	8	Pancromático	0,503 - 0,676	15
	9	Cirrus	1,363 - 1,384	30
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	10	TIRS 1	10,60 - 11,19	100
	11	TIRS 2	11,50 - 12,51	

Fonte: USGS (2015a) e NASA (2015a).

Quadro 17: Características e aplicações das bandas TM do satélite Landsat 5.

Banda	Principais características e aplicações
1	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenoides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex. solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex. campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.

⁶ Dados sobre os satélites Landsat 5 e 8 disponíveis em http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php e http://ldcm.nasa.gov/spacecraft_instruments.html, respectivamente.

Continuação Quadro 17.

Banda	Principais características e aplicações
4	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex. aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE (2015).

Quadro 18: Landsat 8 - *Operational Land Imager (OLI)* e *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*.

Banda	Usos para Mapeamento
1	Estudos de costeiras e aerossol.
2	Mapeamento batimétrico, distinguindo solos de vegetação e vegetação decídua de coníferas.
3	Enfatiza a vegetação de pico, o que é útil para avaliar o vigor da planta.
4	Discrimina vegetação de encostas.
5	Enfatiza teor de biomassa e linhas costeiras.
6	Discrimina o conteúdo de umidade do solo e da vegetação; penetra nas nuvens finas.
7	Melhorou o conteúdo de umidade do solo e da vegetação e penetração nuvem finas.
8	Resolução 15 metros, definição de imagem mais nítida.
9	Melhorou a detecção de contaminação nuvem cirrus.
10	Resolução de 100 metros, mapeamento térmico e estimado a umidade do solo
11	Resolução de 100 metros, mapeamento térmico e estimado a umidade do solo

Fonte: USGS (2015a).

Quadro 19: Combinações das bandas TM do satélite Landsat 5.

Bandas	Uso / Ênfase
1, 2 e 3	Imagens em "cor natural", com boa penetração na água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.
2, 3 e 4	Define melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas pouco profundas, e mostrando as diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho.
3, 4 e 5	Mostra mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.
2, 4 e 7	Mostra a vegetação em tons verdes e permite discriminar a umidade tanto na vegetação como no solo.

Fonte: Adaptado de INPE (2015).

Quadro 20: Combinações das bandas do satélite Landsat 8.

Bandas	Uso / Ênfase
4, 3 e 2	Cor Natural.
7, 6 e 4	Falsa cor nas áreas urbanas.
5, 4 e 3	Infravermelho colorido para vegetação.
6, 5 e 2	Agricultura.
7, 6 e 5	Penetração atmosférica.
5, 6 e 2	Saúde da vegetação.
5, 6 e 4	Solo / Água.
7, 5 e 3	Cor natural com remoção da atmosfera.
7, 5 e 4	Infravermelho de ondas curtas.
6, 5 e 4	Análise da vegetação.

Fonte: Adaptado de Esri (2016).

3.6 – Planejamento e Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas

Segundo Gomes (1995), no século XVIII as bacias hidrográficas eram consideradas demarcadores naturais de região. E por serem demarcadores de região, nas duas legislações federais - Código de Águas e PNRH - que serão utilizadas de base neste estudo, estabelecem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

A bacia hidrográfica embora constitua um sistema natural com base referência à água, não se torna um único sistema ambiental, pois:

A bacia hidrográfica passa a ser frequentemente utilizada como referencial geográfico para adoção de práticas de planejamento e aproveitamento de recursos naturais. Dada a grande importância da água como via de circulação para transporte, geração de energia elétrica, fonte de abastecimento urbano e industrial e caminho para diluição de efluentes domésticos e industriais, a bacia hidrográfica tem se transformado em uma unidade básica para planejamento e gestão ambiental (ROSS; DEL PRETTE, 1998)

Para Barrera Lobatón (2009), o estudo das bacias hidrográficas e a execução de várias práticas de gestão dependem em grande parte de como se interpreta e compreende o espaço da bacia. (...) Houve as seguintes alterações para o atual conceito de práticas de bacias hidrográficas e de gestão: Mudança desde a concepção bacia hidrográfica como espaço cartesiano, para o estudo de um espaço construído socialmente, e incorporado em uma paisagem física, esculpida culturalmente. Assim, embora as estratégias de gestão proposto um divisor de águas em um espaço fisicamente limitado (aquelas definidas por bacias hidrográficas), qualquer análise deve responder à dinâmica da população e, portanto, implica um estudo multiescalar e multitemporal.

A Política Nacional de Meio Ambiente que foi instituída pela Lei Federal nº 6.938 de 1981, dentre os seus objetivos apresentados no Artigo 4º, Inciso II: “À definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios” (BRASIL, 1981).

A definição de áreas prioritárias é uma das ações que fazem parte do planejamento e gestão ambiental da paisagem.

Ross e Del Prette (1998) apontam que tanto a criação do código de águas e o código florestal são base para compor a base legal para gerenciar os usos múltiplos das águas de superfícies, estabelecendo restrições à exploração de espécies vegetais, principalmente madeiras, definindo critérios para os desmatamentos. Na década de 1990, a gestão das águas deixa de ser apenas setorizada na produção de energia e incorporada sob o ponto de vista dos seus usos múltiplos no contexto mais amplo de gestão ambiental.

Segundo Rodriguez e Silva (2013) o planejamento e a gestão como instrumentos técnicos e administrativos, vêm sendo consolidados e articulados nos últimos anos. O planejamento ambiental é um ponto de partida para a tomada de decisões relativas à forma e intensidade em que deve usar um território e cada uma de suas partes incluindo os assentamentos humanos e as organizações sociais e produtivas.

Ainda os autores explicam que a gestão ambiental e territorial requer a combinação da espontaneidade com a imposição associada a auto-organização com a hetero-organização para desenvolver um tipo mais flexível de planejamento. Assim o tratamento multidimensional aberto e adaptativo é o fundamento para levar em conta a complexidade, a incerteza e os efeitos de retroalimentação que são características de sistemas ambientais (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Ainda segundo os autores para se desenvolver um processo de planejamento e gestão ambiental a partir de uma visão sistêmica é essencial compreender e valorizar as propriedades fundamentais dos sistemas ambientais naturais, que constituem assim, o ponto de partida de todo o processo (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Nascimento (2007) define que o principal problema enfrentado pelos administradores públicos é realizar a gestão sustentável dos recursos hídricos,

tentando minimizar os conflitos existentes entre os atores que atuam na bacia hidrográfica. Apesar do modelo de gestão dos recursos hídricos terem como base o modelo francês (MAGRINI; SANTOS, 2001), em que há uma descentralização das decisões e planejamento sobre o uso dos recursos, ainda falta harmonizar a gestão com outros instrumentos legais para facilitar o planejamento.

4 - METODOLOGIA

4.1 - Procedimentos Metodológicos

Nesta pesquisa geográfica os objetivos são executados através do uso de geotecnologias, com a estruturação de um banco de dados geográficos (geodatabase) e mapeamento cartográfico, visando à definição do enquadramento dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Cabaçal localizada na região Sudoeste do estado de Mato Grosso.

As atividades e os resultados previstos de serem alcançados estão apresentados no fluxograma (**Figura 10**):



Figura 10: Etapas Gerais do Processo de Pesquisa.

As etapas de pré-processamento consistem em levantamento bibliográfico, dos dados cartográficos e de imagens de sensoriamento remoto orbital e a geração dos dados temáticos que foram usados nas etapas do processamento dos dados detalhadas a seguir.

Na **Etapa 1** o levantamento bibliográfico proporcionou o embasamento teórico para aplicação dos conceitos que são utilizados nesta pesquisa.

A **Etapa 2** abrangeu o levantamento e obtenção dos dados cartográficos e de imagens de satélite junto aos órgãos oficiais, tais como: Serviço Geológico Americano para as imagens de satélite, IBGE, Secretaria de Estado de Planejamento do Estado de Mato Grosso - SEPLAN - MT, Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso - SEMA - MT, Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro - DSG, entre outros.

A **Etapa 3** consiste na geração dos dados e na organização dos dados coletados, demandando a conversão de formatos de arquivos (de Shapefile para classe de feição de arquivo de geodatabase) e padronização da referência espacial definida para o projeto: Sistema Geodésico SIRGAS 2000 Projeção UTM Zona 21 Sul. Os cálculos de área e comprimento foram realizados com base na referida projeção cartográfica.

Os dados foram processados na escala 1:100.000, pois não há nas fontes cartográficas brasileiras oficiais (IBGE e DSG) mapeamento realizado em escalas maiores, que recobrem a área de estudo. Alguns dados obtidos estavam em escala maior, a exemplo da disponibilidade hídrica, disponibilizada pela ANA, na escala 1:1.000.000.

Ainda no pré-processamento, fez-se o uso de SIG em todas as etapas deste projeto e processos, devido grande volume de dados que foram tratados, com o uso do software ArcGIS for Desktop Advanced⁷ Versão 10.4.1 da Esri (2016) ou superior e a extensão do software para Análise Espacial (*Spatial Analyst*).

Ainda nesta Etapa gerou-se o mapa de declividade, que foi apresentado na caracterização da área de estudo (**Tabela 7** e **Figura 5**). O mapa foi produzido, a partir do SRTM, baixado do site <http://earthexplorer.usgs.gov> (Serviço Geológico Americano), convertido para a referência espacial do projeto. As classes apresentadas na declividade foram definidas, segundo IBGE (2007): Plano, Suave-Ondulado, Ondulado, Forte-Ondulado, Montanhoso e Escarpado.

A **Etapa 4** refere-se à análise da mudança bitemporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, na escala 1:100.000, considerando os

⁷ ArcGIS for Desktop é a nova nomenclatura utilizada pela ESRI, fabricante do software ArcGIS, a partir da versão 10.1, lançada no final de 2012.

anos de 1984 e 2013. O fluxo de trabalho para efetuar esta etapa está apresentado na **Figura 11**.

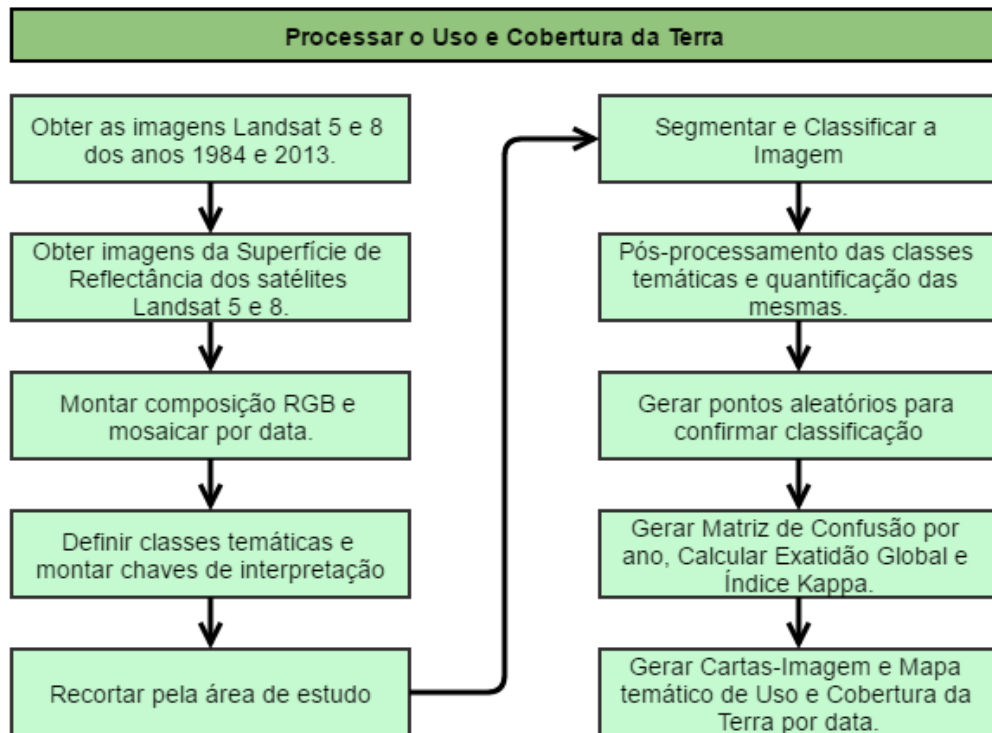


Figura 11: Fluxo metodológico de trabalho da etapa 4.

As imagens Landsat 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) e Landsat 8 sensor OLI (*Operational Land Imager*) foram obtidas no Serviço Geológico Americano através do site <http://earthexplorer.usgs.gov>, onde realizou-se a busca das imagens brutas e da reflectância da superfície (com correção atmosférica) que cobriam a área de estudo, as datas das imagens foram escolhidas respeitando o período seco, nas órbitas/ponto correspondentes nas datas de 1984 e 2013, segundo **Quadro 21**. O período seco é de maio a setembro e o período úmido é de novembro a abril, segundo EMBRAPA (2016).

Todas as imagens adquiridas no Serviço Geológico Americano encontravam-se georreferenciadas, na extensão .tif, sendo apenas necessário projetá-las para o Hemisfério Sul e na referência do projeto, pois originalmente, a referência espacial das imagens eram WGS 1984 UTM Zona 21 Norte. Esta atividade foi realizada no ArcGIS, através da ferramenta *Project Raster* (Projetar Raster).

Quadro 21: Imagens brutas e de reflectância da superfície usadas para a classificação do uso e cobertura da terra.

	Satélite	Sensor	Órbita	Ponto	Data da Imagem	Data de Aquisição
Imagens Brutas	Landsat 5	TM	227	070	08/08/1984	20/07/2015
				071		
			228	070	15/08/1984	
	071	31/08/1984				
	Landsat 8	OLI	227	070	04/05/2013	
				071		
228			070	14/07/2013		
	071					
Imagens de Reflectância da Superfície	Landsat 5	TM	227	070	08/08/1984	22/08/2016
				071		
			228	070	15/08/1984	
	071	31/08/1984				
	Landsat 8	OLI	227	070	04/05/2013	
				071		
228			070	14/07/2013		
	071					

Elaborado por: autora, 2016.

Para a produção da carta-imagem dos anos de 1984 e 2013, executou-se a ferramenta *Composite Bands* (composição de bandas) para unir 3 bandas dos sensores, gerando a composição colorida e em seguida as imagens coloridas foram reunidas no mosaico, através da ferramenta *Mosaic to New Raster* (Mosaico para Novo Raster).

Para criar a carta-imagem usou-se a ferramenta *Extract by Mask* (Extrair por Máscara) para ambas as datas (**Figuras 12 e 13**), para então definir as classes temáticas (**Quadro 22**) e os padrões da chave de interpretação (**Quadro 23**) por data.

Quadro 22: Classes Temáticas por data.

Anos 1984 e 2013		
Classe Temática	Cor	R, G, B
Água		153, 194, 230
Área Urbana		255, 168, 192
Cana-de-açúcar		255, 255, 0
Pastagem		205, 137, 0
Vegetação		115, 168, 0

Elaborado por: autora, 2016. Adaptado de IBGE (2013).

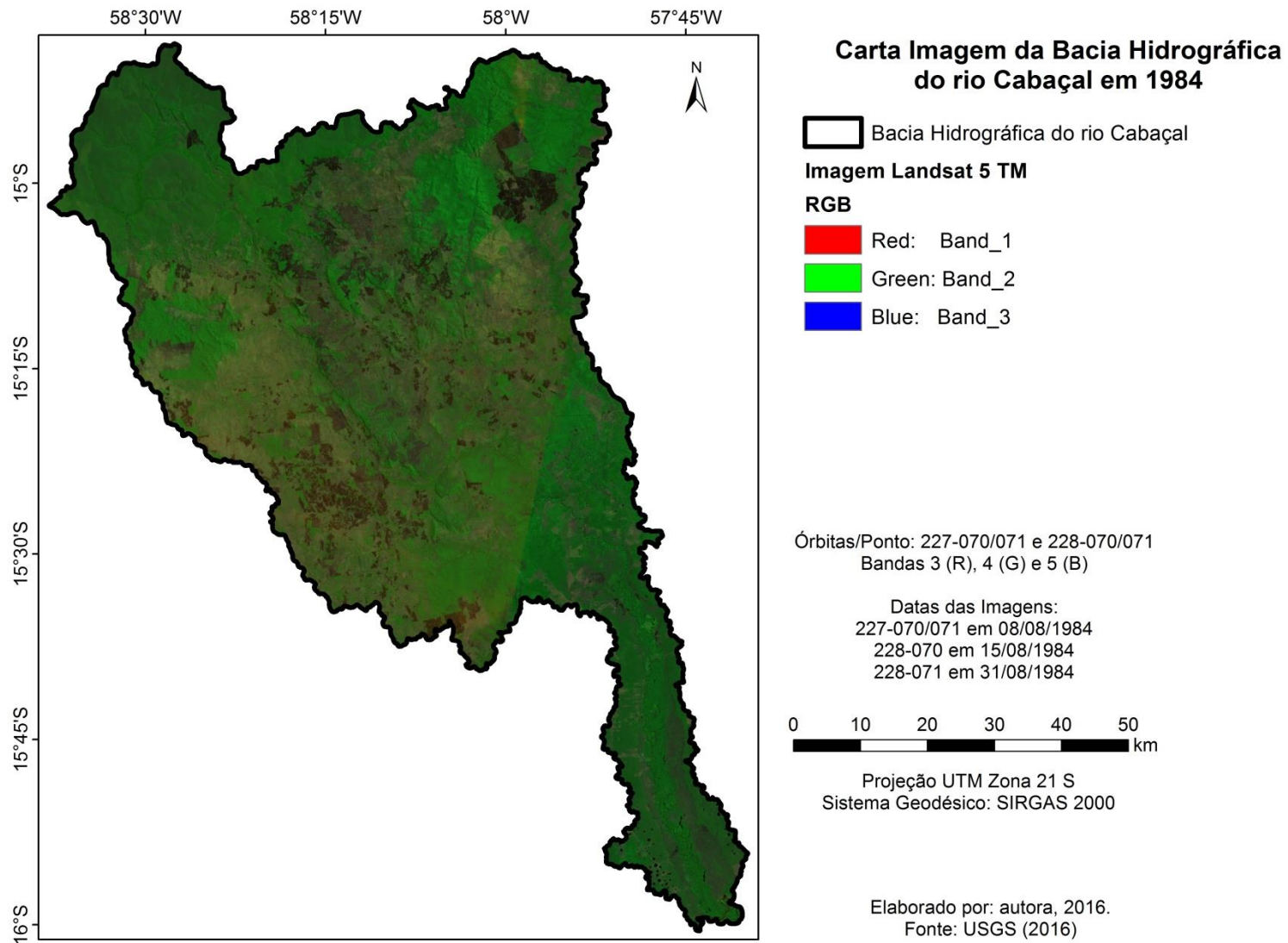


Figura 12: Carta-Imagem da BHRC dos anos de 1984 e 2013.

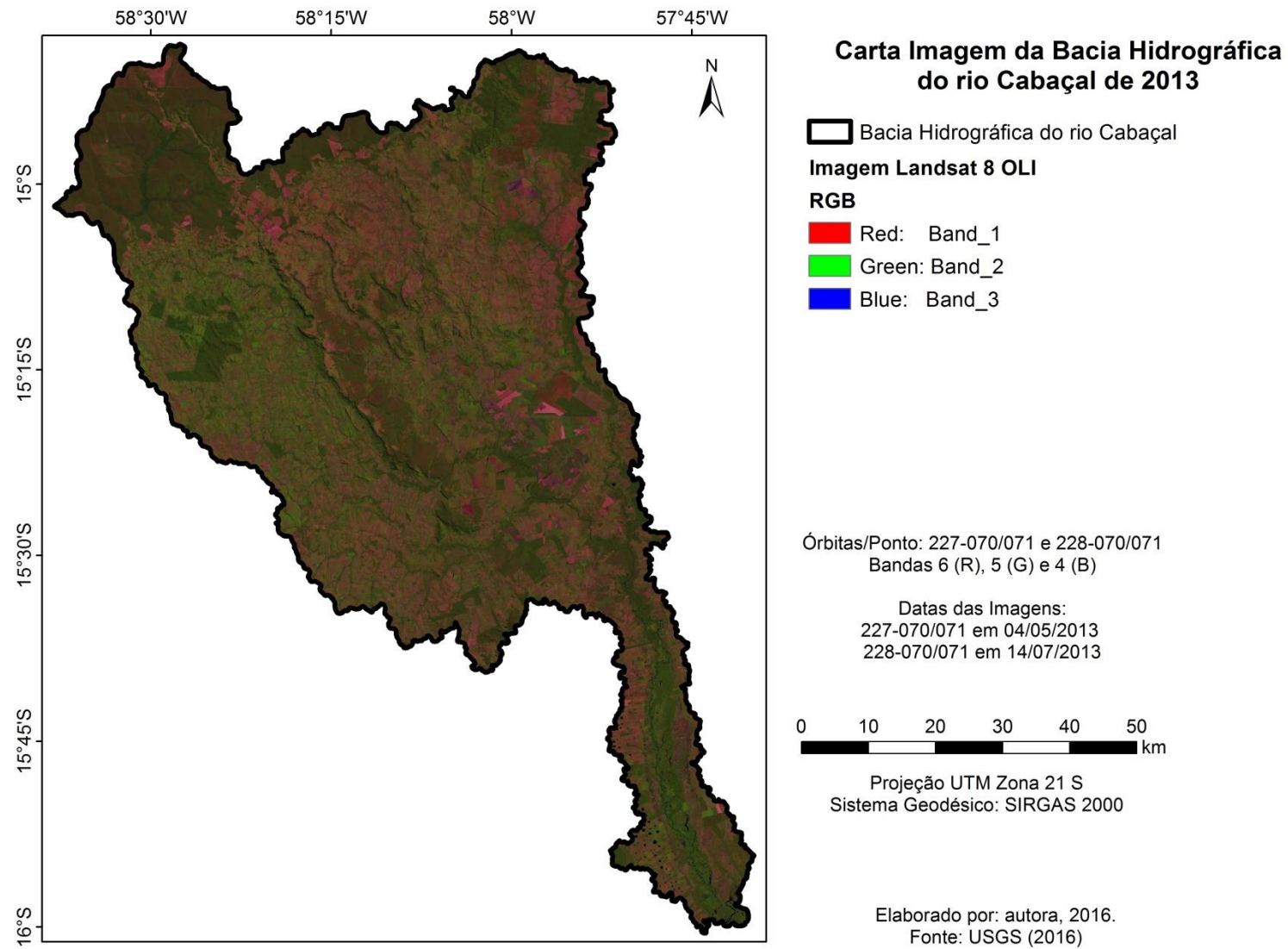







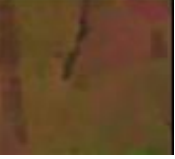




Figura 13: Carta-Imagem da BHRC do ano de 2013.

Quadro 23: Chave de Interpretação por data.

Ano 1984		Ano 2013	
Classe Temática	Chave	Classe Temática	Chave
Água		Água	
Área Urbana		Área Urbana	
Cana-de-açúcar		Cana-de-açúcar	
Pastagem		Pastagem	
Vegetação		Vegetação	

Elaborado por: autora, 2016.

As classes temáticas foram assim definidas para ambas as datas:

- A Classe Água é o conjunto de todos os corpos hídricos encontrados na bacia, tais como rios, lagos e lagoas;
- A Classe Área Urbana é definida pelas áreas urbanas de pequena densidade de urbanização, dos municípios de Lambari d'Oeste, Reserva do Cabaçal, Rio Branco e Salto do Céu;
- A Classe Cana-de-açúcar consiste nas áreas dos talhões do cultivo e as áreas queimadas, que apresentam uma cor mais escura, conforme apresentado na chave de interpretação no ano de 1984, no **Quadro 24**;
- A Classe Pastagem é a classe que representa a área destinada à atividade pecuária;
- A Classe Vegetação é a união de todos os tipos de vegetação, como: Savana Arborizada, Savana Parque, Savana Florestada, Savana Gramíneo-Lenhosa, Ecótono, Floresta Estacional com associações e Mata Ciliar, que

consiste na vegetação arbórea ao longo dos rios, lagos e lagoas, que ainda encontram-se preservadas;

Definidas as classes temáticas e as chaves de interpretação realizou-se a etapa de treinamento das amostras por classe nas imagens de 1984 e 2013.

A classificação do mosaico foi realizada no ArcGIS utilizando-se a extensão *Spatial Analyst*, disponível na barra de ferramentas *Image Classification*. O processo de classificação supervisionada no ArcGIS consiste em realizar o treinamento, selecionando-se as amostras nas imagens de 1984 e 2013, segundo as classes temáticas pré-definidas. Obteve-se 30 amostras para cada classe temática, em cada data.

Para que a classificação supervisionada seja feita, é necessário gerar o arquivo de assinatura no formato (.gsg), sendo este inserido como parâmetro na ferramenta Maxver, no qual gerou-se a classificação supervisionada.

O classificador por máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood* - Maxver) considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Presume-se que as amostras de treinamento para cada classe e em cada banda estão normalmente distribuídas, ou seja, de forma Gaussiana. Em outras palavras, amostras de treinamento com histogramas bi ou tri modais em uma única banda não são ideais (MENESES; SANO, 2012).

A eficiência deste classificador está na escolha das classes de treinamento que são utilizadas para estimar a forma da distribuição dos pixels de cada classe no espaço de n bandas. Além disso, a localização do centro de cada classe é importante. Caso os pontos não estejam distribuídos como esfera, porém, assemelhando-se mais a um elipsoide, espera-se que a possibilidade (probabilidade) de um ponto qualquer pertencer ao conjunto da classe dependerá não somente da distância ao centro do conjunto da classe, mas também das dimensões e direções dos eixos do elipsoide (MENESES; SANO, 2012).

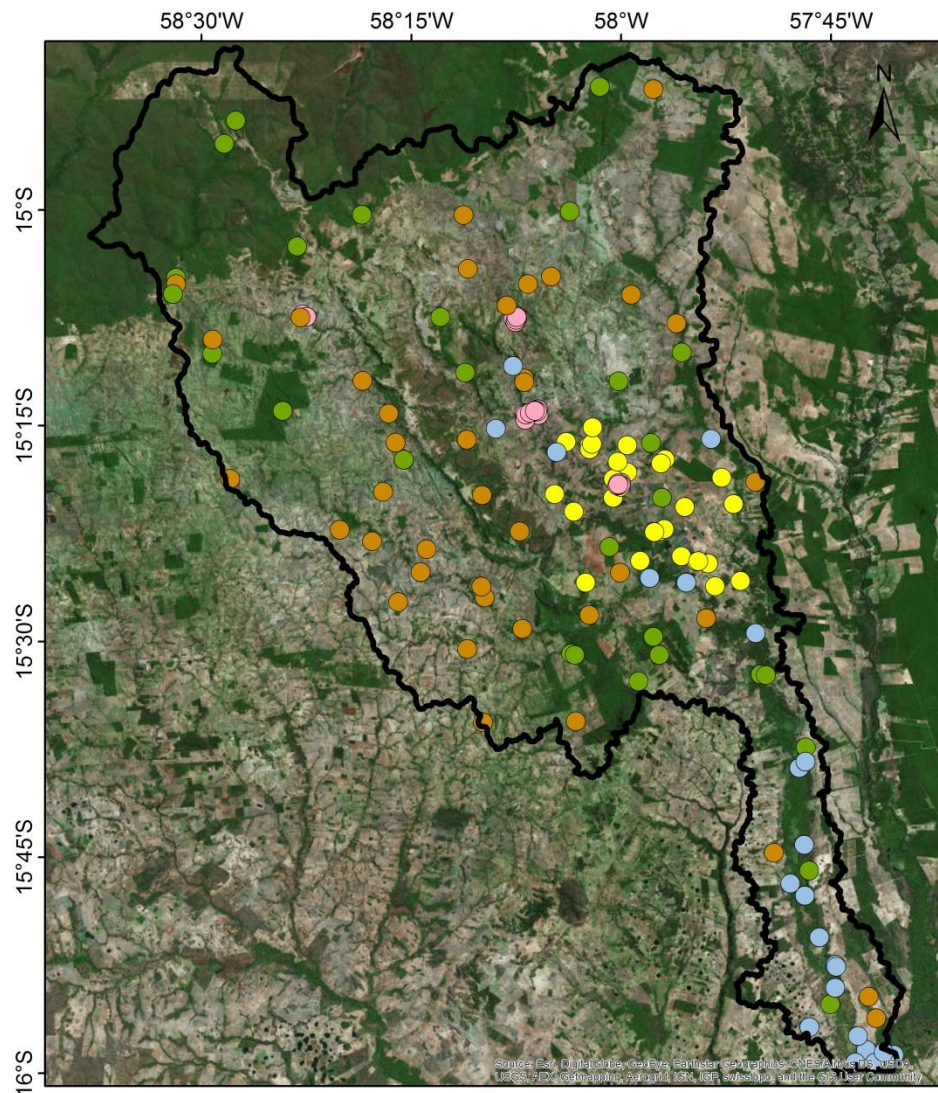
Na etapa de processamento da pós-classificação realizou-se a conversão da classificação matricial para vetorial, através da ferramenta de geoprocessamento *Raster to Polygon* (Raster para Polígono), para compatibilizar os vetores de classificação das datas 1984 e 2013, fornecidos pelo Laboratório de Geotecnologias

aplicadas aos estudos socioambientais e interdisciplinar da Universidade do Estado de Mato Grosso - Labgeo UNEMAT.

Para gerar a matriz de confusão para ambas as datas, no ambiente do ArcGIS for Desktop criou-se 150 (cento e cinquenta) pontos de forma aleatória, distribuídos na área de estudo (**Figuras 14 e 15**), por meio da ferramenta de geoprocessamento *Create Random Points* (Criar Pontos Aleatórios), que está localizada na caixa de ferramentas Data Management Tools (Ferramenta de Gerenciamento de Dados), no conjunto de ferramentas Feature Class (Classe de Feição).

No aplicativo ArcMap usou-se as imagens Landsat 5 para o ano de 1984 e a Landsat 8 para o ano de 2013, visando a validação dos pontos. Cada ponto criado para validação foi classificado numa das cinco classes temáticas pré-definidas, considerando que o interprete tem conhecimento do espaço investigado. Esses pontos criados poderiam ser obtidos via GNSS em trabalho de campo na área de estudo.

A quantificação da classificação de uso e cobertura da terra, assim como a matriz de confusão, a exatidão global e índice kappa foram gerados, para as duas datas, no capítulo 5, item 5.1.



Mapa de Pontos Aleatórios de 1984

Classes Temáticas

- Água
- Área Urbana
- Cana-de-açúcar
- Pastagem
- Vegetação

0 10 20 30 40
 Km

Projeção UTM Zona 21 S
 Sistema Geodésico: SIRGAS 2000

Editado por: autora, 2016.

Figura 14: Pontos Aleatórios para o ano de 1984.

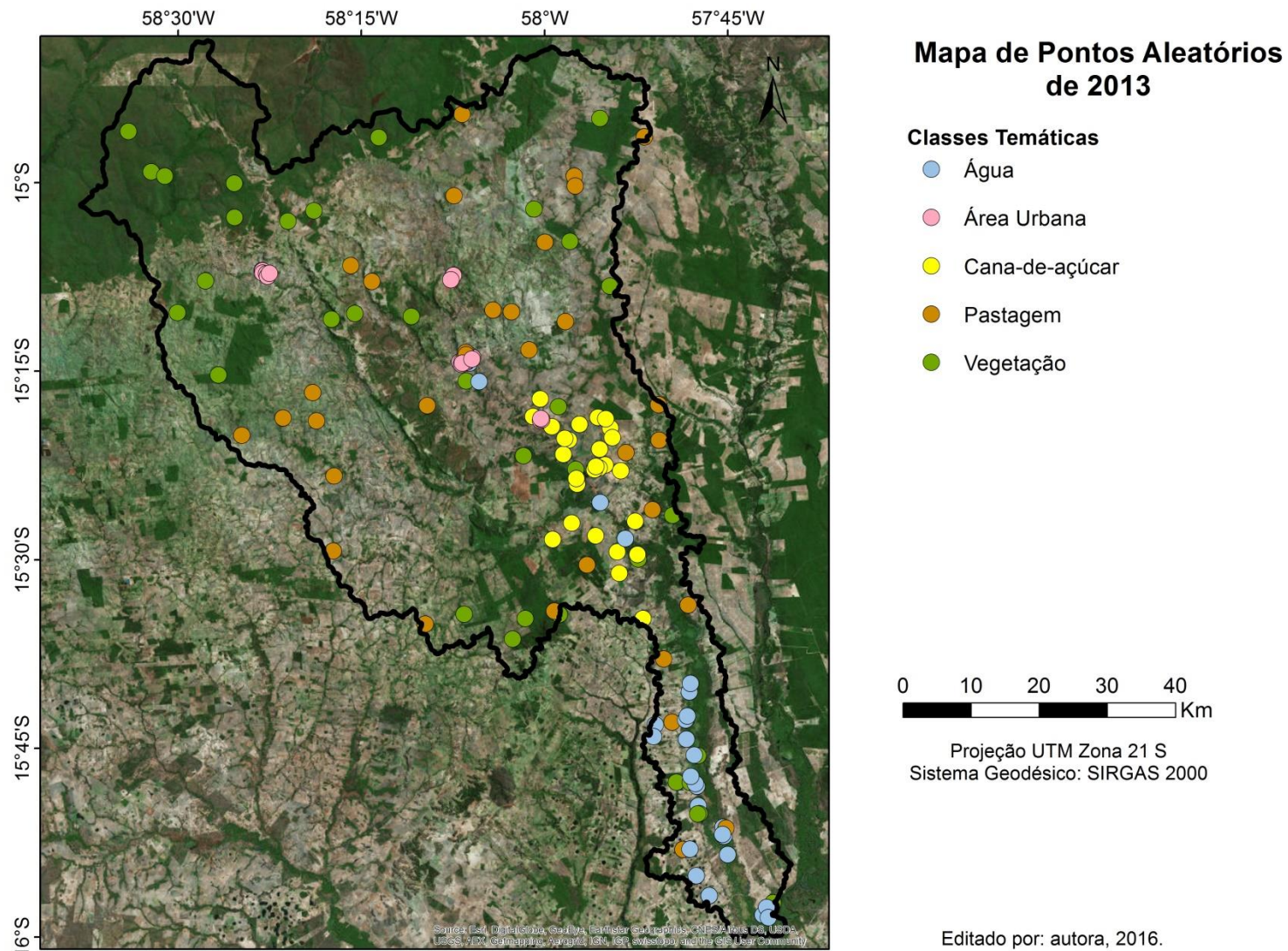


Figura 15: Pontos Aleatórios para o ano de 2013.

Para executar as etapas 5, 6 e 7 foi necessário delimitar sub-bacias de segunda ordem segundo Strahler e áreas de contribuição, a partir da região hidrográfica do rio Cabaçal disponibilizado pela Agência Nacional de Águas, para que fossem usadas nos cálculos de disponibilidade e demanda hídricas, e na classificação do enquadramento dos cursos d'água.

A **Etapa 5** refere-se à estimativa de disponibilidade hídrica nos anos de 1984 e 2013. Nesta etapa os dados foram obtidos no Portal do ArcGIS Online Organizacional denominado Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas, com acesso através do site: <http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acesso-tematico/qualidade-de-agua>, no qual obteve-se os dados de disponibilidade hídrica.

A vazão informada pela ANA e a utilizada pela SEMA-MT para definição de outorga de uso é a Q_{95} , segundo Artigo 4º da Resolução nº 27/2009 (MATO GROSSO, 2009), que diz:

Art. 4º Para a análise de disponibilidade hídrica dos corpos hídricos superficiais de domínio do Estado será adotada, como vazão de referência, a Q_{95} (vazão de permanência por 95% do tempo).

Segundo ANA (2016), a disponibilidade hídrica divulgada no portal foi em 09 (nove) trechos do rio Cabaçal, em metros cúbicos por segundo (m^3/s), gerado o cálculo para metros cúbicos por dia (m^3/dia), de cada trecho, conforme **Tabela 12**.

Tabela 12: Disponibilidade hídrica (Q_{95})

Trecho do Rio	Disponibilidade Hídrica (Q_{95}) (m^3/s)	Disponibilidade Hídrica (Q_{95}) (m^3/dia)
Trecho 1	0,55	47.520,00
Trecho 2	1,48	127.872,00
Trecho 3	2,44	210.816,00
Trecho 4	3,71	320.544,00
Trecho 5	4,74	409.536,00
Trecho 6	7,1	613.440,00
Trecho 7	13,52	1.168.128,00
Trecho 8	21,08	1.821.312,00
Trecho 9	21,82	1.885.248,00
Total	76,44	6.604.416,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: ANA (2016)

Para estimar a disponibilidade hídrica da área de estudo foi necessário utilizar métodos indiretos para os cálculos de disponibilidade⁸, fazendo uma relação de equivalência entre a área da bacia hidrográfica do rio Cabaçal e as regiões delimitadas, obtendo as estimativas de vazão de cada região delimitada, obtendo a espacialização da informação. Realizou-se o cálculo de estimativa de vazão (Q_{95Bh}), sendo a quantidade de água disponível em cada área delimitada, conforme *Equação 7*:

$$Q_{95Sb} = \frac{Q_{95Bh} \text{ (m}^3\text{/dia)} \times \text{ÁreaSb (ha)}}{\text{ÁreaBh(ha)}}, \text{ (Equação 7)}$$

Onde:

- Q_{95Sb} - vazão das sub-bacias delimitadas em m³/dia;
- Q_{95Bh} - vazão total da bacia do rio Cabaçal;
- ÁreaSb - área da sub-bacia delimitada e;
- ÁreaBh- área total da bacia do rio Cabaçal.

A Disponibilidade Hídrica Residual (DRes) que também será calculada sendo definida pela *Equação 8*:

$$DRes = Q_{95Sb} \text{ (m}^3\text{/dia)} - \text{DemTotal (m}^3\text{/dia)}, \text{ (Equação 8)}$$

Onde:

- DRes - disponibilidade hídrica residual da bacia do rio Cabaçal em m³/dia;
- Q_{95Sb} - vazão das sub-bacias delimitadas;
- DemTotal - Somatório da Demanda Total de Água, segundo os usos consultivos (População, Dessedentação Animal e Irrigação da Cana-de-açúcar).

A disponibilidade hídrica, pela falta de dados será única, para as duas datas, mas a Disponibilidade Residual será diferenciada, pois depende da Demanda Hídrica total de cada data. Os resultados desta etapa serão apresentados no item 5.2 do Capítulo 5.

A **Etapa 6** refere-se à estimativa da demanda hídrica nos anos de 1984 e 2013, que consiste em identificar os usos da água e as respectivas quantidades de água que são captadas por esses usos, ou seja, qual é a vazão retirada pelo usuário. Os

⁸ O dado foi disponibilizado pela ANA, na escala 1:1.000.000, trata apenas do rio principal considerando as sub-bacias Nascente do rio Cabaçal e Interbacia do rio Cabaçal. Na falta de dados na escala 1:100.000, na área de estudo, optou-se pelo método indireto, para estimar a disponibilidade hídrica da bacia do rio Cabaçal, considerando também os seus afluentes: rios Branco, Vermelho e dos Bugres.

usos preponderantes de água que serão utilizados na análise são: abastecimento humano, dessedentação animal e Irrigação do cultivo de cana-de-açúcar, identificado na classificação de uso e cobertura da terra, na área de estudo.

ANA (2006) define as três classes de vazões que devem ser consideradas:

(1) vazão de retirada, que corresponde à vazão extraída pelo usuário;

(2) vazão de retorno, que corresponde à parcela da água extraída que retorna ao manancial, e;

(3) vazão de consumo, que é calculada pela diferença entre as vazões de retirada e de retorno, ou seja, a vazão efetivamente consumida (**Quadro 24**).

Quadro 24: Percentual das vazões de retirada, retorno e consumo segundo uso da água.

Tipo de Uso	Vazão de Retirada	Vazão de Retorno	Vazão de Consumo
Abastecimento Humano	100%	80%	20%
Abastecimento Industrial	100%	80%	20%
Dessedentação Animal	100%	80%	20%
Irrigação	100%	20%	80%

Fonte: ANA (2006)

Para estimar a demanda hídrica de cada uso aplicamos cálculos indiretos para mensurar a demanda hídrica; os resultados da aplicação destes cálculos foram comparados com o mapa de uso do solo dos anos de 1984 e 2013 e os setores censitários do Censo Demográfico de 1980 e 2000 do IBGE.

Os itens estimados de demanda hídrica considerados neste estudo foram: população residente, áreas de cana-de-açúcar, considerando que há prática de irrigação, dessedentação animal e a demanda hídrica necessária para diluir o esgoto produzido pela população e animais.

- Demanda Hídrica da População Residente

Para determinar o número de moradores de cada sub-bacia foi feito o cruzamento entre os setores censitários (urbano e rural) e as sub-bacias, nos anos de 1984 e 2013. Esta operação distribui a população de acordo com a área. Foi calculada a demanda hídrica para o abastecimento da população residente (vazão de retirada = Dem_{Pop}), conforme mostrado na *Equação 9* a seguir:

$$DemPop = N^{\circ} \text{ de Moradores} \times \text{Consumo per capita (m}^3/\text{dia)}, \text{ (Equação 9)}$$

Onde:

- Dem._{Pop} - Demanda hídrica de abastecimento humano pode ser expresso em m³/hab.dia. ou L/hab.dia
- N^o de Moradores - representa o número de habitantes residentes em cada sub-bacia, segundo o anuário estatístico de 1984 (MATO GROSSO, 2016a) e setor censitário do censo demográfico de 2000, realizado pelo IBGE.
- Consumo *per capita* - é a quantidade de água consumida pelo habitante, expresso em m³/dia, cujos valores podem ser visualizados na **Tabela 13**.

Tabela 13: Consumo per capita (m³/dia) nos anos de 1984 e 2013.

Município 1984	Consumo Per capita (m ³ /dia)	Município 2013	Consumo Per capita (m ³ /dia)
Araputanga	43,94	Araputanga	5,11
Barra do Bugres	42,93	Barra do Bugres	5,64
Cáceres	52,88	Cáceres	3,47
Mirassol d'Oeste	40,39	Curvelândia	30,80
Rio Branco	38,28	Lambari d'Oeste	7,07
Salto do Céu	37,85	Mirassol d'Oeste	7,74
São José dos Quatro Marcos	39,04	Reserva do Cabaçal	3,26
Tangará da Serra	39,24	Rio Branco	3,28
		Salto do Céu	4,89
		São José dos Quatro Marcos	11,87
Total	334,55	Total	83,12

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: Mato Grosso (2016a); IBGE (2016).

- Demanda Hídrica da Irrigação

A demanda de irrigação foi estimada considerando a área agrícola na bacia nos anos de 1984 e 2013, do cultivo de cana-de-açúcar, contendo respectivamente 20.821,69 hectares e 16.519,01 hectares. Segundo Marin (2016), a demanda de água para irrigação do cultivo de cana-de-açúcar é da ordem de 1200 mm a 1300 mm/ha, convertendo para metros cúbicos são de 1,2 a 1,3 m³/ha. Optou-se por usar o maior valor (1,3 m³/dia).

As áreas de cana identificadas no uso foram espacializadas por sub-bacia com a ferramenta de geoprocessamento *Tabulate Area* (Área Tabulada), que gera uma tabela com a distribuição espacial da camada cana-de-açúcar de cada data segundo as sub-bacias em hectares.

A demanda hídrica de irrigação (Dem_{Irrig}) foi calculada conforme apresentado na *Equação 10*.

$$DemIrrig = ACana(ha) \times AIrrig(m^3), \text{ (Equação 10)}$$

Onde,

- Dem_{Irrig} - é a vazão retirada para a irrigação, expressa em m^3/ha .
- A_{Cana} - é a distribuição espacial da área de cana nas sub-bacias, expresso em ha.
- A_{Irrig} - constante de $1,3 m^3$ a ser utilizada para estimar a quantidade de água a ser utilizada na irrigação.

- Demanda Hídrica da Dessedentação Animal

A demanda de dessedentação animal considerará todos os rebanhos levantados no anuário estatístico de 1984 e o censo agropecuário do IBGE de 2006, para os anos de 1984 e 2013, um total de cabeças 1.177.686 e 2.253.797, respectivamente entre bovinos, bubalinos, asinos, muares, suínos, ovinos e caprinos (**Quadros 4 e 5**).

Para especializar os animais na área de pastagem utilizou-se do coeficiente BEDA - Bovinos Equivalentes para Demanda de Água. Segundo Rebouças et al. (2006), BEDA é o coeficiente per capita de uso da água por animal, para compatibilizar os animais de portes diferentes, cuja ponderação é realizada com Bovinos, ao qual cada animal tem um consumo per capita de água no valor de 50L/cabeça.dia (ou $0,05m^3/cabeça.dia$). Aplicou-se o coeficiente BEDA para cada município com área dentro da bacia em ambas as datas, conforme *Equação 11* (Adaptado de Rebouças et al, 2006):

$$BEDA = Bovinos + Bubalinos + \frac{Equinos+Muares+Asinos}{1,25} + \frac{Ovinos+Caprinos}{6,25} + \frac{Suínos}{5}, \text{ (Equação 11)}$$

Depois de calculado o BEDA, por município, especializou-se os animais nas áreas de pastagem identificadas no uso e cobertura da terra, em cada sub-bacia, através do cálculo do total de rebanho ($Tot.Reb$, *Equação 12*), cujo valor foi multiplicado pela área de pastagem.

$$TotReb = Apasto(ha) \times Beda(cabeças), \text{ (Equação 12).}$$

Onde,

- $Tot.Reb$ - número de animais localizados na área de estudo, expresso em cabeças/ha.
- Beda - é o número de cabeças por hectare

Finalmente, nesta etapa, para estimar a demanda hídrica de dessedentação animal utilizamos o valor da Tot_{Reb} da *Equação 12*, multiplicamos pelo consumo per capita para estabelecer a demanda da dessedentação, conforme mostrado na *Equação 13*.

$$Dem_{Animal} = Tot_{Reb} (Cabeças) \times Consumo \text{ per capita } (m^3/cabeça.dia), \text{ (Equação 13).}$$

Onde,

- Dem_{Animal} - é a vazão retirada para a dessedentação animal.
- Consumo *per capita* - é a quantidade de água consumida pelo animal, 50L/cabeça.dia (ou 0,05m³/cabeça.dia).

As informações das demandas calculadas acima foram utilizadas como variáveis nos cálculos da DBO. Visto que a DBO, obrigatoriamente, é expressa em mg/L, na compilação dos dados, a demanda total, que é o somatório das captações de todos os usos foi transformado para L/dia.

A **Etapa 7** refere-se à avaliação da qualidade da água, a partir da DBO_{5,20} (Demanda Bioquímica de Oxigênio) nos anos de 1984 e 2013. Calculou-se a DBO_{5,20} do rio após o lançamento do efluente com o objetivo de compará-la ao enquadramento dos cursos d'água, segundo Portaria Minter e Resolução Conama para os anos de 1984 e 2013 respectivamente.

Para isto foi necessário calcular a DBO_{5,20} do efluente de cada tipo de demanda (população residente, irrigação e dessedentação animal), a ser lançada no rio, sendo considerada a vazão de retorno de cada demanda (**Quadro 24**).

O total de concentração foi lançado no corpo hídrico e diluído pela vazão do rio. A DBO_{5,20} do rio após o lançamento e a diluição foi assim calculada e comparada com o limite da DBO_{5,20}, correspondente à classe de enquadramento do respectivo curso d'água analisado.

Antes de calcular a carga de DBO_{5,20} de cada demanda é necessário calcular a concentração do DBO_{5,20}, como sendo a DBO_{5,20} *per capita* dividido pelo consumo *per capita* de água de cada demanda. A concentração de DBO_{5,20} de cada demanda será explicado em cada item, a seguir.

- Carga de DBO_{5,20} da População - DBO_{Pop}

O cálculo da carga de DBO_{5,20} da população é função da concentração de DBO_{5,20} do efluente. A concentração foi calculada a partir dos dados fornecidos por

Moreschi et al., 2015; ou seja, a contribuição de $DBO_{5,20}$ *per capita* da população é de 54g/habitante.dia (ou 54.000mg/habitante.dia) é dividida pelo consumo *per capita* de água de cada município na bacia do rio Cabaçal, tendo como resultado a concentração de $DBO_{5,20}$ da população ($CDBO_{Pop}$), cujos valores estão na **Tabela 14**.

Tabela 14: Carga de DBO da População (mg/dia) nos anos de 1984 e 2013.

Município 1984	Carga de DBO	Município 2013	Carga de DBO
Araputanga	1.228,95	Araputanga	10.559,25
Barra do Bugres	1.257,86	Barra do Bugres	9.578,31
Cáceres	1.021,18	Cáceres	15.584,36
Mirassol d'Oeste	1.336,96	Curvelândia	1.753,39
Rio Branco	1.410,66	Lambari d'Oeste	7.636,16
Salto do Céu	1.426,68	Mirassol d'Oeste	6.977,59
São José dos Quatro Marcos	1.383,20	Reserva do Cabaçal	16.544,32
Tangará da Serra	1.376,15	Rio Branco	16.476,92
		Salto do Céu	11.054,25
		São José dos Quatro Marcos	4.547,85

Elaborado por: autora, 2016.

Para estimar o cálculo da carga de DBO da população (DBO_{Pop}) multiplicaremos a concentração pela vazão de retorno da demanda de abastecimento da população, cujo retorno é de 80% da vazão de retirada, conforme mostrado na *Equação 14*.

$$DBOPop = CDBO_{pop} \text{ (mg/L)} \times V_{\text{retorno}} \text{ (L/dia)}, \text{ (Equação 14)}$$

Onde:

- DBO_{Pop} - é a carga de DBO_{Pop} do efluente que será lançado no corpo hídrico, é expresso em mg/dia.
- $CDBO_{Pop}$ - a carga varia em função do consumo de água cada município. Os valores de carga de DBO da população pode ser visualizado, na **Tabela 15**.
- V_{retorno} - 80% da demanda de abastecimento da população.

O cálculo da carga de $DBO_{5,20}$ da população com efluente tratado é, praticamente, igual ao anterior e o que diferencia é a aplicação do tratamento convencional da concentração de DBO da população ($CDBO_{pop}$). O tratamento primário convencional do esgoto trata 65% da carga de DBO, tendo uma eficiência de remoção da carga da ordem de 35%. O valor da concentração do DBO da população ($CDBOP_{\text{efl. tratado}}$) tratado variam em função de cada município, **Tabela 15**.

A estimativa da carga de $DBO_{5,20}$ da população com efluente tratado ($DBO_{pefl_{tratado}}$) é resultante do produto da concentração da população tratado ($CDBO_{pefl_{tratado}}$) pela vazão de retorno da demanda de abastecimento da população, conforme Equação 15.

$$DBO_{pefl_{tratado}} = CDBO_{pefl_{tratado}} \text{ (mg/L)} \times V_{\text{retorno}} \text{ (L/dia)}, \text{ (Equação 15).}$$

Onde:

- $DBO_{pefl_{tratado}}$ = é a carga de DBO do efluente que será lançada no corpo hídrico.
- $CDBO_{pefl_{tratado}}$ = Os valores do efluente tratado usados no cálculo estão apresentados na **Tabela 15**.
- V_{retorno} - 80% da demanda de abastecimento da população.

Tabela 15: Carga de DBO da População (mg/dia) tratado nos anos de 1984 e 2013.

Município 1984	Carga de DBO	Município 2013	Carga de DBO
Araputanga	798,82	Araputanga	6.863,51
Barra do Bugres	817,61	Barra do Bugres	6.225,90
Cáceres	663,77	Cáceres	10.129,84
Mirassol d'Oeste	869,03	Curvelândia	1.139,70
Rio Branco	916,93	Lambari d'Oeste	4.963,51
Salto do Céu	927,34	Mirassol d'Oeste	4.535,43
São José dos Quatro Marcos	899,08	Reserva do Cabaçal	10.753,81
Tangará da Serra	894,50	Rio Branco	10.710,00
		Salto do Céu	7.185,26
		São José dos Quatro Marcos	2.956,10

Elaborado por: autora, 2016.

- Carga de $DBO_{5,20}$ da Irrigação - $DBO_{\text{irrigação}}$

Não há produção de DBO na irrigação, mas deve-se considerar a vazão de retorno.

- Carga de $DBO_{5,20}$ da Dessedentação Animal - DBO_{Animal}

O cálculo da carga de $DBO_{5,20}$ da dessedentação animal é função da concentração de $DBO_{5,20}$ do efluente. A concentração foi calculada a partir dos dados fornecidos pelo PDRH-BG (2005)⁹, ou seja, a contribuição de $DBO_{5,20}$ *per capita* dos animais é de 0,073kg/cabeça.dia (ou 73.000mg/cabeça.dia) é dividida

⁹ Optou-se por usar o mesmo valor do parâmetro de concentração da carga de DBO dos animais aplicado, na Dissertação de Mestrado da autora, na bacia hidrográfica do rio Macacu/RJ, pois a autora considera que não há variação da concentração, apenas na quantidade de carga, que é função da quantidade de animais existentes na bacia do rio Cabaçal/MT.

pelo consumo *per capita* de água, que é 50L/cabeça.dia, tendo como resultado a concentração de $DBO_{5,20}$ dos animais ($CDBO_{Animal}$) no valor de 1460 mg/L.

A estimativa da carga de $DBO_{5,20}$ dos animais (DBO_{Animal}) é resultante do produto da concentração dos animais ($CDBO_{Animal}$) pela vazão de retorno da demanda de dessedentação animal, conforme *Equação 16*.

$$DBO_{animal} = CDBO_{animal} \text{ (mg/L)} \times V_{\text{retorno}} \text{ (L/dia)}, \text{ (Equação 16)}$$

Onde:

- DBO_{Animal} = é a carga que será lançada no corpo hídrico, é expresso em mg/L.
- $CDBO_{Animal}$ - 1460 mg/L.
- V_{retorno} - 80% da demanda de dessedentação animal.

Como produto final das cargas de DBO, temos:

(1) Carga de $DBO_{EfluTotal}$ - \sum cargas de DBO rebanho, população (sem tratamento) e irrigação (com carga nula).

(2) Carga de $DBO_{EfluTotal_Tratado}$ - \sum das cargas de DBO rebanho, população (com tratamento de 65%) e irrigação (com carga nula), que serão utilizadas como variáveis para estabelecer a DBO do rio (DBO_r) e a DBO_{50} após a mistura com o despejo.

- Carga de $DBO_{5,20}$ do rio no ponto de lançamento do efluente - DBO_{50}

A Carga de $DBO_{5,20}$ Total no ponto de lançamento do efluente será diluído no rio no momento do lançamento. Esta $DBO_{5,20}$ é denominada DBO_{50} que representa a demanda do rio após a mistura com o despejo, segundo Von Sperling (1996). O autor sugere o modelo de Streeter-Phelps para mensurar a DBO_{50} .

O modelo de *Streeter-Phelps* faz uma relação entre as vazões do rio e do efluente e as respectivas cargas de DBO do rio e do efluente dividido pelas vazões, conforme (*Equação 17*).

$$DBO_{50} = \frac{(Q_r \text{ (L/dia)} \times DBO_r \text{ (mg/L)}) + (Q_e \text{ (L/dia)} \times DBO_e \text{ (mg/L)})}{Q_r \text{ (L/dia)} + Q_e \text{ (L/dia)}}, \text{ (Equação 17)}$$

Onde:

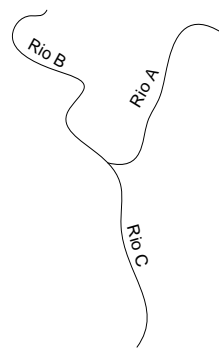
- DBO_{50} = é a carga de DBO no ponto de lançamento do efluente, após a mistura com o despejo.

- Q_r = é a vazão residual do rio, no qual consideramos a Q_{95} das sub-bacias e deduzimos as demandas hídricas totais. (L/dia)
- DBO_r = representa a DBO do rio, será demonstrado na *Equação 18*.
- $Q_e \times DBO_e$ = Carga de $DBO_{EfluTotal}$ e de $DBO_{EfluTotal_Tratado}$.
- Q_e = representa a vazão de retorno do efluente que será lançado.

Esta fórmula é aplicada considerando a Carga de $DBO_{EfluTotal}$ e de $DBO_{EfluTotal_Tratado}$, ou seja, quando estimamos a carga do efluente sem tratamento e com tratamento convencional da DBO da população (DBO_{Pop}). A única variável da equação que será modificada é $Q_e \times DBO_e$, resultando em DBO_{50} (sem tratamento) e DBO_{50_t} (com tratamento).

A outra variável que necessita de uma atenção em sua estimativa é DBO do rio (DBO_r), que segundo Von Sperling (1996), é função dos despejos lançados ao longo do rio até o ponto de novo lançamento.

Nesta bacia adotou-se o critério de que nos rios que nas nascentes, ou seja, os rios de primeira ordem, apresentam DBO_r de valor 1,0 mg/L. No caso dos demais rios estabelecemos a DBO_r de acordo com a média ponderada da DBO pela vazão dos efluentes, conforme mostrado na **Figura 16** e *Equação 18* (Adaptado de VON SPERLING, 1996).



$$DBO_r = \frac{(Q_{rA} \text{ (L/dia)} \times DBO_{50A} \text{ (mg/L)}) + (Q_{rB} \text{ (L/dia)} \times DBO_{50B} \text{ (mg/L)})}{Q_{rA} \text{ (L/dia)} + Q_{rB} \text{ (L/dia)}}$$

, (*Equação 18*)

Onde:

- $CDBO_A$ = DBO_{50} do afluente A, expresso em mg/L.
- Q_{rA} = vazão do afluente A, expresso em L/dia.
- $CDBO_B$ = DBO_{50} do afluente B expresso em mg/L.
- Q_{rB} = Vazão do afluente B expresso em L/dia.

Figura 16: Ilustração do Cálculo da DBO.

A análise dos dados desta fase do trabalho será descrita no Capítulo 5.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Análise da Mudança Bitemporal do Uso e Cobertura da Terra na BHRC

O uso e cobertura da terra gerados para as datas de 1984 e 2013 evidenciou que há cinco classes temáticas: Água, Área Urbana, Cana-de-açúcar, Pastagem e Vegetação.

A classificação temática realizada pelo Labgeo UNEMAT foi detalhada, principalmente, em relação à vegetação que, no caso desta pesquisa foi agrupada, pois o enfoque é a ação antrópica e não a preservação ou conservação da vegetação nativa.

A classe temática Vegetação unificou, na classificação de 1984, os seguintes tipos de vegetação: Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual/Formações Pioneiras, Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Gramíneo-Lenhosa e Savana Parque + Savana Arborizada, além da Mata Ciliar.

Na classificação de 2013, a classe temática Vegetação unificou os seguintes tipos de vegetação: Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Decidual Submontana + Vegetação Secundária, Floresta Estacional Semidecidual Submontana + Vegetação Secundária, Reflorestamento, Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Florestada + Savana Arborizada, Savana Parque, Savana Parque + Savana Arborizada, Savana/Floresta Estacional Decidual e Vegetação Secundária, além da Mata Ciliar. E a classe temática Pastagem unificou: Agropecuária e Pecuária + Vegetação Secundária.

Na classificação de uso e cobertura da terra em 1984 (**Figura 17 e Tabela 16**), pode-se observar que as classes temáticas que ocuparam maior área na bacia são: Vegetação (51,53%), Pastagem (44,32%) e Cana-de-açúcar (3,65%). O uso antrópico, como as áreas de pastagem e cultivo de cana-de-açúcar, ocuparam 47,97% da bacia.

Enquanto que no uso e cobertura da terra em 2013 (**Figura 18 e Tabela 16**), as classes temáticas que se destacaram foram: Pastagem (56,92%), Vegetação (39,94%) e Cana-de-açúcar (2,89%).

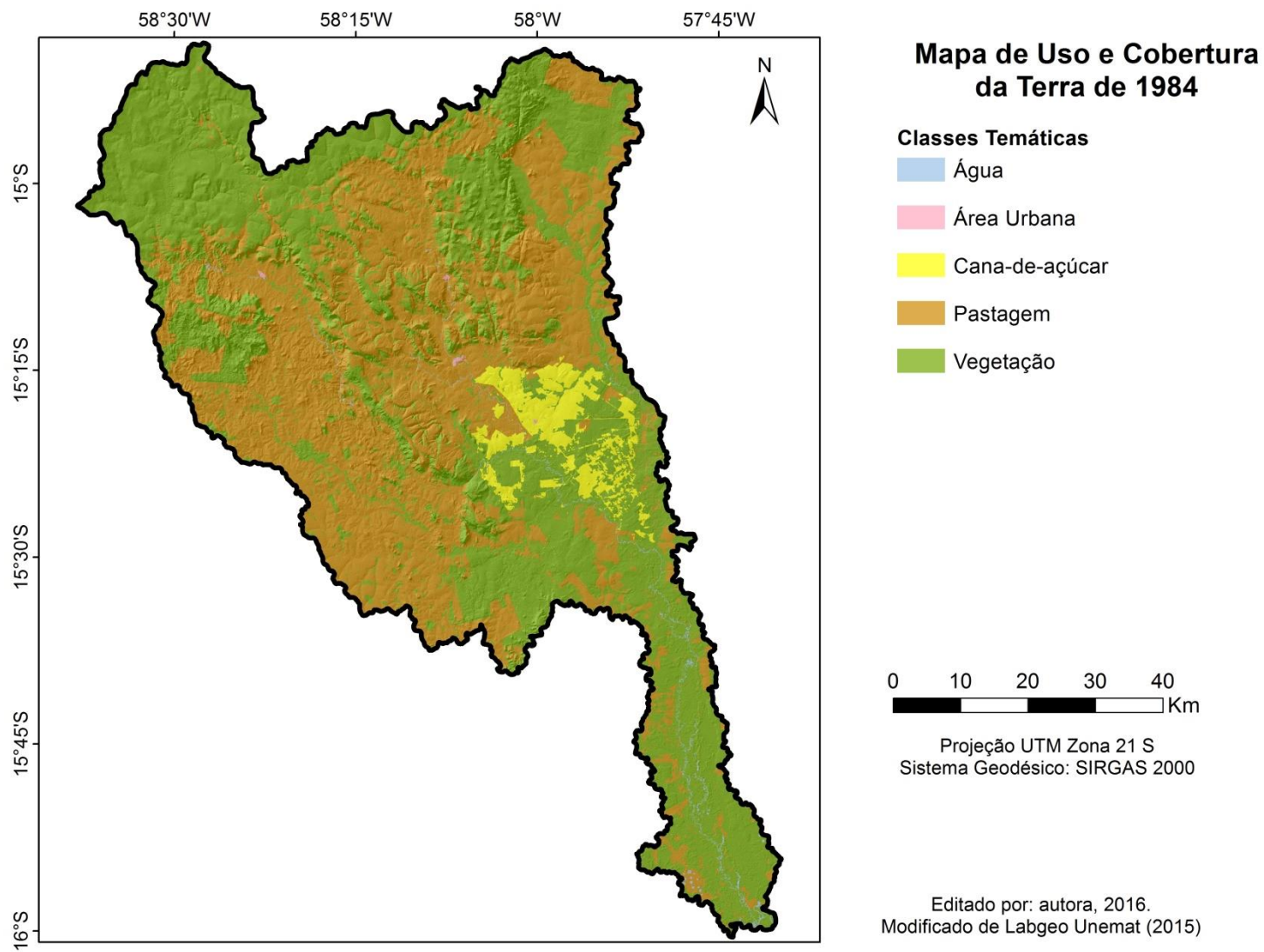


Figura 17: Uso e Cobertura da Terra de 1984.

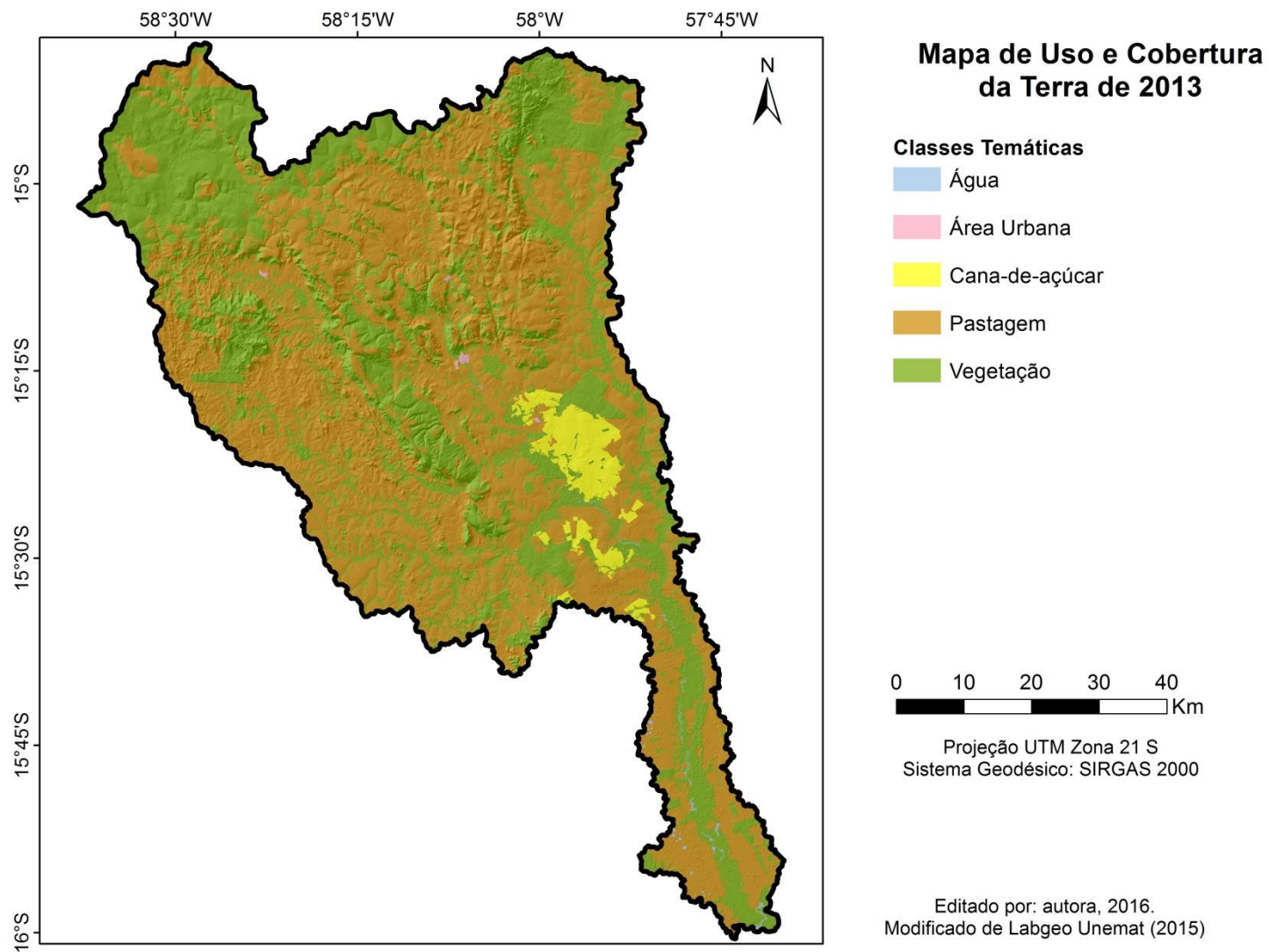


Figura 18: Uso e Cobertura da Terra de 2013.

Tabela 16: Uso e Cobertura da Terra segundo Classes Temáticas de 1984 e 2013.

Classes Temáticas	1984		2013	
	Área (ha)	% Área	Área (ha)	% Área
Água	2.602,46	0,46	970,96	0,17
Área Urbana	267,33	0,05	428,91	0,08
Cana-de-açúcar	20.823,56	3,65	16.519,01	2,89
Pastagem	252.892,58	44,32	324.793,18	56,92
Vegetação	294.023,17	51,53	227.897,04	39,94
Total	570.609,10	100,00	570.609,10	100,00

Elaborado por: autora, 2016. Fonte: Modificado de Labgeo UNEMAT (2015).

Na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, a análise da mudança bitemporal de uso e cobertura da terra mostrou que:

- Na classe temática Área Urbana houve um pequeno aumento da área, sendo que em 1984 era 267,33 ha (0,05%) passando a ter 428,91 ha (0,08%), em 2013, correspondendo a um aumento de 161,58 ha (60,44%);
- Na classe temática Cana-de-açúcar houve um decréscimo na área da cultura, sendo de 20.823,56 ha (3,65%) em 1984, passando a ocupar uma área de 16.519,01 ha (2,89%), em 2013, correspondendo a uma redução de 4.302,68 ha (20,67%);
- Na classe temática Pastagem, que em 1984 ocupava 252.892,58 ha (44,32%), em 2013, passou a 324.793,18 ha (56,92%), correspondendo a um aumento de 71.900,60 ha (28,43%);
- Na classe temática Vegetação, que em 1984 ocupava uma área de 294.023,17 ha (51,53%), em 2013 passou a ocupar 227.897,04 (39,94%), totalizando uma redução de 132.891,74 ha (45,19%).

Observa-se que a redução da vegetação que ocorreu ao longo dos anos pela ampliação das áreas de pastagem, inclusive com a diminuição das áreas de cana-de-açúcar na bacia.

A acurácia da classificação aferida através da matriz de confusão possibilitou a extração das seguintes informações: Exatidão Global, Erro de Comissão, Erro de Omissão e o Índice Kappa de ambas as datas (**Quadros 25 e 26**).

Quadro 25: Matriz de Confusão de 1984.

	Classe Temática	Verdade Terrestre - 1984												Erro de Comissão (%)
		Água		Área Urbana		Cana-de-açúcar		Pastagem		Vegetação		Total		
		Qtde	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	
Valores Esperados	Água	23	100,00	0	0,00	0	0,00	5	12,82	2	6,90	30	20,00	99,23
	Área Urbana	0	0,00	30	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	30	20,00	99,00
	Cana-de-açúcar	0	0,00	0	0,00	29	100,00	0	0,00	1	3,45	30	20,00	99,03
	Pastagem	0	0,00	0	0,00	0	0,00	28	71,79	2	6,90	30	20,00	99,07
	Vegetação	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	15,38	24	82,76	30	20,00	99,20
	Total	23	100,00	30	100,00	29	100,00	39	100,00	29	100,00	150	100,00	
	Erro de Omissão (%)	99,00		99,00		99,00		99,28		99,17				

Elaborado por: autora, 2016.

Quadro 26: Matriz de Confusão de 2013.

	Classe Temática	Verdade Terrestre - 2013												Erro de Comissão (%)
		Água		Área Urbana		Cana-de-açúcar		Pastagem		Vegetação		Total		
		Qtde	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	Qtde.	(%)	
Valores Esperados	Água	27	96,43	0	0,00	0	0,00	1	2,86	2	5,88	30	20,00	99,10
	Área Urbana	1	4,35	25	100,00	0	0,00	4	11,43	0	0,00	30	20,00	99,17
	Cana-de-açúcar	0	0,00	0	0,00	28	100,00	0	0,00	2	5,88	30	20,00	99,07
	Pastagem	0	0,00	0	0,00	0	0,00	28	80,00	2	5,88	30	20,00	99,07
	Vegetação	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	5,71	28	82,35	30	20,00	99,07
	Total	28	100,00	25	100,00	28	100,00	35	100,00	34	100,00	150	100,00	
	Erro de Omissão (%)	99,04		99,00		99,00		99,20		99,18				

Elaborado por: autora, 2016.

A matriz de confusão apresenta os valores esperados, que foram classificados pelo usuário, cuja informação está disponível nas linhas e a verdade terrestre, valores das colunas (classes visualizadas no trabalho de campo ou com o uso de imagem de sensoriamento remoto ou serviço de imagem, como ArcGIS Online e Google Earth).

A Exatidão Global da classificação do ano de 1984 foi calculada a partir dos dados apresentados no **Quadro 25**.

$$Exatidão\ Global(1984) = \frac{23 + 30 + 29 + 28 + 24}{150} = 0,89333 * 100 = 89,33\%$$

A Exatidão Global da classificação do ano de 2013 foi calculada a partir do **Quadro 26**.

$$Exatidão\ Global(2013) = \frac{27 + 25 + 28 + 28 + 28}{150} = 0,90666 * 100 = 90,66\%$$

Os Erros de Comissão e de Omissão também foram calculados a partir do **Quadros 25 e 26**, sendo exibidos nos mesmos.

O Índice Kappa que avalia a confiabilidade, assim como a Exatidão Global (Po - Concordâncias observadas). As concordâncias esperadas (Pe) foi calculado a partir da *Equação 4*, apresentando o resultado para o ano de 1984.

$$Pe = \left(\frac{Total\ Pontos * Média\ Pontos}{Total\ Pontos^2} \right) = \left(\frac{150 * 30}{150^2} \right) = 0,2$$

Onde, o Kappa para o ano de 1984 será:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} = \frac{0,89333 - 0,2}{1 - 0,2} = 0,87$$

Para a classificação do ano de 2013, o valores de Pe é igual ao do ano de 1984, visto que o número médio de pontos aleatórios são 30 por classe, portanto o Kappa para o ano de 2013 foi de:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} = \frac{0,90666 - 0,2}{1 - 0,2} = 0,88$$

Os resultados de confiabilidade apresentados pelos Índices Kappa, calculados para os anos de 1984 e 2013, indicam uma confiabilidade Ótima, conforme os parâmetros propostos por Congalton e Green, 2009; São Paulo, 2015; Landis e Koch, 1977.

5.2 - Estimativa da Disponibilidade Hídrica dos anos de 1984 e 2013

A disponibilidade hídrica da bacia do rio Cabaçal foi calculada segundo a metodologia apresentada na etapa 5, no qual usou-se a Q_{95} como o padrão de vazão ecológica de cada sub-bacia. Da Q_{95} deduzimos o somatório das demandas hídricas de acordo com os usos da água (abastecimento humano, dessedentação animal e irrigação da Cana-de-açúcar), tendo como resultado, o que chamamos de disponibilidade residual - **Figuras 19 e 20**.

Nas duas datas a bacia do rio Cabaçal apresentou uma boa disponibilidade residual. Para o ano de 1984, a bacia do rio Cabaçal os valores variam entre 18.171,77 a 1.571.234,89 m³/dia. Das 384 bacias, 138 apresentam cor mais escura, com valores acima de 835.590,45 m³/dia, no mapa em função de serem receptoras das águas de seus tributários, conforme pode ser observado na **Figura 19**.

Para o ano de 2013, os valores variam entre 35.855,11 a 1.576.683,26 m³/dia. Das 384 bacias, 137 apresentam cor mais escura, com valores acima de 837.836,85 m³/dia, no mapa em função de serem receptoras das águas de seus tributários, conforme pode ser observado na **Figura 20**.

5.3 - Estimativa da Demanda Hídrica

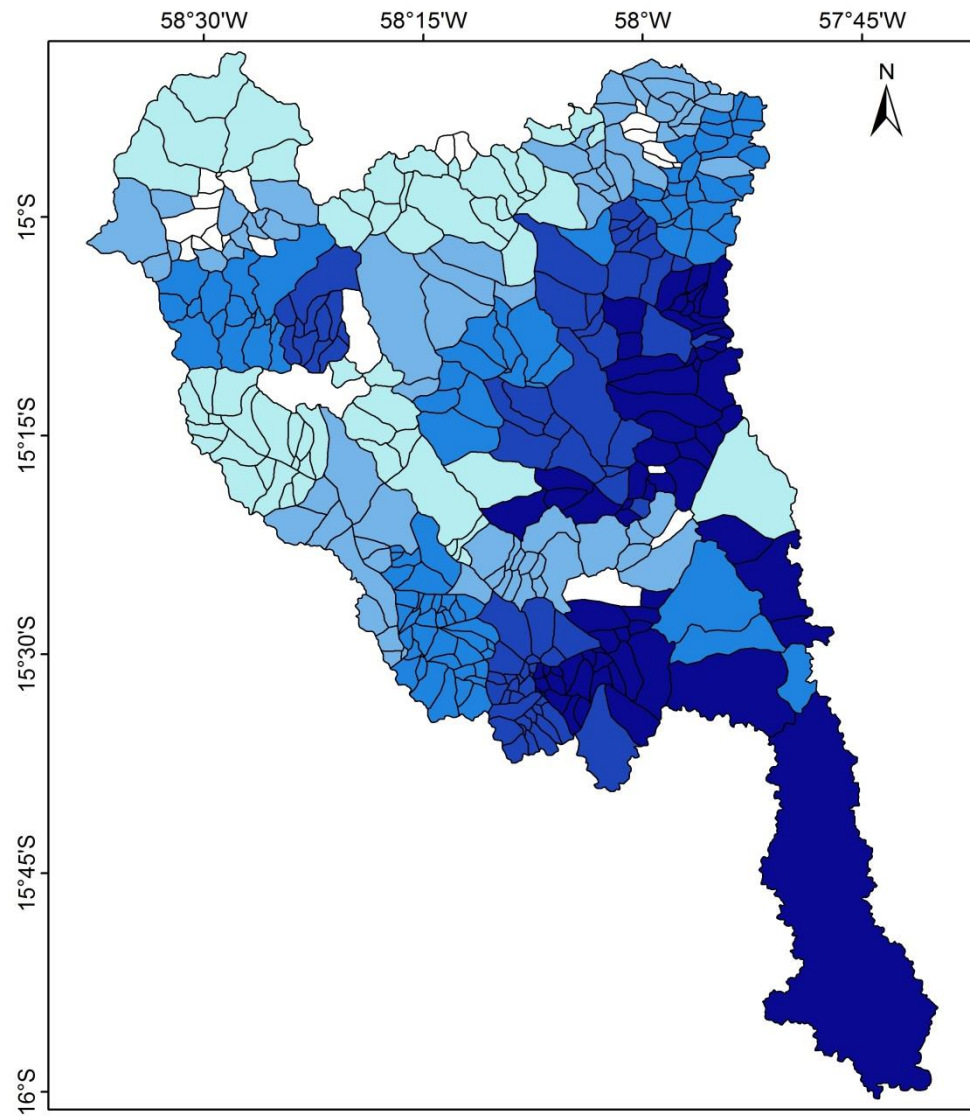
A demanda hídrica está relacionada com o consumo de água pelas atividades antrópicas realizadas na bacia, nas duas datas. Os tipos de demandas hídricas identificadas na bacia do rio Cabaçal são: abastecimento humano, irrigação de cana-de-açúcar e dessedentação animal.

As demandas foram calculadas segundo a metodologia descrita na etapa 6. O resumo dos cálculos de demanda hídrica é apresentado nas **Tabelas 17 e 18**.

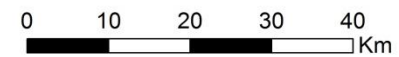
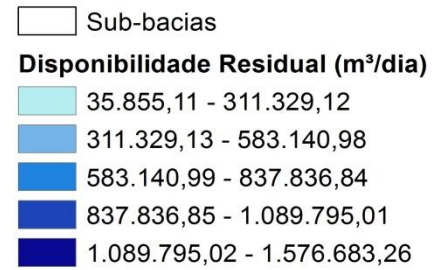
Tabela 17: Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais segundo usos no ano de 1984.

Tipo de Usos de 1984	Vazão de Retirada		Vazão de Consumo		Vazão de Retorno	
	m ³ /dia	% total	m ³ /dia	% total	m ³ /dia	% total
Abastecimento Humano	1.397.792,56	97,74	279.558,51	92,49	1.118.234,05	99,15
Dessedentação Animal	5.235,86	0,37	1.047,17	0,35	4.188,69	0,37
Irrigação	27.068,20	1,89	21.654,56	7,16	5.413,64	0,48
Total	1.430.096,62	100,00	302.260,24	100,00	1.127.836,38	100,00

Elaborado por: autora, 2016.



Mapa de Disponibilidade Hídrica Residual em 1984



Projeção UTM Zona 21 S
Sistema Geodésico: SIRGAS 2000

Elaborado por: autora, 2016.

Figura 19: Disponibilidade Hídrica Residual de 1984

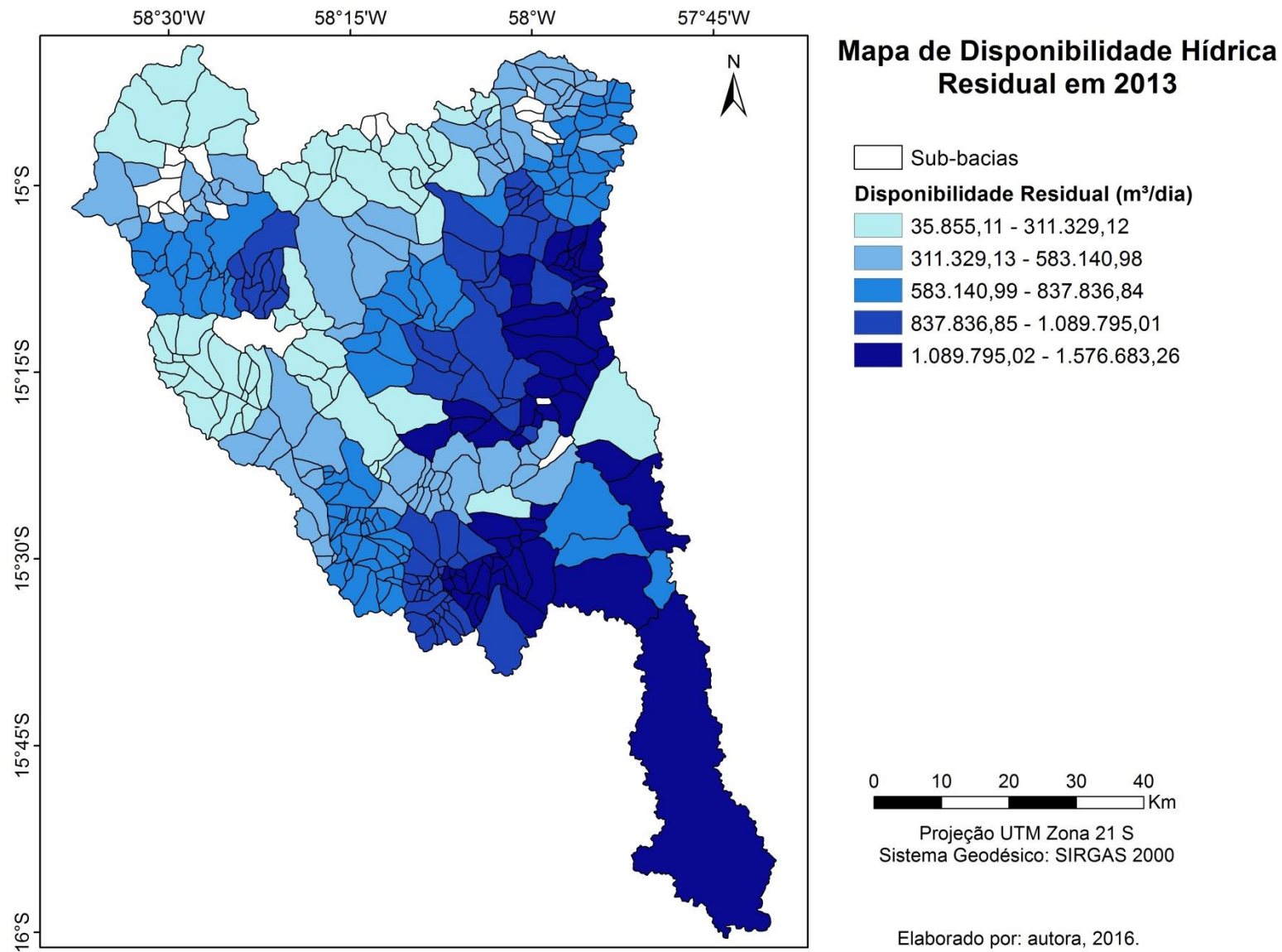


Figura 20: Disponibilidade Hídrica Residual de 2013.

Tabela 18: Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais segundo usos no ano de 2013.

Tipo de Usos de 2013	Vazão de Retirada		Vazão de Consumo		Vazão de Retorno	
	m³/dia	% total	m³/dia	% total	m³/dia	% total
Abastecimento Humano	4.245,84	11,85	849,17	4,23	3.396,68	21,51
Dessedentação Animal	10.122,73	28,24	2.024,55	10,10	8.098,18	51,29
Irrigação	21.474,62	59,91	17.179,70	85,67	4.294,92	27,20
Total	35.843,19	100,00	20.053,41	100,00	15.789,78	100,00

Elaborado por: autora, 2016.

Podemos destacar que no ano de 1984, aproximadamente 97% da vazão de retirada da bacia do rio Cabaçal está destinada ao abastecimento humano, seguido da irrigação da cana-de-açúcar, com pouquíssima vazão de retirada para a dessedentação animal. Entretanto, nota-se que no ano de 2013, houve um redimensionamento nas distribuições da vazão de retiradas, sendo a Irrigação do cultivo de cana-de-açúcar a maior, como cerca de 60%, seguido da dessedentação animal que aumentou bastante em relação ao período anterior, passando a cerca de 28%, a população houve uma redução drástica para 11%, em função da diminuição da população. A seguir faremos uma descrição das demandas hídricas segundo o uso da água.

5.3.1 - População

Segundo informações do Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso para o ano de 1984 e do Censo Demográfico do IBGE realizado em 2010, a bacia do rio Cabaçal tem uma população total de 35.081,01 e 21.147,46 habitantes, respectivamente, distribuídos em sua maioria em área rural, segundo setor censitário do IBGE.

Depois de especializada a população, do ano de 1984, pelas 384 sub-bacias (**Figura 21**), nota-se que a maior quantidade de população acima de 503,46 habitantes está em apenas 07 sub-bacias.

Enquanto que no ano de 2013 (**Figura 22**), a quantidade acima de 421,99 também está em 07 sub-bacias.

5.3.2 - Dessedentação animal

A dessedentação animal é uso da água que apresenta o menor valor de captação no ano de 1984, no valor de 5.235,86 m³/dia, sendo menos de 0,50% do valor total das vazões de retirada para o referido ano. Com um total de 1.177.686

cabeças, contando todos os tipos de criações, a distribuição espacial por sub-bacia pode ser visualizada na **Figura 23**, considerando apenas a classe temática Pastagem.

Em 2013, o número de cabeças aumentou quase 92%, passando a 2.253.797 cabeças, distribuídas nas sub-bacias conforme **Figura 24**. O total captado para a dessedentação animal foi 10.122,73 m³/dia, sendo 29% do total da vazão de retirada total para o ano. Nota-se que houve um grande aumento em relação ao ano de 1984.

As sub-bacias vazias são as áreas em que não há área de pastagem para a representação dos animais, para contabilizar a dessedentação animal em ambas as datas.

5.3.3 - Irrigação

No ano de 1984, a irrigação é o uso da água que demanda a menor quantidade de água 27.068,20 m³/dia e esta atividade ocupa a área de cana-de-açúcar na bacia aproximadamente 4% do território, sendo a quarta em ocupação do uso do solo (**Figura 25**).

A redução que houve na demanda de água para irrigação, deve-se ao fato da redução de área, que em 2013 para a apenas 2,89% da área de cobertura da terra. A vazão de retirada para irrigação foi 21.474,62 m³/dia, sendo aproximadamente 60% da vazão de retirada para o ano (**Figura 26**). Apenas 20% do que é retirado retorna aos mananciais. Neste volume consumido, nas duas datas, devemos considerar a infiltração da água no solo, a evaporação e a perda no trajeto das redes de irrigação.

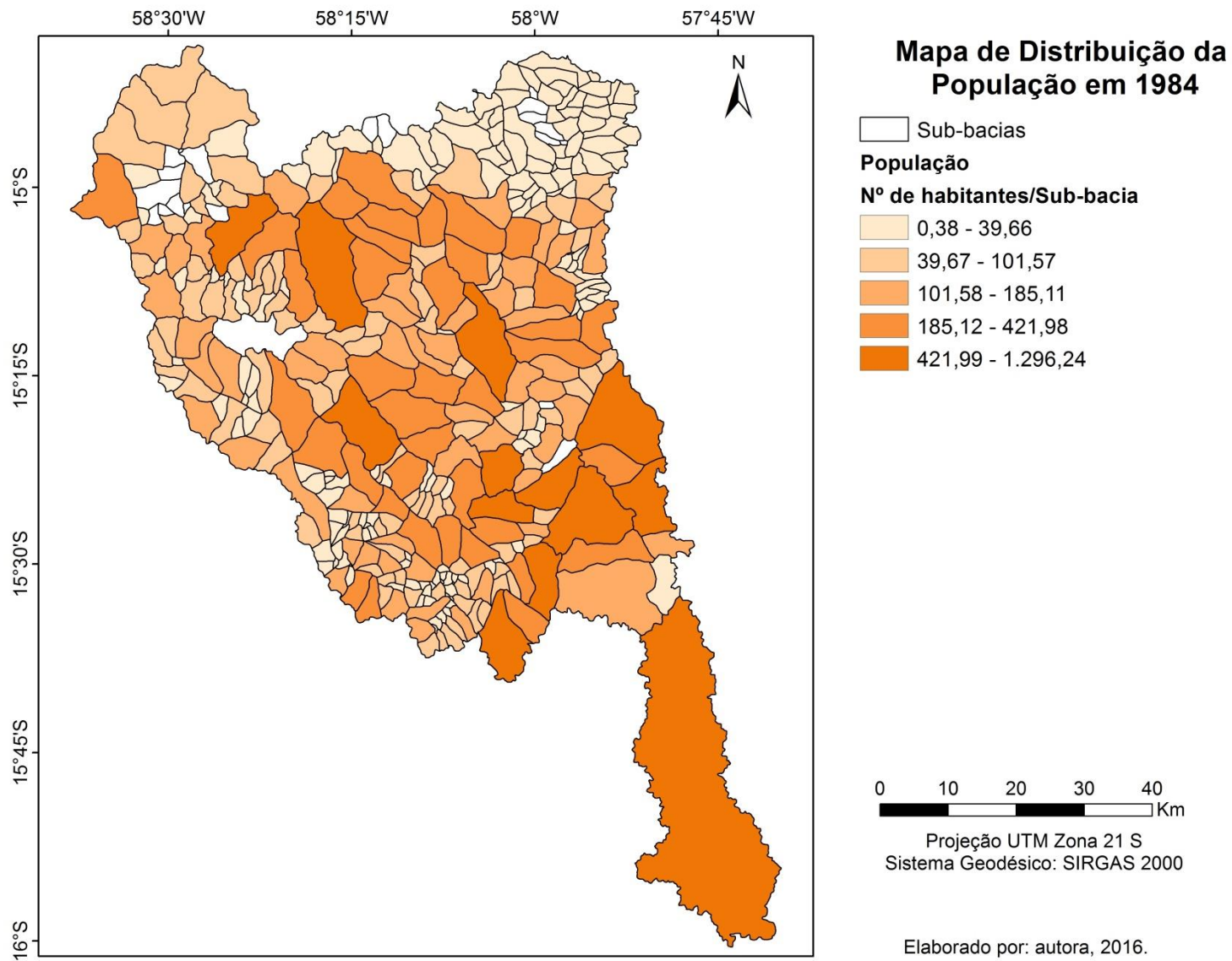


Figura 21: Distribuição da População por sub-bacia em 1984.

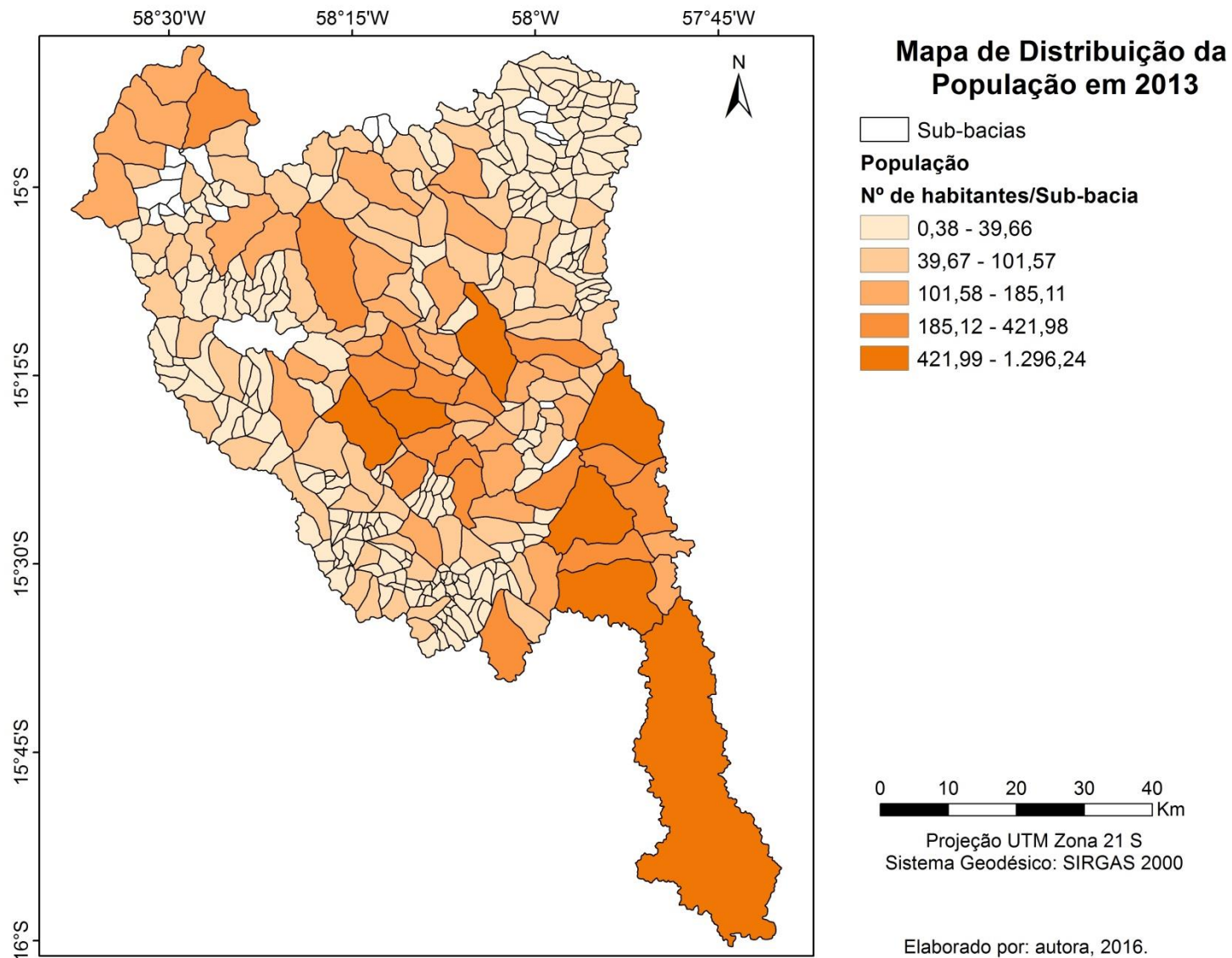


Figura 22: Distribuição da População por sub-bacia em 2013.

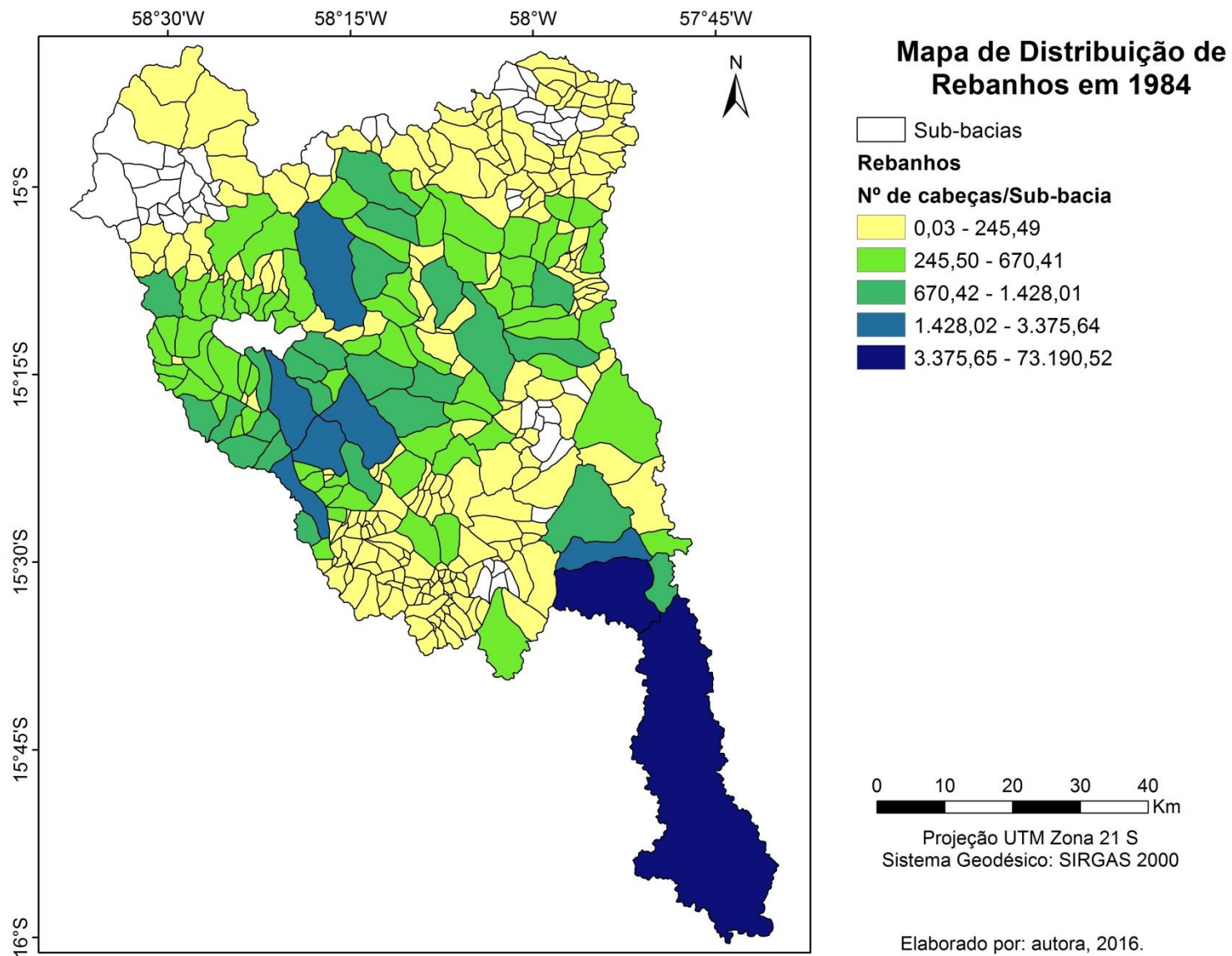


Figura 23: Distribuição de bovinos por sub-bacia em 1984.

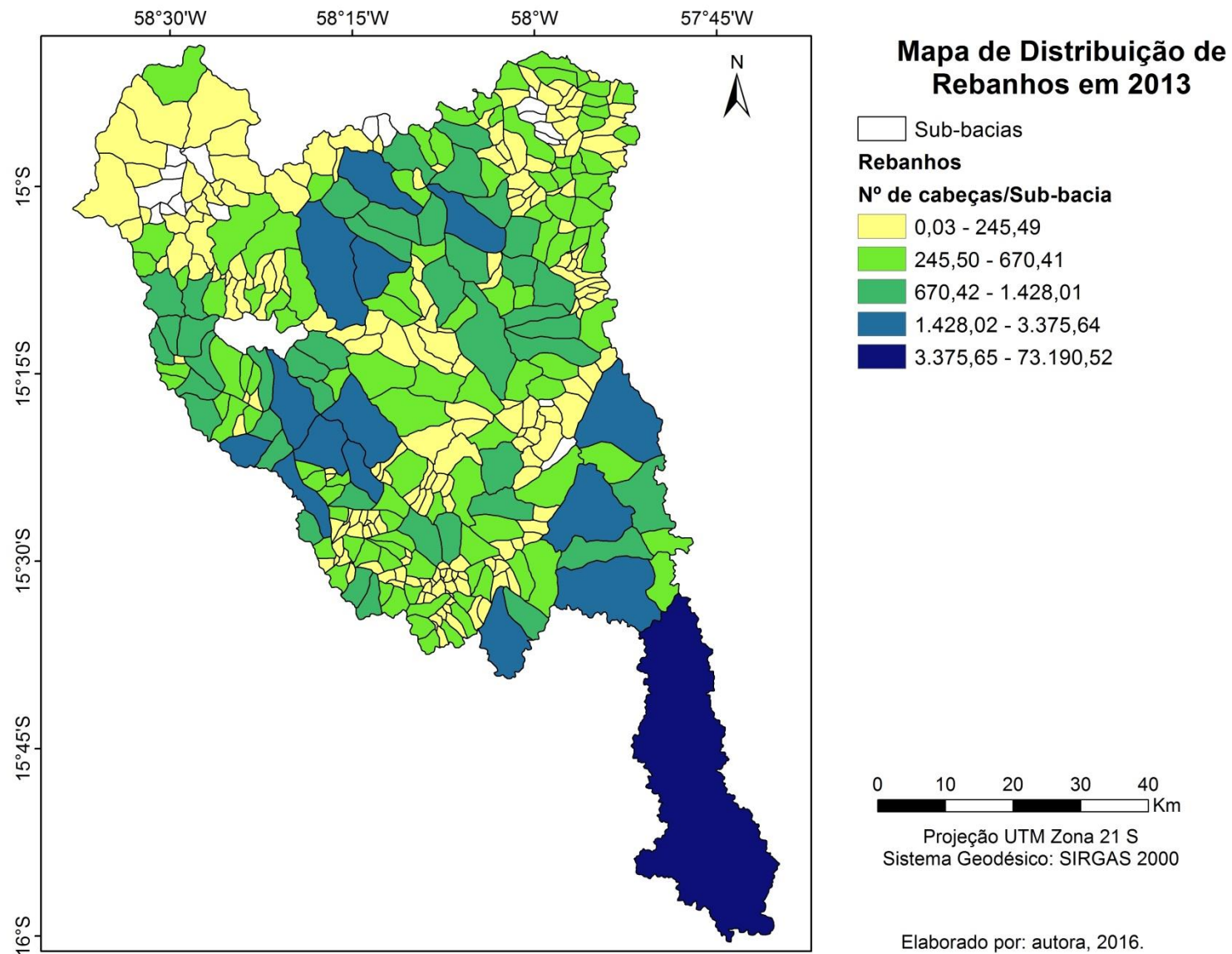


Figura 24: Distribuição de bovinos por sub-bacia em 2013.

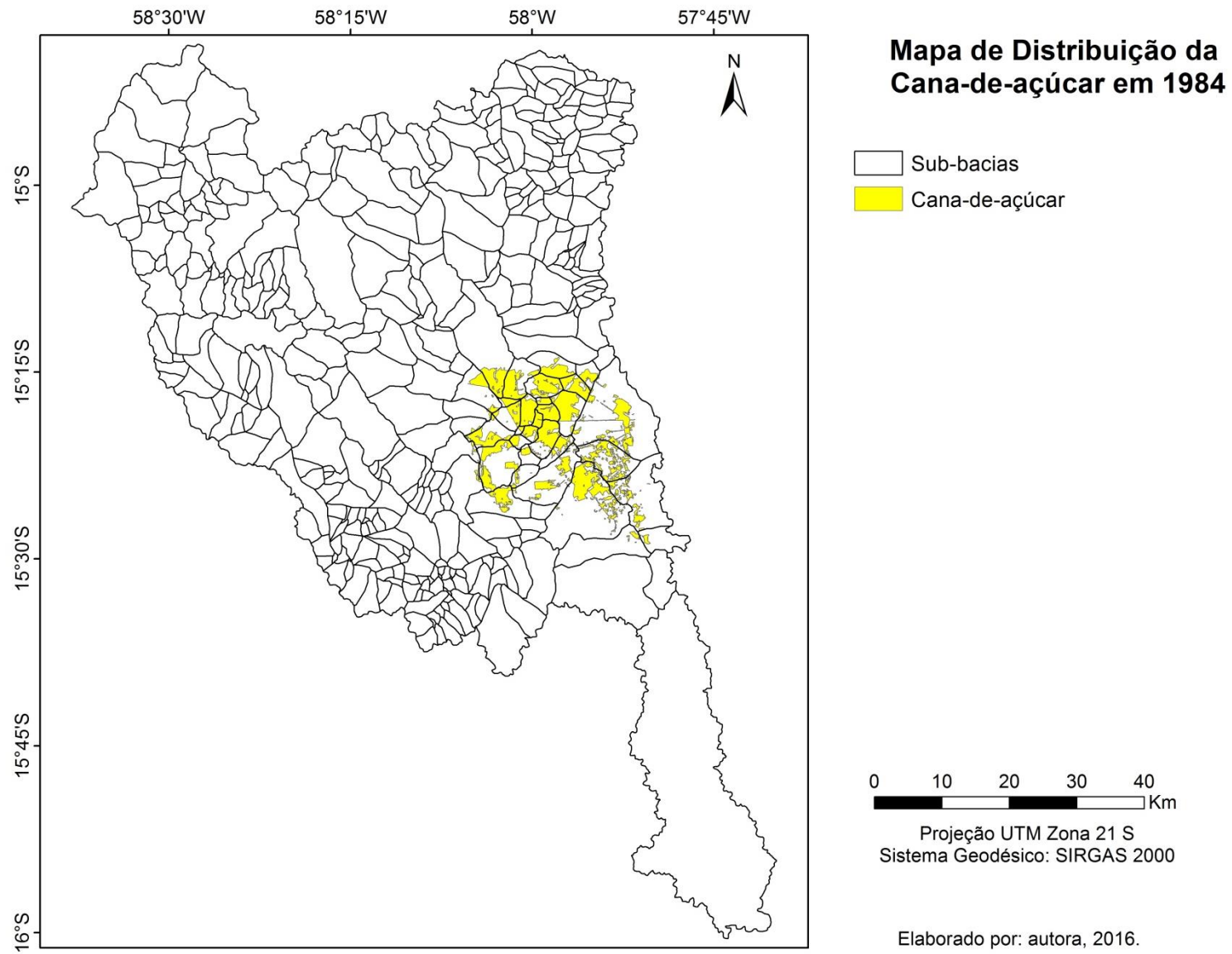


Figura 25: Distribuição das áreas irrigadas de cana-de-açúcar por sub-bacia em 1984.

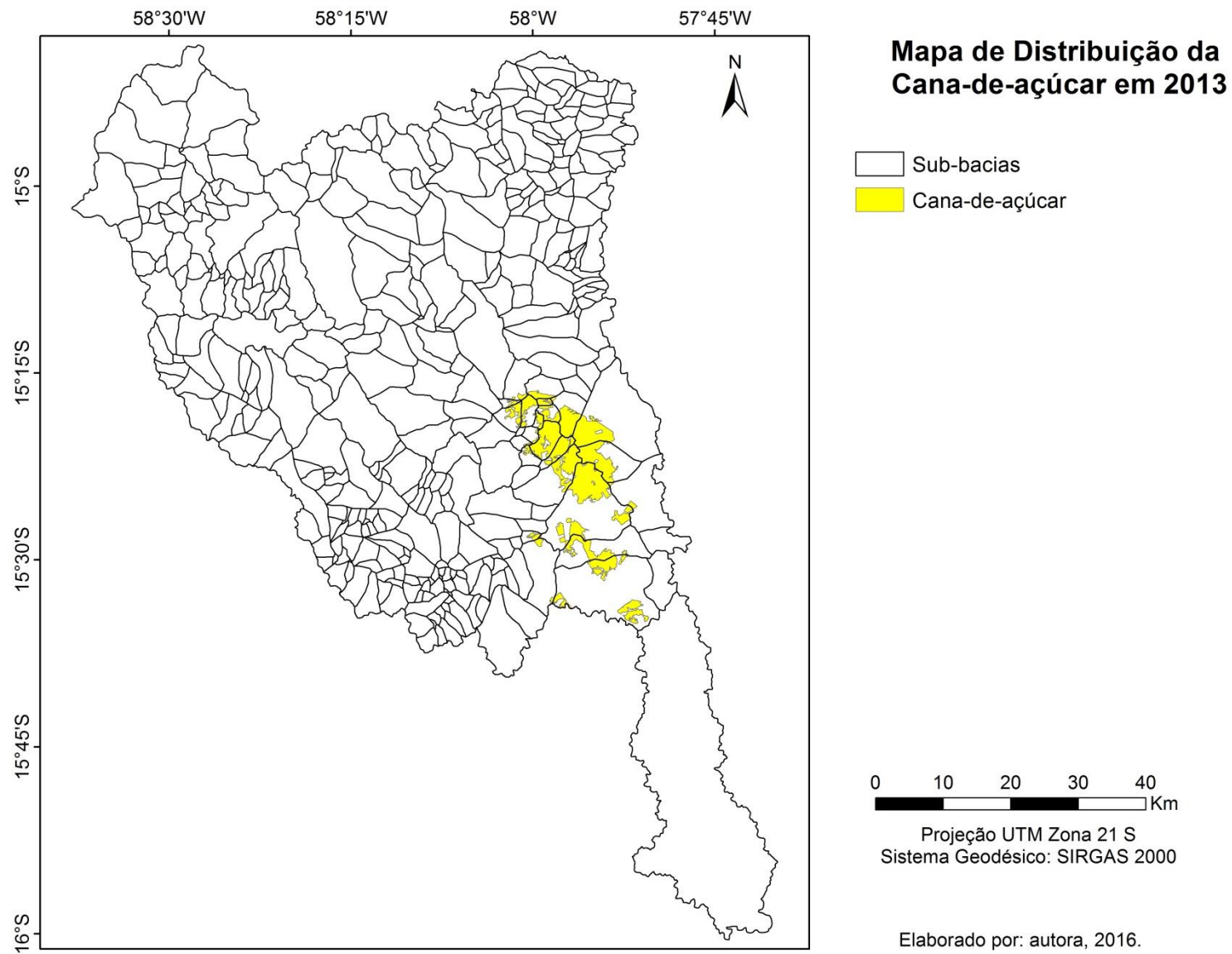


Figura 26: Distribuição das áreas irrigadas de cana-de-açúcar por sub-bacia em 2013.

5.4 - Avaliação da Qualidade Hídrica nas Regiões Hidrográficas

A Demanda Bioquímica de Oxigênio foi o parâmetro utilizado para enquadrar os cursos d'água, segundo os usos da água e do solo, em relação ao lançamento de efluentes, segundo a legislação - Portaria Minter nº 13/1976 e Resolução CONAMA nº 357/2005-, para 1984 e 2013, respectivamente. Assim, depois que aplicamos a fórmula do modelo de Streeter-Phelps, classificamos as sub-bacias considerando o efluente sem tratamento (DBO_{50}) e o efluente com tratamento (DBO_{50t}), lembrando que no efluente tratado a carga de DBO_{50} da população foi aplicado o tratamento convencional de 65%. Nesta análise relacionaram-se as classes de enquadramento com os valores resultantes da DBO, conforme será mostrado a seguir.

5.4.1 - Efluente sem tratamento - DBO_{50} em 1984

Considerando que os efluentes são lançados no rio sem nenhum tratamento, pode-se verificar que das 384 sub-bacias, 194 sub-bacias estão enquadradas e 190 não enquadradas, de acordo com a legislação pertinente. Os rios de segunda ordem que não recebem nenhum afluente receberam o enquadramento Classe 1 e os outros receberam Classe 2, neste sentido, as classes de enquadramento estão distribuídas da seguinte maneira (**Figuras 27, 28 e 29**):

- Classe 1

Existem 190 sub-bacias enquadradas como Classe 1, cujo padrão da DBO não é definido na legislação, e para esta classe consideramos o valor de 1mg/L, pois está inferior ao limite permitido na classe 2. Além disso, na Classe 1 não é permitido nenhum lançamento de efluente.

Pode-se observar que todas as sub-bacias nesta classe não estão enquadradas segundo o critério de 1mg/L, pois os valores sem tratamento de efluente ultrapassaram 1 mg/L, variam entre 1,01 a 1,15 mg/L.

- Classe 2

Existem 194 sub-bacias enquadradas na Classe 2, cujo padrão da DBO até 5mg/L. Identificamos que todas estão enquadradas, com valores de DBO que variam entre 0,06 e 1,06 mg/L, bem abaixo do permitido pela Portaria Minter nº 13/1976.

Enquadramento das Bacias sem Tratamento - DBO₅₀

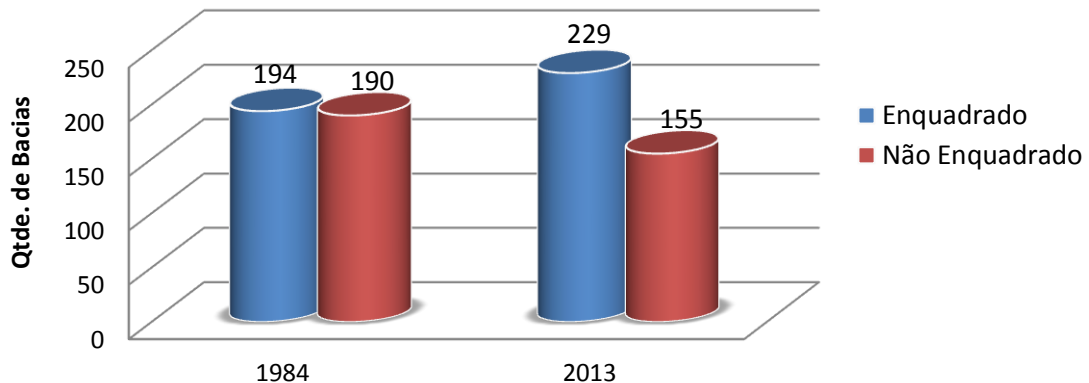


Figura 27: Enquadramento das sub-bacias sem tratamento por ano.

5.4.2 - Efluente sem tratamento - DBO₅₀ em 2013

No ano de 2013 pode-se verificar que das 384 sub-bacias, 229 sub-bacias estão enquadradas e 155 não enquadradas, de acordo com a legislação pertinente. Os rios de segunda ordem que não recebem nenhum afluente receberam o enquadramento Classe Especial e os outros receberam Classe 1, neste sentido, as classes de enquadramento estão assim distribuídas (**Figuras 30 e 31**):

- Classe Especial

Das 384 sub-bacias, 190 estão nesta classe, sendo 35 enquadradas e 155 não enquadradas, cujo padrão da DBO não é definido na Resolução CONAMA nº 357/2005, e para esta classe consideramos o valor de 1mg/L, pois está inferior ao limite permitido na Classe 1. Além disso, na Classe Especial não é permitido nenhum lançamento de efluente.

As sub-bacias enquadradas obtiveram valor do DBO sem o tratamento do efluente variando entre 1,00 a 1,33 mg/L, enquanto que as não enquadradas, os valores estavam na faixa de 1,00 a 1,20 mg/L.

- Classe 1

Existem 194 sub-bacias nesta classe, cujo padrão da DBO é 3mg/L. Identificamos que todas as bacias estão enquadradas, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, com valores de DBO que variam entre 0,90 e 1,36 mg/L.

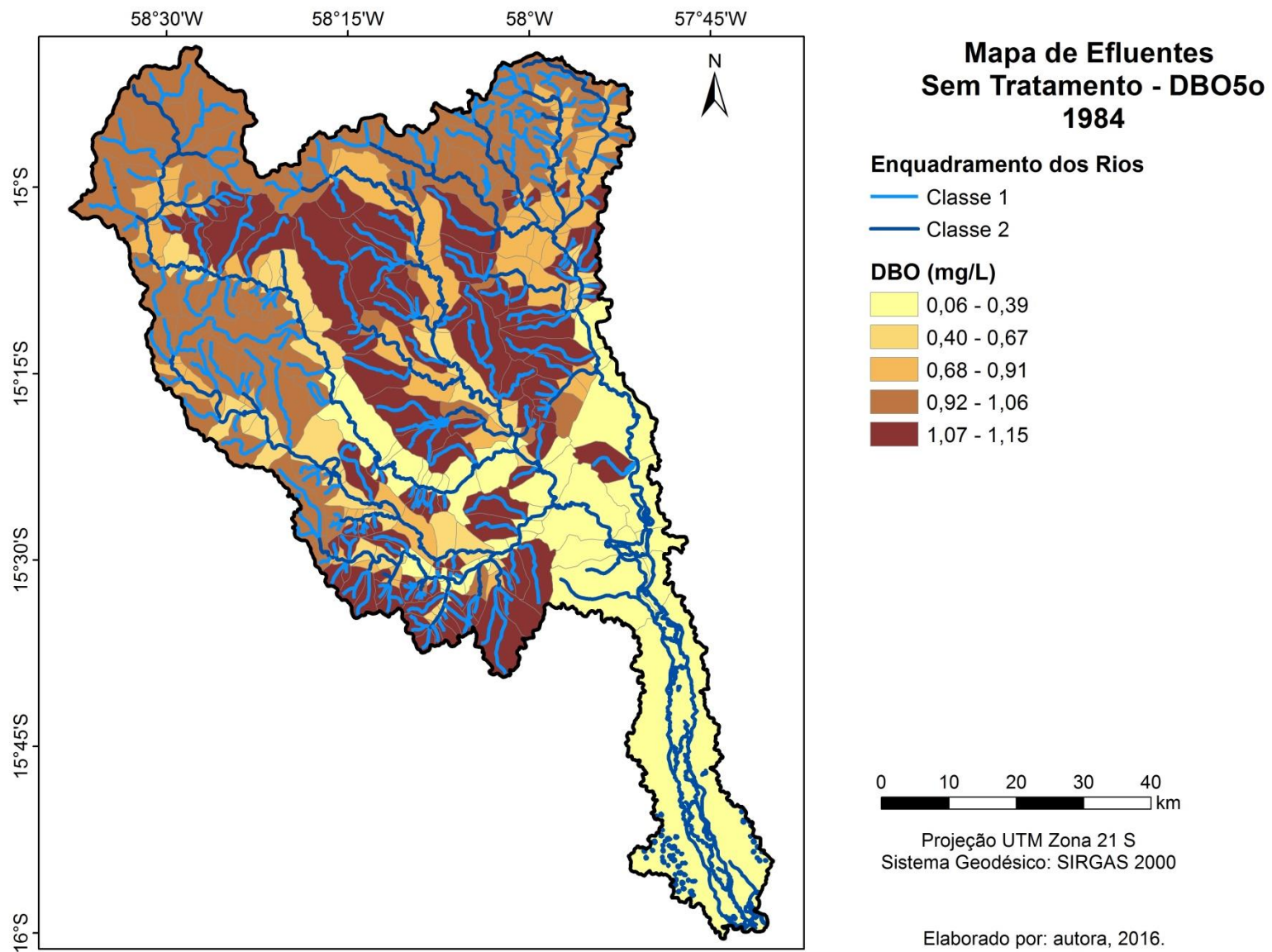


Figura 28: Efluente sem tratamento de 1984.

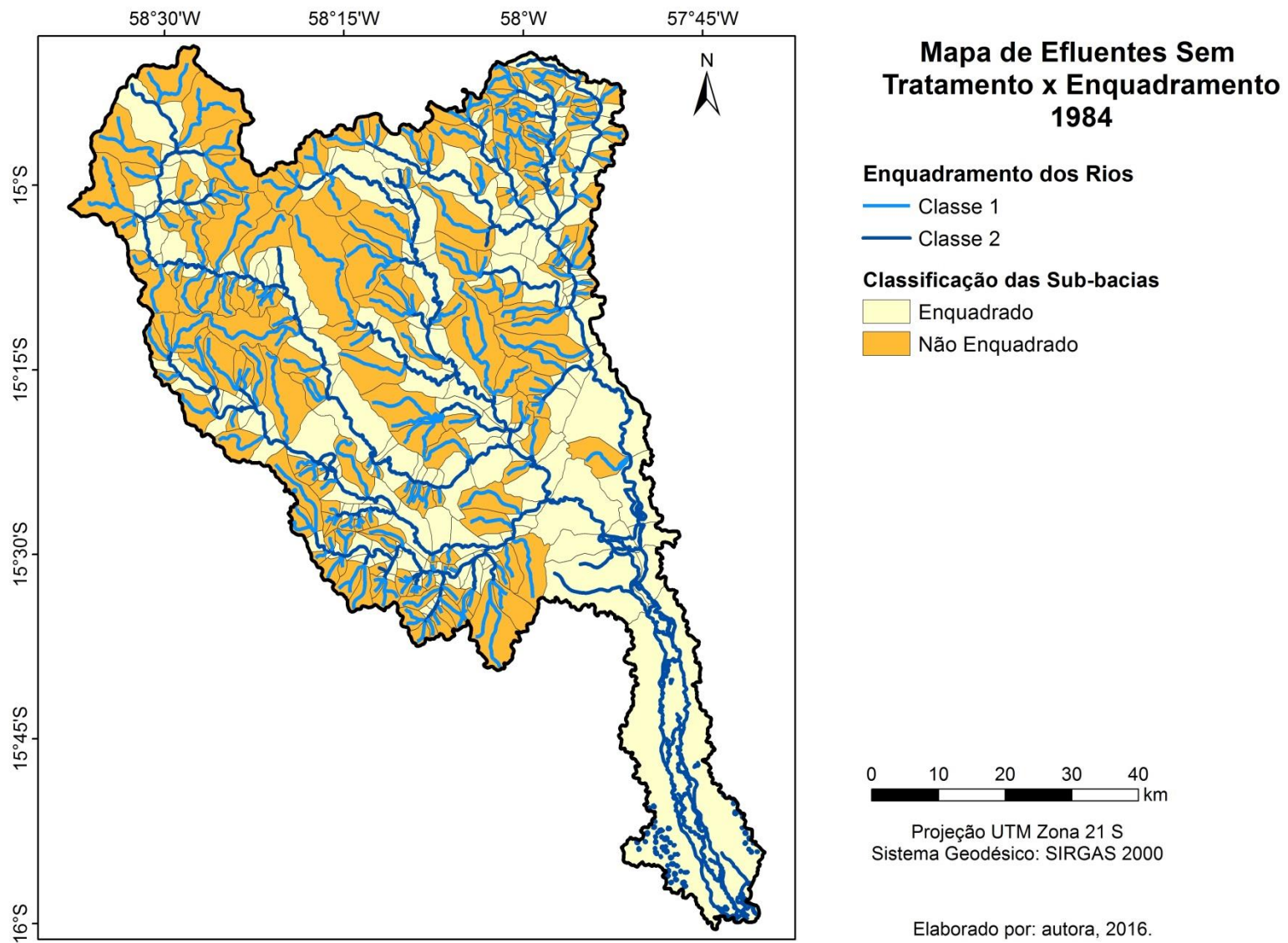


Figura 29: Efluente sem tratamento segundo Enquadramento de 1984.

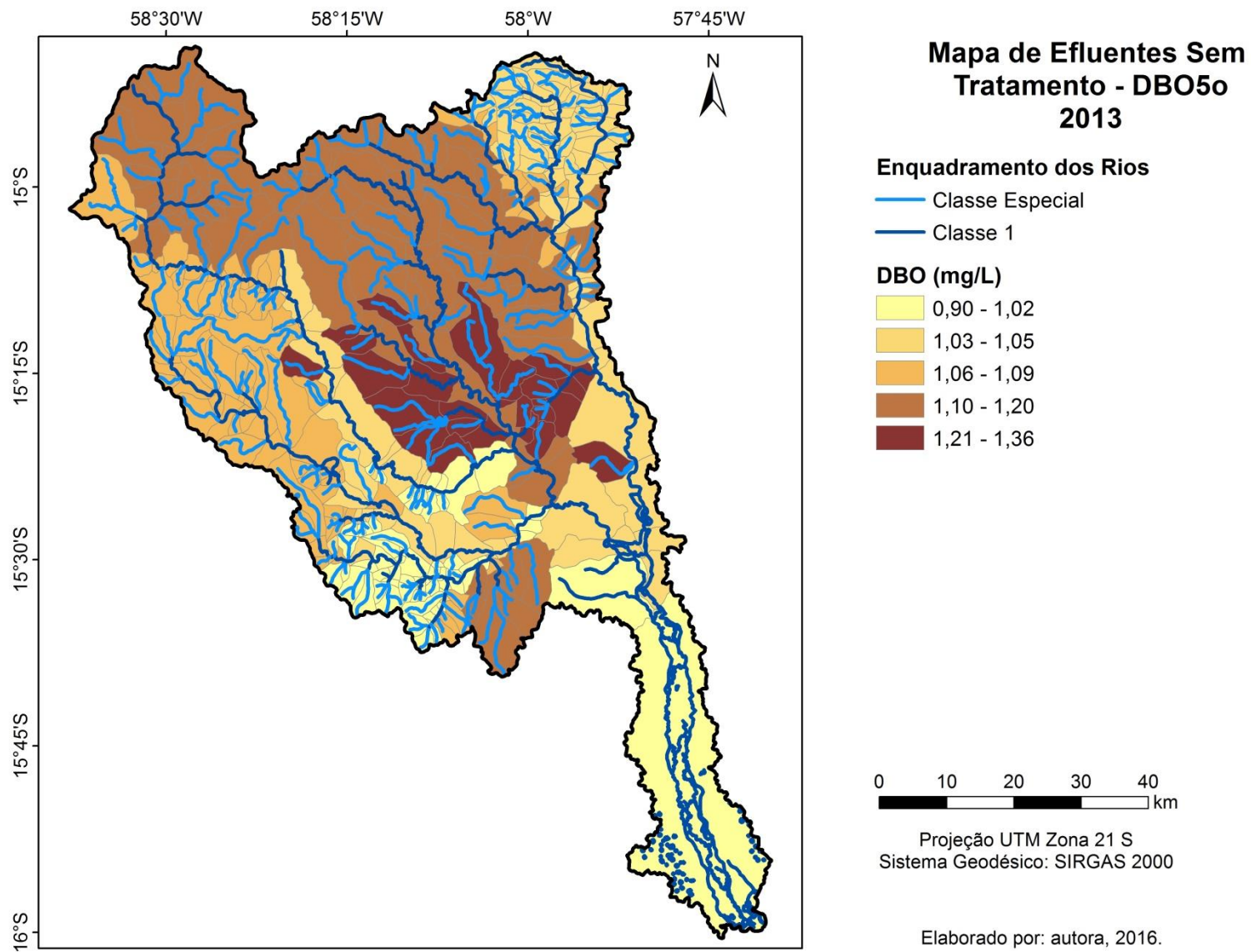


Figura 30: Efluente sem tratamento em 2013.

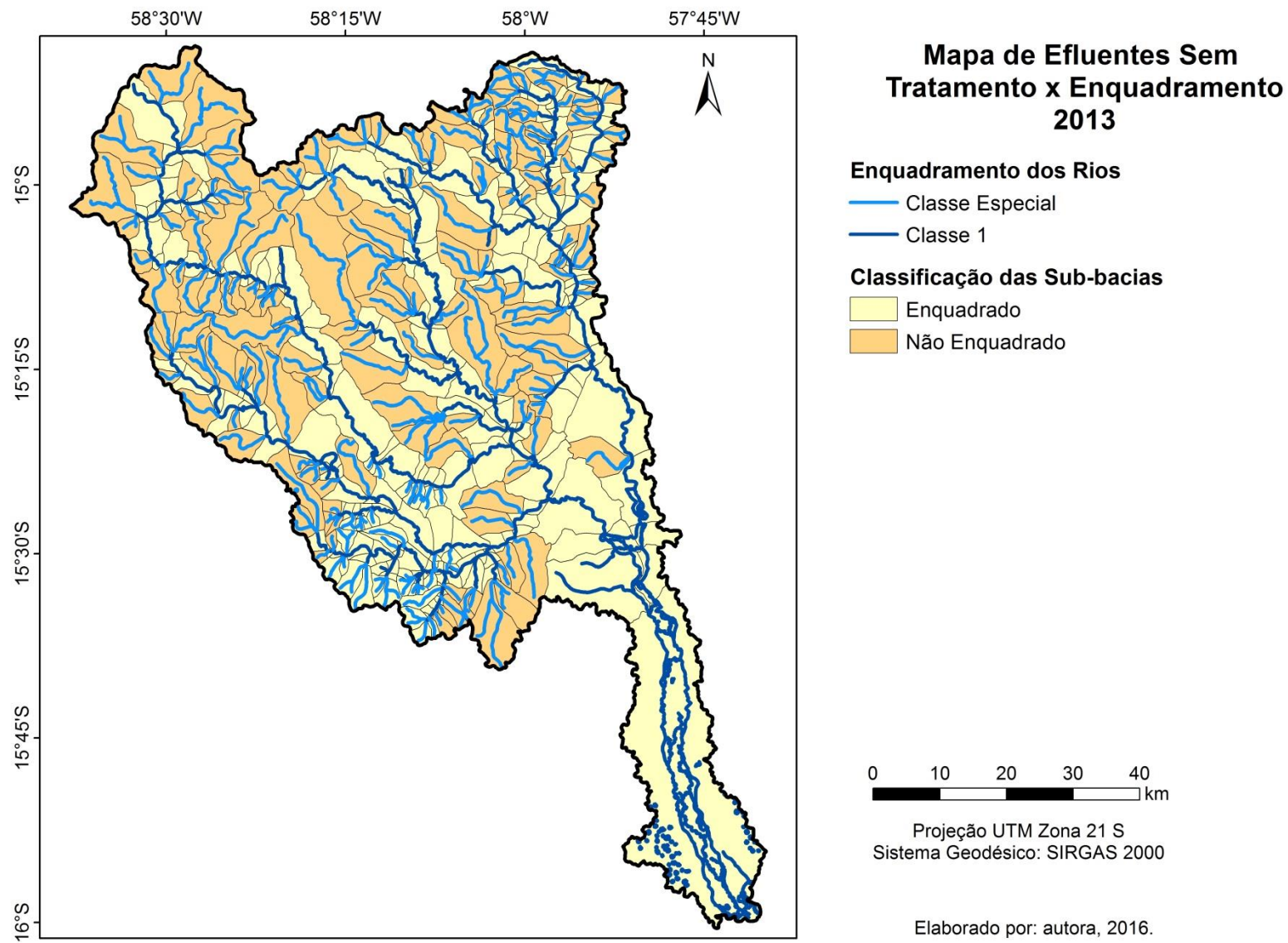


Figura 31: Efluente sem tratamento segundo Enquadramento em 2013.

5.4.3 - Efluente com tratamento DBO_{5ot} em 1984

Quando houve a aplicação dos cálculos considerando a proposta de tratamento do efluente da população com a remoção de 65% da carga de DBO, observamos que houve enorme diminuição das sub-bacias não enquadradas, conforme abaixo. (**Figuras 32, 33 e 34**):

- Classe 1

Das 190 bacias nesta classe, pode-se observar que todas as sub-bacias nesta classe ficaram enquadradas, pois os valores com tratamento de efluente variam entre 0,94 a 0,99 mg/L, estando portanto enquadrado, visto que o limite é 1,0 mg/L.

- Classe 2

Das 194 sub-bacias enquadradas na Classe 2, cujo padrão da DBO até 5mg/L. Identificamos que todas permanecem enquadradas, com valores de DBO que variam entre 0,05 e 1,00 mg/L, bem abaixo do permitido pela Portaria Minter nº 13/1976.

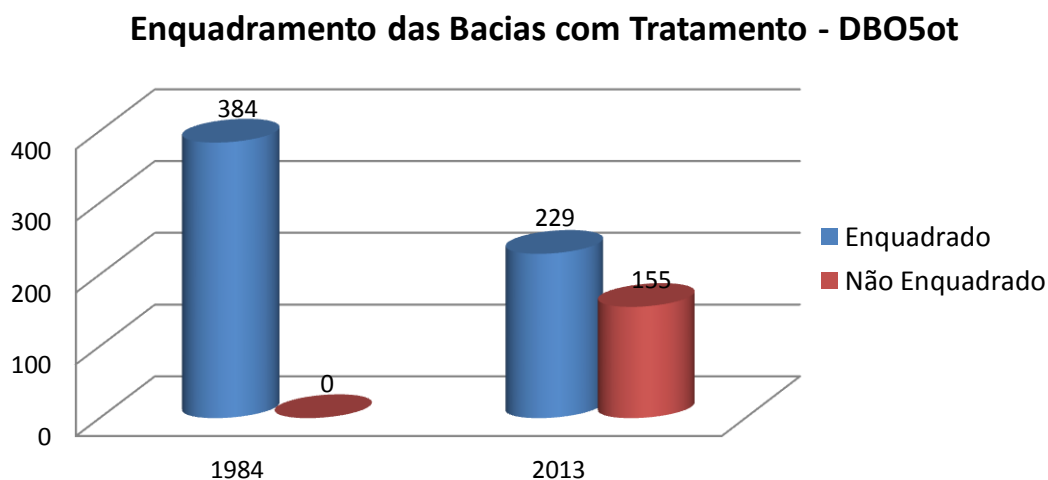


Figura 32: Enquadramento das sub-bacias com tratamento por ano.

5.4.4 - Efluente com tratamento DBO_{5ot} em 2013

Quando houve a aplicação dos cálculos considerando a proposta de tratamento do efluente da população com a remoção de 65% da carga de DBO, observamos que houve uma diminuição das sub-bacias não enquadradas, conforme abaixo. (**Figuras 35 e 36**):

- Classe Especial

Das 190 sub-bacias desta classe, 35 foram enquadradas e 155 não enquadradas, cujo padrão da DBO não é definido na legislação, e para esta classe considerou-se o valor de 1mg/L, pois está inferior ao limite permitido na Classe 1. Além disso, na Classe Especial não é permitido nenhum lançamento de efluente.

As sub-bacias enquadradas obtiveram valor do DBO com o tratamento do efluente de 1,00 mg/L, enquanto que as não enquadradas, os valores estavam na faixa de 1,02 a 1,20 mg/L.

- Classe 1

Existem 194 sub-bacias enquadradas nesta classe, cujo padrão da DBO até 3mg/L. Identificamos que todas estão enquadradas, com valores de DBO que variam entre 0,89 e 1,34 mg/L, bem abaixo do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

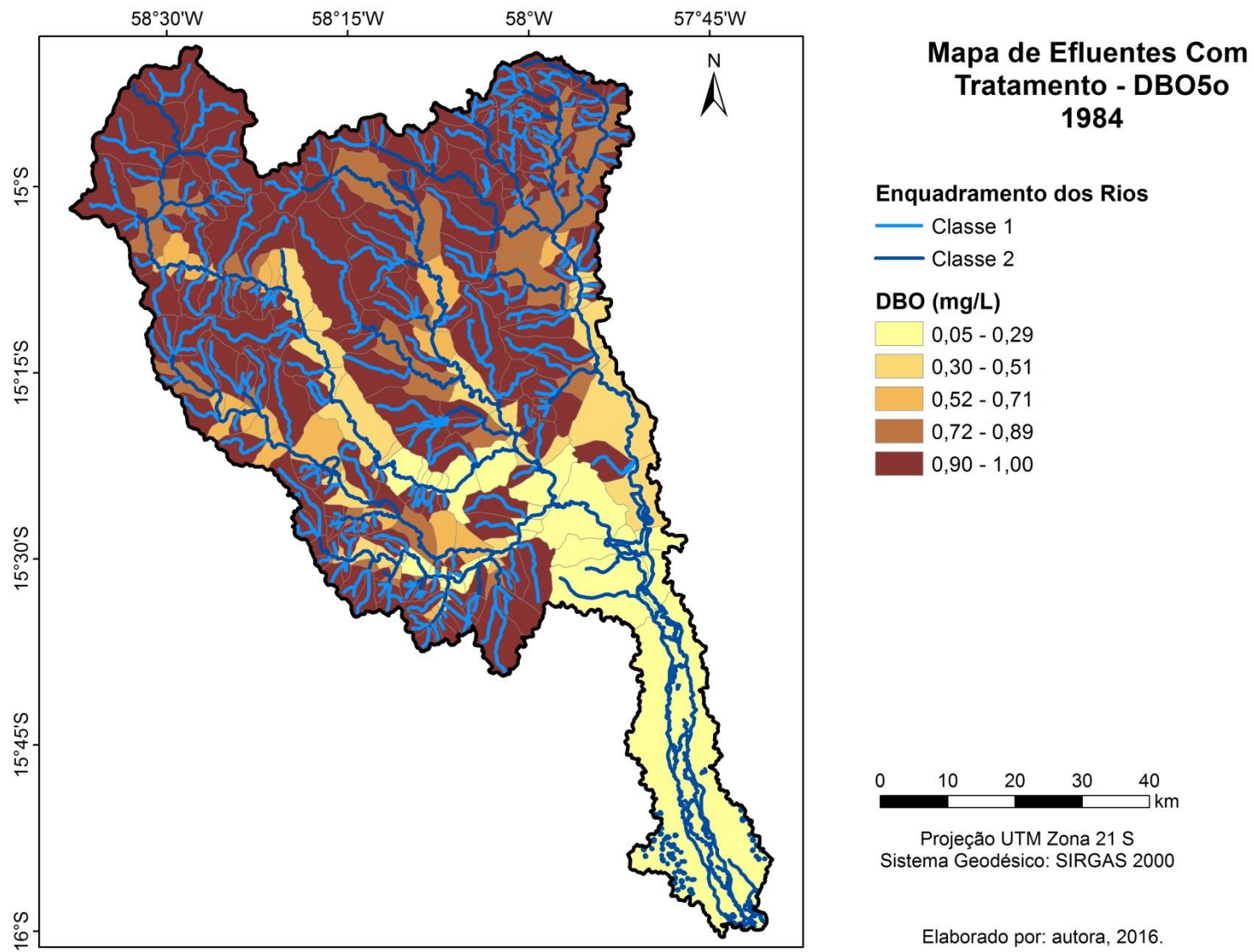


Figura 33: Efluente com tratamento em 1984.

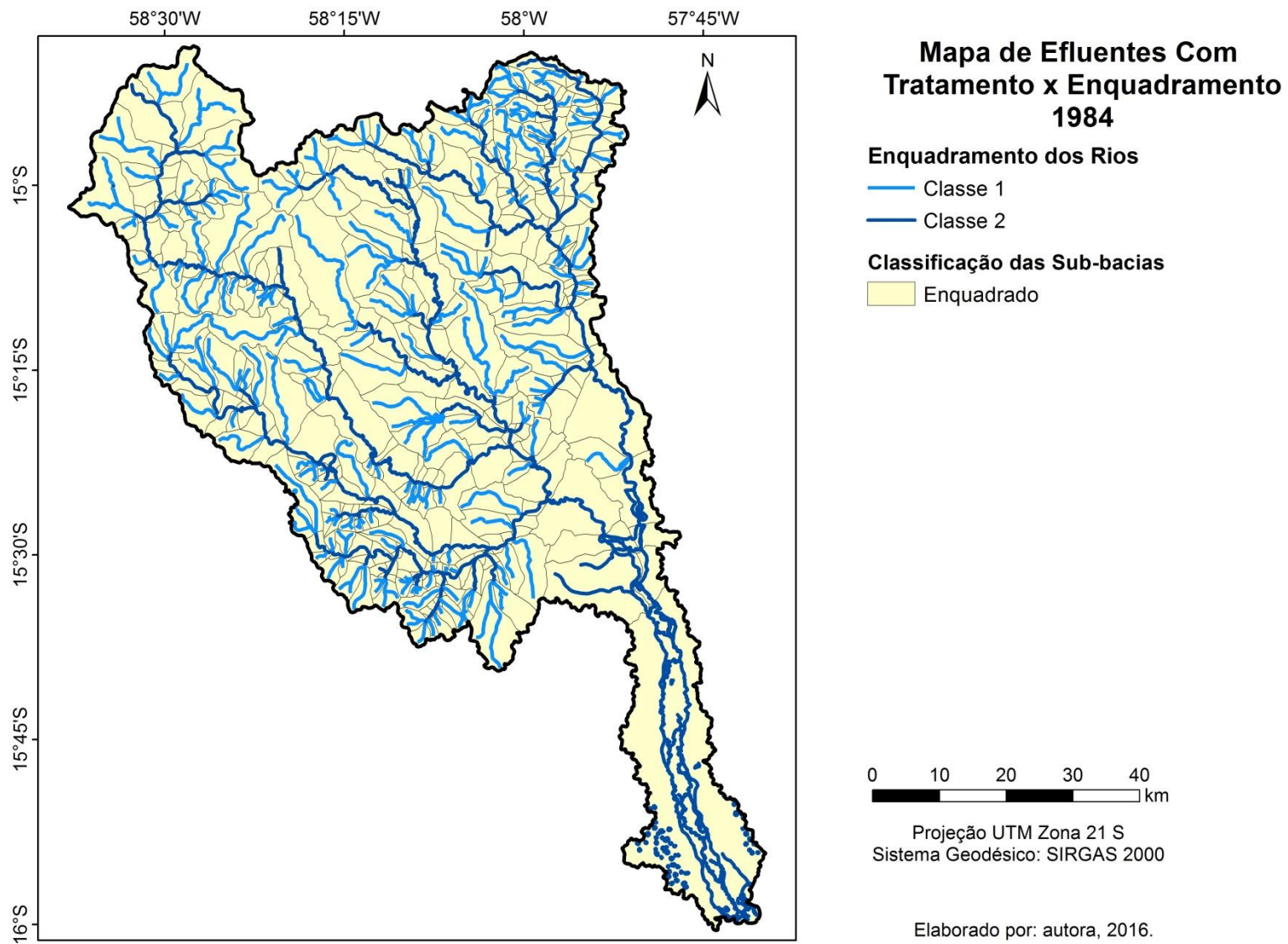


Figura 34: Efluente com tratamento segundo Enquadramento em 1984.

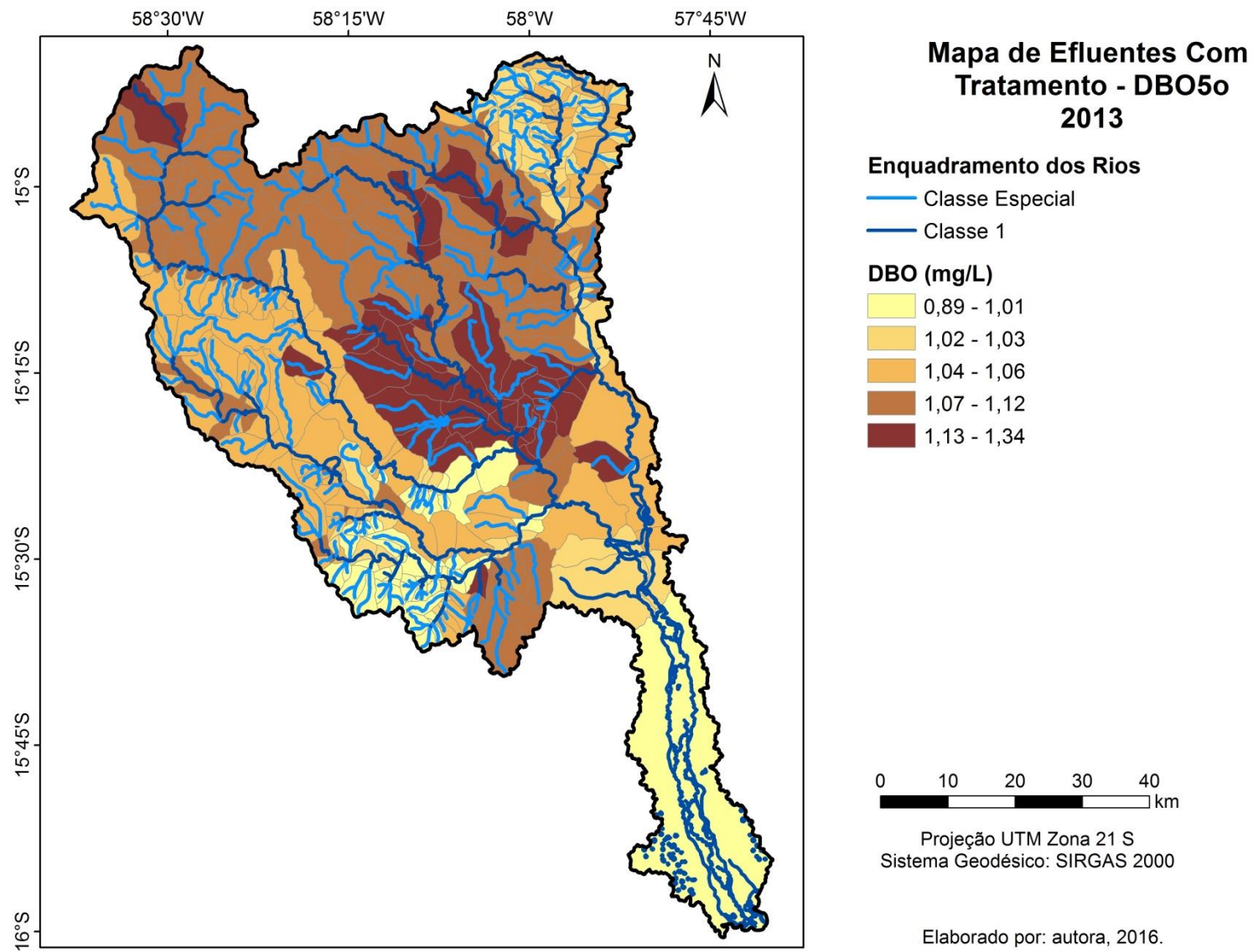


Figura 35: Efluente com tratamento em 2013.

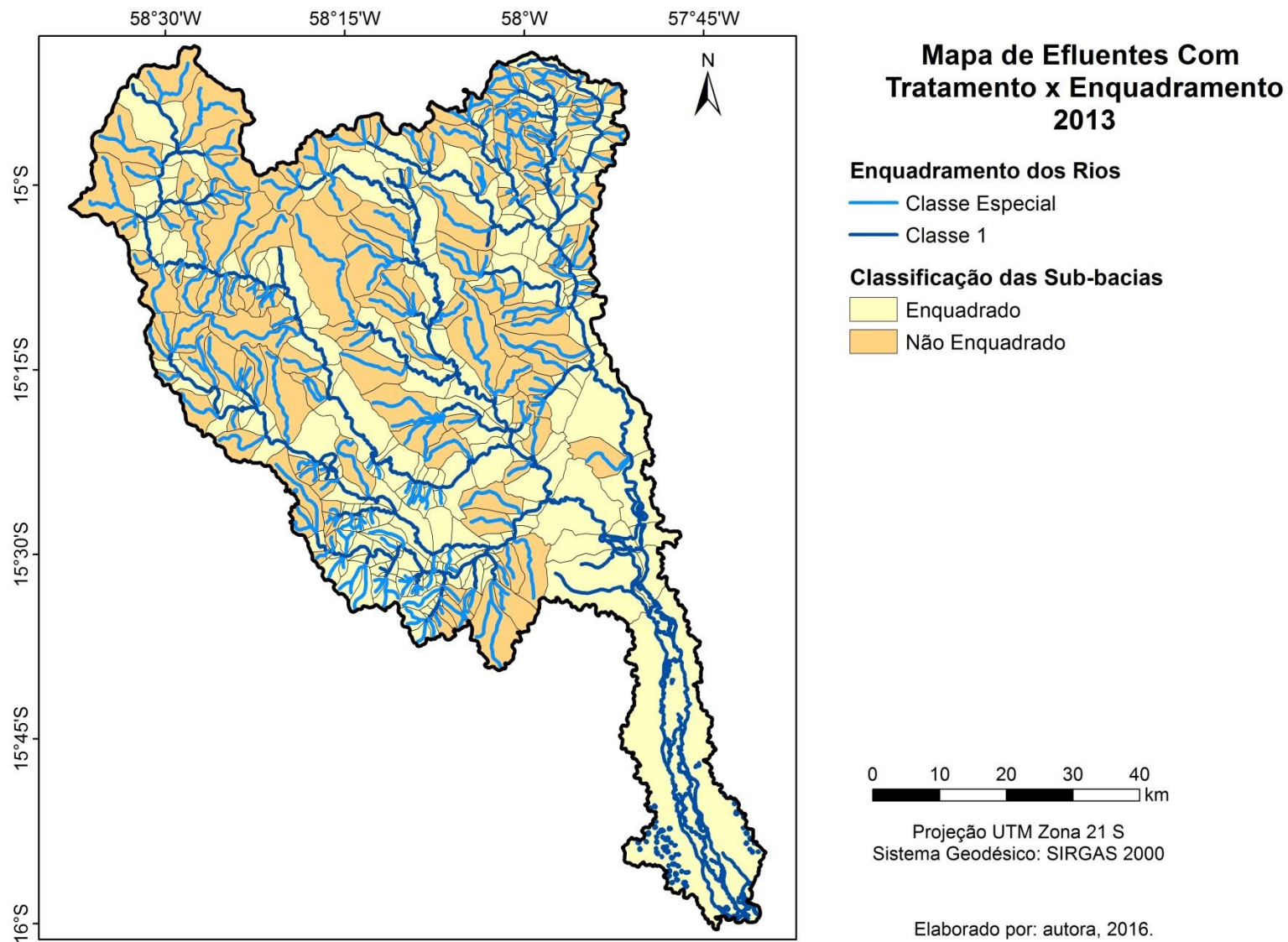


Figura 36: Efluente com tratamento segundo Enquadramento em 2013.....

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A bacia hidrográfica do rio Cabaçal foi avaliada segundo o enquadramento dos cursos d'água, nos anos de 1984 e 2013, considerando na questão legal, as legislações ambientais vigentes, sendo a Portaria Minter nº 13/1976 e a Resolução CONAMA nº 357/2005 e atualizações, respectivamente.

Em relação ao uso e cobertura da terra a bacia sofreu ação antrópica no tocante à supressão da vegetação nativa caracterizada por Floresta Estacional Decidual e Semidecidual e tipos de Savana (Parque, Arborizada, Gramíneo-Lenhosa e Florestada com associações) e a Mata Ciliar foram agrupados como Vegetação nas classificações temáticas de uso e cobertura da terra.

Ao analisar a mudança bitemporal do uso e cobertura da terra nos anos de 1984 e 2013 identificaram-se modificações do uso e cobertura, no qual houve pequeno aumento na Área Urbana (60,44%), sendo áreas de pouca urbanização dos municípios de Lambari d'Oeste, Reserva do Cabaçal e Rio Branco, pois a bacia encontra-se localizada em área predominantemente rural; o decréscimo da área de cultivo de Cana-de-açúcar (20,67%), em função da ampliação da Pastagem da ordem de 28,43%, respectivamente e a Vegetação, uma redução de 45,19%, causada pelo aumento da Pastagem já citada.

Os usos da água que mais se destacam pelo volume de água captada são: o Abastecimento Humano (97,74%) e a Irrigação de Cana-de-açúcar (1,89%), no ano de 1984 e em 2013 são: Irrigação de Cana-de-açúcar (59,91%) e Dessedentação Animal (28,24%), tornando a disponibilidade residual diferente nas datas estudadas.

Em relação à estimativa de disponibilidade hídrica da bacia observou-se que a disponibilidade hídrica residual em 1984 foi menor em relação ao ano de 2013, considerando os valores mínimos e máximos definidos nos Resultados, no item 5.2, os valores variam 17.683,34 m³/dia e 5.448,37 m³/dia, e esta diferença ocorre principalmente, pela redução da população residente.

Já a estimativa de demanda hídrica da bacia foi definida com base nos usos identificados na bacia, como o abastecimento humano da população residente, a irrigação da cana-de-açúcar e a dessedentação animal, que são comuns nas duas datas pesquisadas. Em 1984, a maior demanda era de abastecimento humano e a irrigação foi maior em 2013. Constata-se que a disponibilidade e demanda hídrica diminuíram entre os anos de 1984 e 2013, não em função da dinâmica apresentada

no uso e cobertura da terra e sim pela redução da população residente e aumento da Pastagem.

Para averiguar e definir o enquadramento dos cursos d'água usou-se o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nas duas leis ambientais vigentes já citadas. Apesar da redução da população residente na bacia, no período estudado, nota-se que não há nenhum tipo de tratamento de esgoto nos municípios que possuem território na bacia, o que é um fator de alerta para os gestores públicos e Comitê da bacia hidrográfica do rio Cabaçal. O que se leva a crer que toda a produção de esgotos na área de estudo vai diretamente para os córregos, prejudicando não somente a população que é abastecida por essa água, mas também podendo levar contaminação à cultura irrigada.

Considerando o lançamento de esgoto sem nenhum tipo de tratamento, pode-se concluir que em 1984, das 384 sub-bacias, 190 não foram enquadradas, segundo parâmetro da Classe 1 e 194 sub-bacias estão enquadradas na Classe 2, de acordo com Portaria Minter nº 13/1976 e em 2013, das 384 sub-bacias, 229 sub-bacias estão enquadradas e 155 não enquadradas, sendo 190 classificadas como Classe Especial tendo 35 enquadradas e 155 não enquadradas, e na Classe 1 tem-se 194 bacias enquadradas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Observa-se que mesmo, propondo o tratamento primário na carga de DBO da população, que possui uma eficiência de remoção de 35% da carga nas duas datas, pode-se concluir que: em 1984, todas as 190 sub-bacias classificadas como Classe 1 e as 194 sub-bacias como Classe 2 foram enquadradas conforme a Portaria Minter nº 13/1976. Em 2013, manteve-se a proporção de sub-bacias enquadradas e não enquadradas na Classe Especial, mesmo aplicando um tratamento mínimo de esgoto, sendo 35 e 155, respectivamente, do total de 384 sub-bacias. Na Classe 1 todas as 194 sub-bacias permanecem enquadradas, segundo os parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005.

No cenário de pior situação possível, verificou-se que nas informações dos setores censitários que na área da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, não possui tratamento de esgotos e há outro agravante, que interfere na qualidade das águas, a falta de estações de tratamento de esgotos. Apesar de haver rede coletora, este fato não é garantia de que os resíduos domésticos sejam tratados.

Considerando a hipótese apresentada na tese de que as transformações na cobertura vegetal e no uso da terra que ocorreram na bacia hidrográfica do rio

Cabaçal/MT interferiram na sua quantidade e na qualidade de sua água superficial, considerando que para o desenvolvimento das atividades agrícola e de pecuária foi efetuada a supressão vegetal, pelo contrário, as mudanças não interferiram ainda, na quantidade e qualidade da água do rio, pois a população é predominantemente rural, não houve crescimento populacional que possivelmente possa causar algum dano.

De maneira geral, pode-se concluir que mesmo sem uma prática efetiva do tratamento de esgotos, pode-se considerar que em relação à legislação mais recente a bacia hidrográfica do rio Cabaçal, pode melhorar a condição do enquadramento das sub-bacias, principalmente as classificadas na Classe Especial e não foram enquadradas, recomenda-se que sejam aplicadas medidas de implantação de política de saneamento básico com o mapeamento e ampliação da rede coletora, instalação de estações de tratamento de esgoto, em cada município na área da bacia, principalmente estimando que haja um aumento da população residente no futuro.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO, J. J.; GALO, M. L. B. T. Utilização de Redes Neurais Artificiais na classificação da cobertura da terra na área de influência do reservatório de Porto Colômbia em 1987 e 2009. 2011. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, pp: 6618 - 6625. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0576.pdf>>, Acesso em: 04 abr 2017.
- ALMEIDA, J. G. A. **Políticas Públicas e Gestão Ambiental**. 2016. 52p. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cea/files/2011/12/JulianAlmeida.pdf>>, Acesso em: 12 ago 2016.
- ARANTES, D. M.; MARTINS, A. C. G.; LOURENÇO, R. W. Avaliação temporal do contorno urbano da cidade de Sorocaba através do crescimento de regiões e lógica fuzzy. **Anais...** V Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2006, Curitiba, PR.
- ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.. Mapeamento das novas formas de ocupação urbana por meio da análise orientada a objeto. Estudo de caso: Aglomeração Urbana de Piracicaba. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.13.23/doc/569-576.pdf?languagebutton=pt-BR>>, Acesso em: 15 out 2015.
- ANA. (Agência Nacional de Águas). **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas**. 2015. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=47&currTab=distribution>>, Acesso em: 15 mar 2015.
- ANA. (Agência Nacional de Águas). **Disponibilidade Hídrica**. In: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. 2016. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/aceso-tematico/qualidade-de-agua>>, Acesso em: 28 dez 2016.
- ANA. (Agência Nacional de Águas). **Enquadramento**. 2017. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx>. Acesso em: 28 abr 2017.
- ANA. (Agência Nacional de Águas). **Plano Nacional de Recursos Hídricos - Panorama e estados dos recursos hídricos do Brasil**. Volume 1. Brasília-DF: MMA. 2006 208p.
- ANTUNES, M. A. H., GLERIANI, J. M., DEBIASI, P. 2012. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: **Proceedings of the IEEE IGARSS2012**, Munich, 2012, pp. 6549-6552.
- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. São Paulo:Saraiva, 2004, 328p.
- BARRERA LOBATÓN, M. S. Manejo de cuencas hidrográficas durante el siglo XX. Un análisis desde la Geografía; En: MONTROYA, J.W.- (Editor); **Lecturas en Teoría de la Geografía**; Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009, pp.233 - 256.
- BENDER, M. **Zoneamento ambiental e avaliação dos recursos hídricos na sub-bacia do rio Rocinha, município de Lauro Muller, SC**. 1998. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. 195p. Disponível em: <repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/78020>, Acesso em: 14 ago 2016.

BRASIL (Ministério do Interior). **Portaria GM nº0013 de 15 de janeiro de 1976: Classificação das águas interiores do território nacional**. Brasília, DF: Editora Brasiliense, 1976.

BRASIL (Ministério do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986**. 1986. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL (Ministério do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL (Ministério do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA nº 410 de 04 de maio de 2009**. 2009. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=603>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL (Ministério do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL. (Ministério das Minas e Energia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SD.21 Cuiabá - Levantamento de Recursos Naturais: Geologia, Geomorfologia, Exploração de solos; Vegetação; Capacidade de uso dos recursos naturais renováveis; Avaliação do relevo. Rio de Janeiro: IBGE, 1982a. v.26 540p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv13269.pdf>>, Acesso em: 31 jul 2016.

BRASIL. (Ministério das Minas e Energia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20 - Levantamento de Recursos Naturais: Geologia, Geomorfologia, Exploração de solos; Vegetação; Capacidade de uso dos recursos naturais renováveis; Avaliação do relevo. Rio de Janeiro: IBGE, 1982b. v.27 452p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv13270.pdf>>, Acesso em: 31 jul 2016.

BRASIL. **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil de 16 de julho de 1934**. 1934a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao34.htm>, Acesso em: 10 ago 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>, Acesso em: 10 jul 2015.

BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934**. 1934b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>, Acesso em: 10 ago 2016.

BRASIL. **Decreto nº 4.297 de 10 de julho de 2002**. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001**. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm>, Acesso em: 10 jul 2015.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.661 de 16 de maio de 1988**. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7661.htm>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>, Acesso em: 10 jul 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>, Acesso em: 10 jul 2016.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. New York:Oxford University Press, 1986, 194p.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In.: CASANOVA, M.;CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Banco de Dados Geográficos**. Livro Online, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/cap1.pdf>>, Acesso em: 17 ago 2015.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 16. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>>, Acesso em: 28 jan2013.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; II, F. M.; SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20: (3), 395-403, May-Jun, 1996

CAMPOS, J. M.; NEVES, S. M. A. S. Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Paraguai/Jauquara - MT. 2009. **Anais...** V Conic/2ª Jornada Científica da Unemat. Barra do Bugres – MT. Disponível em: <http://www.unemat.br/eventos/jornada2009/resumos_conic/Expandido_00095.pdf>, Acesso em: 22 jun 2015.

CHILDS, C. **The Top Nine Reasons to Use a File Geodatabase. A scalable and speed choice for single users or small groups**. 2009. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcuser/0309/files/9reasons.pdf>>, Acesso em: 15 jan 2015.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. Second Edition*, CRC Press, Danvers, EUA. 2009

CRUZ, Z. Q.; RIBEIRO, G. P. Ensaio de Segmentação e Classificação de Imagem CBERS Utilizando o Sistema SPRING em Uma Unidade de Conservação Ambiental - Estudo de Caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). In: **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**; Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. 2003. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B e GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2003. p: 43-79.

- DELMON, J. M. G.; NEVES, S. M. A. S. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do uso da terra nas áreas especiais da bacia do rio Paraguai/Jauquara, MT - Brasil. **Anais... IV CONIC - Congresso de Iniciação Científica da Unemat**, 2008, Cáceres, MT. 1ª Jornada de Iniciação Científica da Unemat. Cáceres: Editora da Unemat, 2008. Disponível em: <http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00675.pdf>, Acesso em: 12 jan 2017.
- EMBRAPA. (Embrapa Monitoramento por Satélite). **Estado de Mato Grosso**. 2016. Disponível em: <<http://www.qmdmt.cnpm.embrapa.br/712.htm>>, Acesso em: 24 jan 2017.
- ESRI. (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS for Desktop Advanced**. Release 10.4.1. Redlands, CA, 2016.
- ESRI. (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS Resource Center - Geodatabases**. 2015b. Disponível em <<http://resources.arcgis.com/content/geodatabases/10.0/about>>, Acesso em: 15 jan 2015.
- ESRI. (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS Resource Center - Shapefile file extensions**. 2015a. Disponível em: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/Shapefile_file_extensions/005600000003000000/>, Acesso em: 06 mar 2015.
- ESRI. (Environmental Systems Research Institute). **Combinação de Bandas do Landsat 8**. 2016. Disponível em: <<https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>>, Acesso em: 02 jan 2016.
- ESRI. (Environmental Systems Research Institute). **Type of Geodatabases**. 2016. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/types-of-geodatabases.htm>>, Acesso em: 02 jul 2016
- FGV. (Fundação Getúlio Vargas). **Nosso futuro comum**. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988, 430p.
- FIRL, G. J.; CARTER, L.; EVANGELISTA, P.; GRAHAM, J. **Lesson 10: Calculation Vegetation Indices from Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+ Data**. 2011. Colorado State University. Colorado, CO, USA. Disponível em: <http://ibis.colostate.edu/WebContent/WS/ColoradoView/TutorialsDownloads/CO_RS_Tutorial10.pdf>, Acesso em: 18 ago 2016.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo. Oficina de Textos, 2007. 101p.
- GOMES, P. C. C. O conceito de região e sua discussão. In: **Geografia: Conceitos e Temas**. (Orgs: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. A.). Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1995, pp:49-76.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000. 509p.
- GULIATO, D. **Combinação de Algoritmos de Segmentação por Operadores de Agregação**. Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/36198151_Combinacao_de_algoritmos_d>

e_segmentacao_de_imagens_por_operadores_de_agregacao>, Acesso em: 15 set 2016.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Resolução do Presidente nº 01/2005. 2005. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf>, Acesso em: 13 jun 2015.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades do Estado de Mato Grosso**. 2016c. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=51&search=mato-grosso>, Acesso em: 28 jul 2016.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Divisão municipal em 1980**. 2016b. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>, Acesso em: 21 jul 2016

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Divisão municipal em 2014**. 2016a. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>, Acesso em: 03 jul 2016

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Pedologia** - Manuais Técnicos em Geociências nº 4. 2ª Edição. IBGE. 2007. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>, Acesso em: 14 jan 2017.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Mapa de Compartimentos de Relevo do Brasil** - Atlas Nacional do Brasil. 4ª Edição. IBGE. 2002. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>, Acesso em: 30 jul 2016.

IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Resolução do Presidente nº 01/2005: Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. 2005. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf>, Acesso em: 13 jun 2015.

INCRA. (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). **Assentamentos Rurais**. 2016. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/assentamento>, Acesso em: 03 ago 2016.

INPE. (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Manual do SPRING**. [online]. 2015. Disponível em: <www.inpe.br/spring>, Acesso em: 22 de julho de 2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

LABGEO UNEMAT (Laboratório de Geotecnologias aplicadas aos estudos socioambientais e interdisciplinar da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT). **Shapefile de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Alto Paraguai**. 2015.

LANDIS, J. R., & KOCH, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, 33(1), 159–174. Disponível em: <http://doi.org/10.2307/2529310>, Acesso em: 12 set 2016.

LOURENÇO, J. S. Q.; CRUZ, C. B. M.; SOUZA, E. M. F. R.; BARROS, R. S. Classificação da Ocupação Urbana por meio de imagens orbitais no suporte ao monitoramento mesoescala (1:100.000) com auxílio de mineração de dados. 2013.

Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu - PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, pp: 2237-2344. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1263.pdf>>, Acesso em: 04 abr 2017.

MAGRINI, A.; SANTOS, M. A. 2001. **Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas**. Rio de Janeiro:UFRJ; COPPE; Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais, 271p.

MARIN, F. B. **Relação entre cultura e clima**. 2016. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html>, Acesso em: 29 dez 2016.

MATO GROSSO (Assembleia Legislativa - ALMT). **Constituição do Estado de Mato Grosso: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1989, com as alterações adotadas pelas emendas constitucionais nº 01/1991 a 71/2014..** Cuiabá, MT: ALMT. 2014. Disponível em: <https://www.al.mt.gov.br/arquivos/legislacao/constituicao_estadual.pdf>, Acesso em: 10 jul 2015.

MATO GROSSO (Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Mato Grosso - SEPLAN). **Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso de 1984**. 2016a. Disponível em: <<http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/anuarios/68-90/1984/capa.html>>, Acesso em: 27 jul 2016.

MATO GROSSO (Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Mato Grosso - SEPLAN). **Anuário Estatístico do Estado de Mato Grosso de 2013**. 2016b. Disponível em: <<http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/anuarios/68-90/1984/capa.html>>, Acesso em: 27 jul 2016.

MATO GROSSO. **Lei Estadual nº 6.945 de 05 de novembro de 1997**. 1997. Disponível em: <<http://oads.org.br/leis/2913.pdf>>, Acesso em: 10 jul 2016.

MATO GROSSO. **RESOLUÇÃO Nº 27, DE 09 DE JULHO DE 2009**. 2009. Disponível em: <<http://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2014/10/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n.-027-CEHIDRO-2009-Regulamenta-o-Regime-de-Outorgas-de-Direitos-de-uso-de-Recursos-H%C3%ADricos-no-Estado-do-Mato-Grosso.pdf>>, Acesso em: 22 dez 2016.

MATO GROSSO. **Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá/MT: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral - SEPLAN, 2008. 338p.

MENDES, C. L., **Classificação por Máxima Verossimilhança num Ambiente Maciçamente Paralelo**. Projeto Estra e Projeto Computação 87/1786-1, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.

MENDES, M. F.; NEVES, S. M. A. S.; SILVA, J. S. V.; NEVES, R. J.; SILVA, T. P. Perfil dos agricultores familiares extrativistas da região sudoeste mato-grossense, pertencente à bacia do Alto Paraguai - Brasil. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 94 - 109, set.- dez., 2014. DOI: 10.4025/bolgeogr.v32i3.21219. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/21219/pdf_33>, Acesso em: 14 jan 2017.

MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. UNB/CNPq, Brasília – DF, pp:1-33, 2012. Disponível em:

<<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>, Acesso em: 15 jul 2015.

MENESES, P. R.; SANO E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: Meneses, P. R.; Almeida, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed Brasília: UNB, 2012. cap.12, p.191-208.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 425p.

MIRANDOLA-AVELINO, P. H. **Análise Geo-ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: Um exemplo aplicado à Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil**. Rio de Janeiro:/UFRJ/Geociências, 2006. 317p. (Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG).

MMA. **Biomás Brasileiros**. 2016. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>, Acesso em: 30 jul 2016.

MOREIRA, M. A. **Tratamento de Dados Digitais**. In: MOREIRA, M.A Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3ª edição atualizada e ampliada - Viçosa, MG: Editora UFV, 2005, pp: 285 a 289.

MORESCHI, I. C.; PAES, R. P.; CALHEIROS, D. F. Poluição Difusa na Bacia Hidrográfica do rio Miranda, Mato Grosso do Sul. In: **E&S - Engineering and Science**, 2015, ISSN: 2358-5390, DOI: 10.18607/ES20154042, Volume 2, Edição 4, pp: 75-86 Disponível em: <periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3176>, Acesso em: 28 dez 2016.

NASA. (National Aeronautics and Space Administration). **Dados sobre o satélite Landsat 5**. 2015b. Disponível em:<http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php>, Acesso em 13 jul 2015.

NASA. (National Aeronautics and Space Administration). **Landsat 8 – Spacecraft and Instruments**. 2015a. Disponível em: <http://ldcm.nasa.gov/spacecraft_instruments.html>, Acesso em: 13 jul 2015.

NASCIMENTO, I. S. **Avaliação do enquadramento dos cursos d'água na Bacia Hidrográfica do rio Macacu (RJ)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, 78p. 2007. Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ.

NASCIMENTO, I. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. A. S. Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Iso cluster do software ArcGIS for Desktop, com uso de imagem Landsat 8 do município de Cáceres/MT. **Revista Continentes**, Ano 5, nº 8, p. 48 - 62, 2016. Disponível em: <<http://tiagomarinio.com/continentes/8/ART4.pdf>>, Acesso em: 10 jan 2017.

NASCIMENTO, I. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; KREITLOW, J. P.; DASSOLLER, T. F. Conservação das Áreas de Preservação Permanente no Assentamento Roseli Nunes, Região Sudoeste do Estado de Mato Grosso. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, p. 1 - 8, 2014. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/16434>>, Acesso em: 14 jan 2017.

NASCIMENTO, V. M.; VAN BELLEN, H. M.; COELHO, C.; NASCIMENTO, M. Instrumentos de políticas públicas e seus impactos para a sustentabilidade. **A Economia em Revista - AERE**, v.22, n. 2. Dez, 2014. pp: 113-124. DOI: <<http://dx.doi.org/10.4025/aere.v22i2.12791>>, disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EconRev/article/view/12791>>, Acesso em: 18 jan 2017.

NEVES, L. F. S.; NEVES, S. M. A. S.; CANALE, G. R. Análise da fragmentação de Cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapeí, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem - DOI 10.5216/ag.v8i2.21557. **Ateliê Geográfico**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 130-149, maio, 2014. ISSN 1982-1956. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/21557>>, Acesso em: 12 jan. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5216/ag.v8i2.21557>.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 3ª Edição Revista e Ampliada. São Paulo: Editora Blücher, 2008. 363p.

PDRH-BG. 2005. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara**, Rio de Janeiro – out, 2005

PECCATIELLO, A. F. O. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 24, p. 71-82, jul./dez. 2011. Editora UFPR, Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/made/article/viewFile/21542/17081>>, Acesso em: 11 ago 2016.

PRETTE, M. E. D.; MATTEO, K. C. Origens e Possibilidades do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2006. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: Subprograma de Políticas de Recursos Naturais. Caderno de Referência - Subsídios ao Debate. Brasília, CID Ambiental 2006. Disponível em:<www.mma.gov.br>, Acesso em: 27set 2006.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3º Edição; Escrituras Editora. São Paulo, 2006

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000. 220p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza, CE: Edições UFC, 2013. 370p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 2005, pp. 81-90. Disponível em: <http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf>, Acesso em: 13 ago 2015.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 12, p. 89-121, nov. 1998. ISSN 2236-2878. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53736/57699>>, Acesso em: 14 aug. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.7154/RDG.1998.0012.0005>.

RUBIM, I. B.; COELHO, R. C. S.; BARROS, R. S.; CRUZ, C. B. M. Correção atmosférica de recorte de imagem do RapidEye com diferentes modelos atmosféricos e estimativas de visibilidades no 6S e Atcor. 2015. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pp: 1447-1454. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0270.pdf>>, Acesso em: 14 ago 2016.

SANTOS, R. H. L. **Mapeamento da Vegetação Natural e Análise da Fragmentação Florestal Utilizando Imagens de Alta Resolução Espacial e de Classificadores Baseados em Objetos**. Rio de Janeiro:/UFRJ/Geociências, 2013. 122p. (Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG). Disponível em: <<http://objdig.ufrj.br/16/teses/814446.pdf>>, Acesso em: 04 abr 2017.

SÃO PAULO (CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Glossário - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). 2016. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/institucional/glossario/>>, Acesso em: 14 ago 2016.

SÃO PAULO (IPTSP - Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública). **Avaliação de Testes Diagnósticos**. 2015, pp: 21- 40. Disponível em: <<https://posstrictosensu.iptsp.ufg.br/up/59/o/Modulo2-Avaliacaodetestesdiagnosticos.pdf>>, Acesso em: 12 out 2015.

SILVA JÚNIOR, C. A.; NANNI, M. R.; CEZAR, E.; GASPAROTTO, A. C.; ROMAGNOLI, R.; SILVA, G. F. C.; SILVA, A. A.; OLIVEIRA, R. B. Rede neural artificial (perceptron) aliada a índices de vegetação na estimativa de áreas com plantas de soja. 2015. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pp: 2613-2620. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0522.pdf>>, Acesso em: 04 abr 2017.

SILVA, J. S. V. e SANTOS, R. F. Zoneamento para Planejamento Ambiental: Vantagens e Restrições de Métodos e Técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004.

SOARES, F. S.; ALMEIDA, R. K.; RUBIM, I. B.; BARROS, R. S.; CRUZ, C. B. M; MELLO, G. V.; NETO, J. A. B. Análise comparativa da correção atmosférica de imagem Landsat 8: o uso do 6S e do ATCOR2. 2015. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pp: 1821-1828. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0358.pdf>>, Acesso em: 14 ago 2016.

SOUSA, G. M.; FERNANDES, M. C.; COSTA, G. A. O. P. Modelagem do conhecimento aplicada a susceptibilidade de ocorrência de incêndios no Parque Nacional de Itatiaia. 2015. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, pp: 4822-4827. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0941.pdf>>, Acesso em: 04 abr 2017.

SUAREZ, A. F. e CANDEIAS, A. L. B.. **Avaliação de Acurácia da Classificação de Dados de Sensoriamento Remoto para o Município de Maragogipe**. In.: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, p. 5 - 10, 2012.

SUTTON, P. C.; TAYLOR, M. J.; ANDERSON, S.; ELVIDGE, C. D. Sociodemographic characterization of urban areas using nighttime imagery, Google Earth, Landsat, and “social” ground truthing. In: WENG, Q.; QUATTROCHI, D. A. (Eds.). **Urban Remote Sensing**. Cap.14. p. 291-310. Boca Raton, FL., USA: Taylor & Francis Group, 2007. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=0Oi8-JOh1hgC&oi=fnd&pg=PA291&dq=info:ODnHHMwu-LEJ:scholar.google.com&ots=Fe4Rb4NgLv&sig=G29nLuRX0SUHOiuGX_WNu5R2ln4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>, Acesso em: 15 out. 2015.

USGS (United States Geological Survey). **Frequently asked questions about Landsat Missions – What are the best spectral bands to use for my study?**. 2015a. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/best_spectral_bands_to_use.php>, Acesso em: 14 ago 2015.

USGS (United States Geological Survey). **Imagens SRTM**. 2015. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>, Acesso em: 12 set 2015.

USGS (United States Geological Survey). **Satélite Landsat 5**. 2015b. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php>, Acesso em: 13 jul 2015.

VERMOTE, E. F., TANRE, D., DEUZE, J. L., HERMAN, M., MORCRETE, J. J. 1997. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE Trans. Geosc. And Remote Sens.** 35 (3): 675-686.

VON SPERLING, M. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª Edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 243p.

WADE, T; SOMMER, S. **A to Z GIS: An Illustrated dictionary of geographic information systems**. Redlands, CA: Esri Press, 2nd Edition. 2006. 268p.

ANEXO

ANEXO A - ARTIGOS PRODUZIDOS

Os artigos produzidos derivados da tese estão listados abaixo:

NASCIMENTO, I. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; KREITLOW, J. P.; DASSOLLER, T. F. Conservação das Áreas de Preservação Permanente no Assentamento Roseli Nunes, Região Sudoeste do Estado de Mato Grosso. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, p. 1 - 8, 2014. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/16434>>.

NASCIMENTO, I. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. A. S. Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Iso cluster do software ArcGIS for Desktop, com uso de imagem Landsat 8 do município de Cáceres/MT. **Revista Continentes**, Ano 5, nº 8, p. 48 - 62, 2016. Disponível em: <<http://tiagomarino.com/continentes/8/ART4.pdf>>.