

PATRICIA SILVA FERREIRA

DINÂMICAS TERRITORIAIS: USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE – MS, A EXPANSÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia *Strictu Sensu* Área de Concentração: Produção do Espaço Regional e Fronteira em nível de Mestrado, da Faculdade de Ciências Humanas, da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados (MS) como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Charlei Aparecido da Silva

DOURADOS, MS
2016

PATRICIA SILVA FERREIRA

DINÂMICAS TERRITORIAIS: USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE – MS, A EXPANSÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

EXAMINADORES

Prof. Dr. Charlei Aparecido da Silva (orientador) – UFGD

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho – UFMS

Prof. Dr. Claudio Antonio Gonçalves Egler – UFGD

Prof. Dr. Marcos Norberto Boin (suplente) – UFGD

DOURADOS, MS
2016

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

O dicionário de língua portuguesa define gratidão como a ação de reconhecer ou prestar reconhecimento (a alguém) por uma ação e/ou benefício recebido. Neste momento quero deixar registrado a minha profunda gratidão a algumas pessoas que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui e para o desenvolvimento desta pesquisa.

Primeiramente a Deus por me amparar em todos os momentos, principalmente durante a realização deste trabalho, quando inúmeras vezes precisei de forças além daquelas que dispunha.

Aos meus pais, minha mãe Carmelina e meu pai Gilmar que sempre me ensinaram a ir em busca de meus objetivos e que sempre se desdoblaram para que eu tivesse as melhores oportunidades. Aos meus irmãos Cristiane e Marcelo, que para mim são exemplos de dignidade, perseverança e caráter, aos meus sobrinhos Rafael e Ana Julia, dedico este trabalho a vocês.

Aos meus familiares, minha tia Fátima, que considero minha segunda mãe e que desempenha tal papel e seu esposo Leonardo, que com afeto e dedicação sempre me incentivaram a trilhar o caminho da Pós-Graduação desde o começo quando tal realidade não passava de uma ideia.

Aos meus amigos, verdadeiros companheiros que preencheram minha vida com momentos inesquecíveis de alegrias e muitas risadas, principalmente em dias de incertezas e angústias, em especial Paulo Henrique Silvestre e Kelly Veríssimo, obrigada por sempre acreditarem em mim, suportarem minhas crises de mau humor e minha falta de tempo, vocês foram primordiais no meu caminho até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Charlei Aparecido da Silva, que tive a honra de conhecer e hoje admiro como pessoa e como grande profissional que é, agradeço por todo apoio, pela paciência e dedicação durante a realização deste trabalho. Obrigada por acreditar em mim e me fazer acreditar também, nos momentos de insegurança. Nestes dois anos de formação aprendi muito com você e serei eternamente grata por isso.

Aos meus amigos do Laboratório de Geografia Física (LGF), em especial, Fábio Orlando Eichenberg por acreditar em mim, pelo apoio desmedido, pela preciosa ajuda na impressão dos mapas e por suas contribuições neste trabalho, a Patricia Cristina S. Martins que me auxiliou na revisão do texto e pelas conversas e conselhos que sempre me ajudaram. Aos demais, Maísa, Nathália, Bruno e Carlos muito obrigada pela amizade e por sempre estarem dispostos a ajudar.

Aos membros de minha banca de qualificação, composta pelo Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho e pelo Prof. Dr. Claudio Antonio Gonçalves Egler cujas contribuições indicaram as etapas necessárias para o término deste trabalho. Ao Prof. *Toni* agradeço ainda por me receber tão atenciosamente no Laboratório de Geoprocessamento na UFMS período no qual fui aluna especial em sua disciplina, o que contribuiu diretamente para a construção deste trabalho.

Aos colegas, professores e técnicos da FCH, em especial Jussara e Angelo, obrigada pela disponibilidade e gentileza.

A Capes e a Fundect, cujo apoio financeiro permitiu, em vários momentos, a participação em eventos científicos importantes para formação e todo o levantamento de dados em campo.

A todos sempre serei profundamente grata.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
APRESENTAÇÃO.....	16
INTRODUÇÃO.....	18
CONCEPÇÕES SOBRE A TEORIA GEOSSISTÊMICA E SUA INTER-RELAÇÃO COM OS ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	23
1.1. DA CONCEPÇÃO SISTÊMICA A ANÁLISE GEOSSISTÊMICA.....	24
1.2. NATUREZA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA SISTÊMICA.....	32
1.3. CONCEITUAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	36
1.4. O POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO E ANÁLISE.....	39
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E O PROCESSO DE EXPANSÃO.....	42
2.1. O CICLO DA CANA-DE-AÇÚCAR E OS FATORES PARA A IMPLANTAÇÃO DESTA CULTURA.....	43
2.2. O CONTEXTO DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL.....	47
2.3. AS BASES ECONÔMICAS NO MATO GROSSO DO SUL E O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO.....	50
2.4. A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE.....	59
CARACTERIZAÇÃO GEOSSISTÊMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE.....	70
3.1. GEOSSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE..	71
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ORGANIZAÇÃO DO INVENTÁRIO E DAS BASES CARTOGRÁFICAS PARA PRODUÇÃO DOS MAPAS.....	72
3.3. CLIMA.....	74
3.4. MORFOLOGIA E DRENAGEM SUPERFICIAL.....	77
3.5. GEOLOGIA.....	80
3.6. GEOMORFOLOGIA.....	83
3.6.1. <i>Unidade Planalto de Maracaju</i>	83
3.6.2. <i>Unidade Planalto de Dourados</i>	83
3.6.3. <i>Unidade: Divisores das Sub-Bacias Meridionais</i>	84
3.7. CLASSE DE SOLOS.....	86
3.7.1. <i>Latossolos Vermelho (distróficos e eutróficos)</i>	86

3.7.2. <i>Gleissolos Háptico Ta eutrófico</i>	86
3.8. VEGETAÇÃO	89
3.8.1. <i>Floresta Estacional Semidecidual</i>	89
3.8.2. <i>Cerrado</i>	92
3.9. HIPSOMETRIA	97
3.10. DECLIVIDADE	100
ANÁLISE DO USO E COBERTURA DAS TERRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE	103
4.1. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE IMAGENS	104
4.1.1. <i>Correção Geométrica</i>	107
4.1.2. <i>Composição colorida de bandas</i>	107
4.1.3. <i>Correção atmosférica</i>	108
4.2. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS	110
4.3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) 112	
4.4. INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS	112
4.4. NDVI DAS IMAGENS TM/LANDSAT-5 EM 2001 E OLI/LANDSAT-8 EM 2015	116
4.5. MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE A PARTIR DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA	122
4.6. ÁREAS DE EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE NOS CENÁRIOS DE 2001 E 2015	130
4.7. FRAGILIDADE EMERGENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE - MS	133
4.8. ANÁLISE DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: OS DESAFIOS FUTUROS, A ARTICULAÇÃO DOS CENÁRIOS E AS POSSIBILIDADES QUE SURGEM	140
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
7. APÊNDICES	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura funcional dos geossistemas.....	29
Figura 2. Período de operações agrícolas para a cana-de-açúcar na região Centro-Sul.	46
Figura 3. Ciclos da cana-de-açúcar e variações na temperatura e pluviosidade na região Centro-Sul.....	46
Figura 4. Representação esquemática histórica de ocupação do Mato Grosso do Sul...	51
Figura 5. Área plantada com cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul: período de 1980 a 2014.	55
Figura 6. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar para o Estado do Mato Grosso do Sul.....	58
Figura 7. Localização da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS.....	61
Figura 8. Razão social e localização municipal das usinas inseridas nos limites e proximidades da bacia do Rio Brilhante - MS.	63
Figura 9. Distribuição das usinas instaladas com influência na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS	64
Figura 10. Produção agrícola municipal da lavoura temporária no período de 1990 a 2013.	66
Figura 11. Crescimento da produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Brilhante.	67
Figura 12. Produção agrícola municipal da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante no período de 1990 a 2014.	68
Figura 13. Roteiro metodológico das características que influenciam na expansão da cana-de-açúcar conforme a teoria geossistêmica.	73
Figura 14. Proposta de classificação climática para o Estado de Mato Grosso do Sul. .	75
Figura 15. Rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS	79
Figura 16. Geologia da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS.....	82
Figura 17. Geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS.....	85
Figura 18. Classes de solos da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS	88
Figura 19. Perfil de fitofisionomias da Floresta Estacional Semidecidual.....	91
Figura 20. Perfil das fitofisionomias do Cerrado.	94
Figura 21. Tipos de vegetação da bacia do Rio Brilhante - MS.....	96
Figura 22. Hipsometria da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS	99
Figura 23. Declividade da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS.....	101
Figura 24. Etapas envolvidas nos procedimentos de elaboração de mapas para análise multitemporal.	104

Figura 25. Áreas com plantio de cana-de-açúcar em diferentes estágios e suas localizações em coordenadas UTM Datum WGS84.....	114
Figura 26. Chave de interpretação das imagens OLI/Landsat obtidas entre os meses de julho e agosto, para a bacia hidrográfica do Rio Brilhante.	115
Figura 27. Imagem multiespectral [R(5)G(4)B(3)] Landsat 8 que exemplifica o procedimento de identificação das área de cultivo de cana-de-açúcar.....	117
Figura 28. NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante em 2001	119
Figura 29. NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS para o ano de 2015 ...	120
Figura 30. Chave de interpretação das imagens OLI/Landsat 8 composição colorida R5G4B3.....	123
Figura 31. Uso e cobertura das terras em 2001 na bacia hidrográfica do Rio Brilhante	126
Figura 32. Uso e cobertura das terras em 2015 na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS	127
Figura 33. Ocupação da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante em 2001 e 2015 ..	132
Figura 34. Fragilidade emergente da bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS segundo condicionantes naturais e antrópicas	138
Figura 35. Mapa do sistema ambiental da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS em função de sua fragilidade ambiental	144
Figura 36. Processo de interação dos sistemas ambientais.....	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ocupação das terras no Brasil.....	48
Tabela 2. Expansão da produção brasileira de cana-de-açúcar.	49
Tabela 3. Evolução da área plantada com cana-de-açúcar no Brasil e em Mato Grosso do Sul no período de 1990 a 2014.	54
Tabela 4. Área plantada de cana-de-açúcar por Unidade de Federação	55
Tabela 5. Síntese das áreas aptas para expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Mato Grosso do Sul.	58
Tabela 6. Área total dos municípios e respectivas inserções na bacia do Rio Brilhante.	60
Tabela 7. Unidades geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e padrão de cores correspondentes adotadas.	81
Tabela 8. Classes de geomorfologia presentes na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e cores correspondentes.....	84
Tabela 9. Tipos de solo encontrados na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e padrão de cores correspondentes.....	87
Tabela 10. Tipos de vegetação presentes na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e cores correspondentes.	95
Tabela 11. Intervalo e cores correspondentes as classes dos níveis altimétricos na bacia hidrográfica do Rio Brilhante.	98
Tabela 12. Declividade do relevo da bacia hidrográfica do Rio Brilhante com atributos relevantes e cores associadas	100
Tabela 13. Características dos sensores TM do Landsat 5 e OLI e TIRS do Landsat 8.	106
Tabela 14. Acurácia obtida na classificação da imagem TM/Landsat 5 dos pontos amostrados segundo SPRING 5.3.	124
Tabela 15. Acurácias obtidas na classificação da imagem OLI/Landsat 8 dos pontos amostrados segundo SPRING 5.3.	125
Tabela 16. Área de uso e cobertura das terras na bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS.	128
Tabela 17. Produção agrícola municipal da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante referente ao ano de 2015.....	131
Tabela 18. Classes de tipos de solos e respectivos graus de fragilidade.	134

Tabela 19. Classes de declividade e respectivos graus de fragilidade.....	134
Tabela 20. Classes de tipos de vegetação e respectivos graus de proteção ambiental.	135
Tabela 21. Classes de unidades geológicas e respectivos graus de fragilidade.....	135
Tabela 22. Classes de unidades geomorfológicas e respectivos graus de fragilidade..	136
Tabela 23. Classes de uso da terra e atribuição de pesos.	136
Tabela 24. Áreas correspondentes a fragilidade ambiental na bacia do Rio Brilhante – MS.	137
Tabela 25. Índices de avaliação da fragilidade emergente na bacia do Rio Brilhante – MS.	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASI	<i>Agenzia Spaziale Italiana</i>
BIOSUL	Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul
CANASAT	Monitoramento da Cana-de-Açúcar via Imagens de Satélite
CAND	Colônia Agrícola Nacional de Dourados
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CIM	Carta Internacional ao Milionésimo
CNA Brasil	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CREN	Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais
COPERSUCAR	Cooperativa dos produtores de cana, açúcar e álcool do estado de São Paulo
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos
DLG	<i>Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</i>
EGRHP/MS	Empresa de Gestão de Recursos Humanos e Patrimônio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LGF	Laboratório de Geografia Física
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDE	Modelos Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNT	Modelo Numérico de Terreno
MS	Mato Grosso do Sul
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NGA	<i>National Geospatial-Intelligence Agency</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
PA	Massa Polar Atlântica
PV	Massa Polar Velha

PERH-MS	Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul
PNGRH	Plano Nacional de Gestão de Recursos Hídricos
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
REM	Radiação Eletromagnética
RL	Reserva Legal
RVI	<i>Ratio Vegetation Index</i>
SEPROTUR/MS	Secretaria de Estado da Produção e do Turismo
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico das Américas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TA	Massa Tropical Atlântica
TAC	Massa Tropical Continentalizada
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UC	Unidade de Conservação
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZAE	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar
ZEE-MS	Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul
ZSM	Zona Serra de Maracaju

RESUMO

As áreas de monocultura da cana-de-açúcar vêm conquistando cada vez mais espaço para sua expansão, notoriamente à custa da conversão de áreas agrícolas e de pastagem, tal questão tem suscitado diversas preocupações em relação a este novo cenário que se configura. Desde 1980 houve um aumento de 656.336 hectares de área plantada com cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo identificar e mapear as áreas de cultivo da cana-de-açúcar, por meio de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, bem como avaliar a evolução da área com cultivo de cana em dois cenários (2001 e 2015) período no qual esta atividade se apresentou crescente e intensa nessa área, para tanto adotou-se como unidade de análise espacial a bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS. Para identificar as mudanças temporais foram utilizadas imagens do satélite Landsat para construção dos cenários de 2001 e 2015, na classificação do uso e cobertura das terras utilizou-se o método de classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER) e na classificação da cobertura vegetal foram empregadas técnicas de NDVI. As cartas das características geossistêmicas (geologia, relevo, clima, vegetação, solos e uso e cobertura das terras) demonstram que a expansão da cana-de-açúcar e das demais atividades antrópicas está associada as características físicas da bacia que favorecem a ocupação econômica desta área. Atualmente 77% da área da bacia é ocupada por cultivos agrícolas. Ao somar todas as categorias de uso antrópico (pastagens, solo exposto e área urbanizada) verifica-se que o uso das terras por atividades econômicas já está consolidado em 86,9% de toda área da bacia. Este estudo indica que o emprego de técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto, como o NDVI, quando trabalhados conjuntamente com a pesquisa de campo são extremamente eficientes para identificar as áreas de cultivo da cana-de-açúcar e determinar quais indicadores das dinâmicas sociais, econômicas e territoriais tem maior impacto sobre os serviços ambientais e posteriormente subsidiar ações para o planejamento ambiental.

PALAVRAS CHAVE: cana-de-açúcar; área plantada; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The areas of sugar cane monoculture have increasingly expanded, especially at the expense of the conversion of agricultural and pasture fields and such issue has seized several concerns related to this new springing scenario. Since 1980, there has been an increase around 656.336 hectares of sugar cane planted areas in the state of Mato Grosso do Sul. Under this perspective, this manuscript aimed to identify and to map up the areas of sugarcane cultivation through remote sensing images and geo-processing techniques as well as to evaluate the evolution of the sugarcane planted area in two scenarios (2001 and 2015) whose periods this activity was increasingly intense. For this purpose, we picked as unity of analysis the Rio Brilhante hydrographic basin. Aiming to identify the temporal changes, we used the Landsat satellite pictures by comparing the scenarios from the years of 2001 and 2015. For the land classification we opted for the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method as for the vegetation we opted for the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The geo-systemic characteristics (geology, relief, climate, vegetation, soil and land use and coverage) showed that both expansions of sugarcane and other human activities is bonded to the basin's physical characteristics which favors the economic occupation of such area. Recently 77% of the basin's area is occupied by agricultural cultivation. The sum of all the categories of human activities (pastures, soil exposed and urbanized area) shows that the economic use of such lands is consolidated in 86.9% of the total area. Thus, this study points that the use of techniques and remote sensing tools, like NDVI, when worked together with the field research are extremely efficient for identifying the areas of the sugarcane cultivation as for determining which are the indicators of both social, economic and territorial dynamics that have the highest impact over the environmental services and, finally, for subsidizing posterior actions related to environmental planning.

Keywords: sugarcane; planted area; remote sensing

APRESENTAÇÃO

Análise geossistêmica, uso e ocupação das terras, cana-de-açúcar, geotecnologias e diagnóstico ambiental são os temas abordados neste trabalho. Uma vez já estabelecidos os elementos principais desse texto, são apresentados os pressupostos teórico-metodológicos dos temas que norteiam a pesquisa.

O capítulo I inicia-se com uma reflexão teórica sobre a abordagem geossistêmica e apresenta as bases que possibilitaram a estruturação da pesquisa. Neste sentido, são apresentados alguns autores, conceitos e categorias importantes para a construção do pensamento geossistêmico com foco na articulação relação sociedade-natureza. A unidade espacial de análise adotada é a bacia hidrográfica, o qual é evidenciada por uma forte dinâmica em termos de ocupação e fluxos de produção, sendo representativa do processo acelerado de transformação dos seus componentes naturais. Ao constituir um geossistema, a bacia hidrográfica é formada pela interação dialética de todos os componentes naturais em diferentes graus de modificação e transformação antrópica.

Para fundamentar os argumentos de expansão do setor sucroenergético o capítulo apresenta o panorama sobre a questão deste segmento na escala federal, estadual e local elencando quais os fatores que promoveram a evolução do plantio de cana-de-açúcar nas últimas décadas, as tendências para este cenário e as legislações ambientais que normatizam as questões relacionadas as áreas para o cultivo da cana. Ainda neste capítulo são apresentados dados coletados sobre a produção agrícola dos municípios que pertencem à bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS em órgãos públicos (IBGE, INPE, CANASAT, UDOP, EMBRAPA, etc.) no sentido de quantificar e mapear a produção da cana-de-açúcar nesta bacia.

A caracterização da área da pesquisa é apresentada no capítulo III que tem como objetivo o levantamento das informações geossistêmicas da bacia do Rio Brilhante, por meio da compilação de informações contidas em órgãos oficiais e a elaboração dos mesmos, quando necessário. As condicionantes relacionadas a morfologia e drenagem superficial, clima, geologia, geomorfologia, solos, vegetação, declividade e hipsometria consistem na organização do inventário e fornecem subsídios para a caracterização geossistêmica da área.

Por fim, o capítulo IV constitui-se como um roteiro metodológico relacionado as técnicas, os métodos e os materiais empregados no processo de levantamento, tratamento e análise dos dados e informações pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS. Posteriormente são discutidos os os resultados obtidos a partir dos mapeamentos temáticos. A integração e espacialização das categorias temáticas em ambiente SIG permitiu identificar, mapear e quantificar as diferentes formas de uso e cobertura das terras e os padrões de ocupação, bem como indicam quais as áreas de maior fragilidade, ou seja, que são mais susceptíveis às mudanças a partir dos processos físicos e antrópicos. A combinação destes fatores possibilitou a elaboração do diagnóstico ambiental, com indicações visando um possível prognóstico.

INTRODUÇÃO

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS), proposta por Bertalanffy, influenciou diversos segmentos do conhecimento científico, principalmente nos estudos de enfoque sistêmico, sobretudo na Geografia. Particularmente, para a Geografia, a compreensão de uma realidade que não pode ser mais contemplada pelo paradigma cartesiano-newtoniano representou um importante desenvolvimento nos estudos geográficos.

No âmbito da Geografia Física o estudo geossistêmico considera os seus subsistemas naturais e todas as influências dos fatores naturais e socioeconômicos, sendo que estes fornecerão informações sobre a dinâmica da natureza, possibilitando sua atuação em planejamentos territoriais, ambientais e socioambientais. Pode-se afirmar que o método geossistêmico se encaixou de forma bem apropriada às análises ambientais na Geografia, já que permite um prático estudo do espaço geográfico (NASCIMENTO e SAMPAIO, 2005). Silva (2008) justifica que isto se deve ao fato da perspectiva geossistêmica analisar a interação e a integração de elementos abióticos (solo, clima, relevo, hidrografia), bióticos (animais e vegetação) e antrópicos, e abordá-los em sua totalidade e complexidade.

A rigor a abordagem geossistêmica é recente no âmbito da Geografia, considera-se a fragmentação do conhecimento científico como uma das principais causas da persistente dicotomia entre Geografia Física e Humana. No entanto, é crescente a busca pela construção de uma perspectiva teórica e metodológica que viabilize uma visão sistêmica dos elementos naturais, a interdependência dos componentes e sua interação com a sociedade.

Os diferentes ambientes naturais encontrados na superfície da Terra, que são decorrentes das diferentes relações de troca de energia e matéria entre os componentes, são denominados na concepção da teoria de sistemas como ecossistemas ou geossistemas [...]. As relações de troca energética, absolutamente interdependentes, não permitem, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese dos solos sem que se conheça o clima, o relevo, a litologia e seus respectivos arranjos estruturais, ou ainda, a análise da fauna sem associá-la à flora que lhe dá suporte, que por sua vez, não pode ser entendida sem o conhecimento do clima, da dinâmica das águas, dos tipos de solos, e assim sucessivamente. [...] Diante destes conhecimentos, as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos a natureza e portanto, aos ecossistemas onde vivem. Ao contrário, precisam ser vistas como parte fundamental dessa dinâmica representada através dos

fluxos energéticos que fazem o sistema como um todo funcionar (ROSS, 1994, p. 65).

Torna-se evidente que os geossistemas também estão associados aos aspectos sociais e sofrem interferência da dinâmica da sociedade. As relações socioeconômicas, estabelecidas pelo crescimento e concentração demográfica, produzem processos de formação, evolução e alterações diferenciadas aos sistemas e, por conseguinte no modo de organização espacial dos elementos naturais (LIMA, 2010).

As intervenções humanas relacionadas aos diferentes modos de produção desenvolvidos pelos sistemas econômico-sociais, em função de sua total ou parcial capacidade de suscitar alterações na natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria modificando suas intensidades – forçando a natureza a encontrar “novos pontos de equilíbrio funcional” –, mas não criam e sequer mudam as leis da natureza, que regem a funcionalidade dos sistemas ambientais naturais. As interferências que resultam das relações sociedade-natureza produzem espaços territoriais, que podem ter maior ou menor grau de modificação pelas inserções tecnológicas dos grupos sociais diversos, sendo assim os ambientes naturais gradativamente cedem lugar a “novos espaços produzidos”, onde a natureza transformada se submete às diferentes atividades econômicas (ROSS, 2009).

A bacia hidrográfica como unidade de organização espacial, por envolver inúmeras variáveis de análise naturais e socioeconômicas, por meio de uma metodologia geossistêmica pode fornecer subsídios teóricos e práticos para o conhecimento integral dos elementos envolvidos (LIMA, 2010).

Neste sentido, a bacia hidrográfica é concebida como unidade territorial de análise bem delimitada no espaço e constitui-se como exemplo relevante para explicar como ocorrem os processos interatuantes das conexões dos seus elementos. Sobre essa questão Lima (2010, p. 23) afirma que:

Compreender os sistemas ambientais em bacias hidrográficas é antes de tudo entendê-los como componentes em que as relações da estrutura do sistema natural ocorrem de modo interdependente entre si, de maneira dinâmica e complexa, ou seja, em interação mútua e não de modo setorizado e isolado, delineando, portanto, uma concepção holística. Os sistemas ambientais, nesse sentido, comportam-se como um todo, visto que as variações de um dos elementos dependem de todos os outros.

Nesta perspectiva, esta reflexão apresenta uma proposta de revisão conceitual da teoria sistêmica apoiada nas aplicações de sua essência no entendimento do geossistema, tendo a bacia hidrográfica como unidade de análise, não apenas pelo recorte territorial, mas, ainda pelo significado de sua repercussão nas relações entre a sociedade e natureza mediadas pela ação dos agentes sociais e ambientais que produzem os espaços nos mais variados níveis de antropização.

A finalidade geral dessa compreensão integrada sociedade-natureza consiste em sistematizar um conjunto de informações organizadas de modo que se consubstancie em um conteúdo que permita desenvolver um diagnóstico e prognóstico para um dado espaço territorial. Neste sentido Ross (1991) destaca que a metodologia deve desempenhar o papel de “espinha dorsal” da pesquisa e deve sustentar-se no tripé definido pelo domínio do conhecimento teórico, metodológico e técnico-operacional.

Assim as análises devem resultar em produtos de síntese, tratados no âmbito da abordagem geográfica, como ressaltado por Ross (1995) que são necessariamente espacializados no território objeto da pesquisa, e seus conteúdos devem envolver, de forma sintética, as informações multitemáticas elaboradas pelas disciplinas especializadas. Ainda de acordo com o autor a abordagem geográfica na pesquisa de cunho socioambiental é obrigatoriamente representada através de mapas, gráficos e tabelas que produzidas a partir da utilização e interpretação e dados numéricos (estatísticas), fornecem informações socioeconômicas tal qual dados obtidos a partir de sensores remotos e levantamentos de campo de onde são extraídas informações do meio físico e antrópico. Essas informações são mais eficientemente trabalhadas utilizando os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Convém ressaltar, neste sentido, que Ross (ibid., 1995) destaca a proposta metodológica de categorias de análise geográfica proposta por Libault (1971), nesta pesquisa, pelo seu caráter geográfico, optou-se pelos métodos propostos por Libault (1971), Sotchava (1977) e Ross (1994); (1995) adaptados aos objetivos propostos.

É notável que tornou-se crescente a busca pela construção de uma perspectiva teórica e metodológica que viabilize uma visão sistêmica dos elementos naturais, a interdependência entre os componentes e sua interação dinâmica com a sociedade. Nesse sentido é possível afirmar que a bacia hidrográfica exprime as relações existentes entre

os elementos naturais e sociais em um espaço definido estendendo os limites políticos tradicionais (municípios, estados, países) o que concede, segundo Cristofolletti (1980, p. 169) a essa unidade de análise espacial características de um “sistema aberto e em equilíbrio dinâmico”.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade física de gerenciamento e planejamento para implantação das políticas públicas já é preconizada na Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). O recorte territorial da bacia hidrográfica é comumente utilizado porque “constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d’água e seus afluentes” (SANTOS, 2004, p. 40), onde as interações do meio físico são integradas e desta maneira interpretadas com maior eficiência.

Com o intuito de contribuir para um entendimento da distribuição espacial das principais atividades desenvolvidas na área e seus processos dinâmicos é imprescindível à busca de técnicas e instrumentos que possibilitem fornecer essas informações de maneira mais sistematizada, nesse sentido que se destaca o geoprocessamento. O avanço do sensoriamento remoto, dos SIG e das técnicas de geoprocessamento promoveram substancialmente os estudos em bacias hidrográficas.

Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo mapear as áreas de expansão da cana-de-açúcar por meio de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, sobretudo a partir da aplicação de índices de vegetação, para a bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS e avaliar a evolução da área com cultivo de cana em dois cenários (2001 e 2015) período no qual esta atividade se apresentou crescente e intensa nessa área.

Os resultados apontam que a bacia hidrográfica do Rio Brilhante possui intenso uso das terras e apresenta-se de grande importância econômica para o Estado devido, principalmente, a presença de solos férteis e de baixa susceptibilidade à erosão pelo escoamento superficial da água, sendo, por isso, bastante propício à agricultura e a pecuária – condição que inicialmente explica seu uso intensivo por estas atividades. Constatou-se que a expansão da cana-de-açúcar vem ocorrendo com maior intensidade nas áreas já ocupadas por agricultura, condição que desmitifica e vai ao contrário de falas

governamentais e empresariais que a cultura está ocupando efetivamente as áreas de pecuária, locais com solos impactados.

A área de estudo apresenta potencial possibilidade para intensificação da atividade sucroenergética já que a mesma se encontra na rota da expansão da cultura da cana-de-açúcar, motivada principalmente pelas condições físicas favoráveis desta bacia hidrográfica constituída de um relevo plano e de baixa declividade, associada às características físico-estruturais do Latossolo Vermelho, a influência desses fatores na promoção de transformações de uso e cobertura das terras no interior dessa unidade hidrográfica é premente para um período de curto a médio prazo.

CAPÍTULO I

CONCEPÇÕES SOBRE A TEORIA GEOSISTÊMICA
E SUA INTER-RELAÇÃO COM OS ESTUDOS EM
BACIAS HIDROGRÁFICAS

1.1. DA CONCEPÇÃO SISTÊMICA A ANÁLISE GEOSISTÊMICA

Este capítulo tem como objetivo realizar uma reflexão teórica sobre a relação sociedade-natureza com base a perspectiva geossistêmica, neste sentido, apresenta-se alguns conceitos e categorias importantes para a construção do pensamento geossistêmico, resgatando a base conceitual da análise sistêmica e seus desdobramentos teórico-metodológicos, com foco na articulação da relação sociedade-natureza sob a perspectiva da bacia hidrográfica como unidade de análise espacial.

A Teoria Geral dos Sistemas foi apresentada pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy (1977), que formulou um arcabouço teórico abrangente descrevendo os princípios de organização dos sistemas vivos. Bertalanffy à semelhança de outros biólogos organísmicos, acreditava firmemente que os fenômenos biológicos exigiam novas maneiras de pensar, transcendendo os métodos tradicionais das ciências físicas (CAPRA, 2006a).

A visão de Ludwing von Bertalanffy de uma “ciência geral de totalidade” baseava-se na sua observação de que conceitos e princípios sistêmicos podem ser aplicados em muitos diferentes campos de estudo [...] Bertalanffy acreditava que uma teoria geral dos sistemas ofereceria um arcabouço conceitual geral para unificar várias disciplinas científicas que se tornaram isoladas e fragmentadas (CAPRA, 2006a, p. 55).

A substituição dos fundamentos cartesianos-mecanicistas da ciência pela visão da totalidade, foi resultado, principalmente dos esforços de Bertalanffy que salientava a limitação e os esgotamentos dos esquemas metodológicos baseados em uma ótica reducionista e que suscitaram a necessidade do estudo integrado dos fenômenos, ou seja, uma abordagem sistêmica:

só recentemente se tornou visível a necessidade e a exequibilidade da abordagem dos sistemas. A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes ter se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências biossociais, e os problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. A viabilidade resultou de várias novas criações – teóricas, epistemológicas, matemáticas, etc. – que, embora ainda no começo, tornaram progressivamente realizável o enfoque dos sistemas (BERTALANFFY, 1977, p. 28-29).

Bertalanffy (ibid., 1977) sedimenta a concepção sistêmica salientando que o todo, neste caso, é maior que a soma das partes porque inclui a relação entre elas.

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1977, p. 53).

A compreensão integrada da natureza requer uma perspectiva mais abrangente que se sobressaia à ótica reducionista. A simples soma das partes não deve ser considerada o todo e a fragmentação do objeto implica em um obscurecimento das relações de interdependência entre as partes de um todo e que constituem a realidade principal (BRANCO, 1989).

As novas definições de sistema fornecem as noções de interdependência e de totalidade e possibilitam uma melhor compreensão das inter-relações dos fenômenos responsáveis pela organização do sistema (SILVA, 2006). Mas não possibilitam a abordagem de maneira mais complexa e global, Capra (2006b) expõe a carência da atual abordagem aos problemas orgânicos, e concebe sua visão sistêmica:

A concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações e de integração. Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização (CAPRA, 2006b, p. 260).

Alguns autores que buscaram uma definição mais concisa sobre o sistema e sua aplicabilidade, são apresentados por Morin (1977): Saussure (1931); Bertalanffy (1960); Ackoff (1960); Mesarovic (1962); Leibniz (1966); Rappaport (1968); Maturana (1972), dentre estas definições, segundo o autor, a de Ferdinand de Saussure está, em particular, bem articulada, sobretudo, ligando ao conceito de totalidade e de inter-relação o conceito de organização: o sistema é “uma totalidade organizada, feita de elementos solidários que só podem definir-se uns em relação aos outros em função do lugar que ocupam nessa totalidade” (SAUSSURE, 1931 apud MORIN, 1977, p. 99).

O conceito de sistema é associado ao de totalidade e de inter-relação por meio da ideia de organização. As interações entre elementos de um sistema se constituem em ações recíprocas que alteram o comportamento ou a natureza desses elementos (MORIN, 1977).

Neste sentido a dinâmica do espaço geográfico de fato exprime constantes mudanças, logo, a cada “nova paisagem torna-se um novo patamar de complexidade”, apresentando às configurações geográficas novos conteúdos. A cada nova “reestruturação da paisagem” e, obviamente, a cada novo “reordenamento do espaço geográfico” novas possibilidades sistêmicas acontecem (CAMARGO, 2005, p. 217).

Partindo das concepções de Bertalanffy (1977), vários avanços acompanhados de críticas foram realizados no estudo dos sistemas, entre os quais se destaca as discussões realizada pela escola russa, tendo como precursor Viktor Sotchava que em 1962 aplicou esta teoria no âmbito das ciências naturais e concebeu o conceito de geossistema, definindo-o:

como formações naturais, desenvolvendo-se de acordo com os níveis segundo os quais atuam, sobretudo, na esfera geográfica [...]. Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas. Modelos e gráficos de geossistemas refletem parâmetros econômicos e sociais influenciando as mais importantes conexões dentro do geossistema, sobretudo no que se refere às paisagens grandemente modificadas pelo homem (SOTCHAVA, 1977, p. 6 e 7).

Os geossistemas conforme Sotchava (1977) são uma classe particular de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados, a “hierarquia de construção é a mais importante feição dos geossistemas” (SOTCHAVA, *ibid.*, p. 9). Ross (2009) ao discorrer sobre o assunto ressalta que para Sotchava (1977) os geossistemas são fenômenos naturais, ainda que todos os fatores econômicos e sociais afetem sua estrutura e particularidades espaciais. Para esclarecer sobre os componentes ou elementos que interferem na dinâmica da paisagem, Ross (2009) fundamenta-se na concepção de Sotchava:

Quanto às interferências antropogênicas nos geossistemas, considera como sistema tudo que interessa à sociedade humana e que “representa

um complexo interativo de diferentes classes de sistemas com seus respectivos parâmetros espaciais, temporais e funcionais”. Além disso, o que “congrega sistemas geográficos, econômicos, sociais e técnicos”. Tal ambiente é entendido como um “sistema relativamente complicado, impregnado de dinâmica global ecológico-socioeconômica, sendo um complexo de ambientes e sistemas interativos”. Desse modo, enfatiza que “os geossistemas são formações naturais, experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico” (ROSS, 2000, p. 25).

A preocupação de Sotchava ao introduzir o termo geossistema na literatura soviética era de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, direcionando o foco aos aspectos integrados dos elementos naturais em uma unidade espacial. Christofolletti (1999) busca uma base para a definição de geossistema citando Sotchava (1977).

Para Sotchava, a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua estrutura e particularidades especiais são levados em consideração durante sua análise (SOTCHAVA, 1977). Sotchava salienta que os geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem. O elemento básico para classificação é o espaço e tudo o que nele está contido em integração funcional, e do ponto de vista geográfico em três escalas: topologia, regional e planetária (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

Neste sentido, as diferentes categorias dimensionais do geossistema – planetário, regional e topológico – “obedecem a critérios de espacialização geográfica e submetem-se às suas próprias escalas peculiares qualitativas da organização geográfica” (ROSS, 2009, p. 24)

A proposição teórico-metodológica apresentada por Sotchava em relação aos geossistemas é preferencialmente aplicável ao estudo de áreas extensas, isso se deve ao fato de sua própria base empírica, expressa pela região da Sibéria (MARQUES NETO, 2008). Mas a perspectiva do modo russo-soviético em relação à Geografia física voltada para a aplicação é um significativo marco de mudança de postura dos geógrafos diante dos problemas ambientais de planejamento e desenvolvimento socioeconômico, difere-se da conduta anteriormente ocupada por uma posição passiva de uma Geografia analítico-descritiva (ROSS, 2009).

No final dos anos 1960 a escola francesa fornece outra leitura sobre o conceito de geossistema proposto por Sotchava e o francês Georges Bertrand concede a unidade geossistêmica “uma tipologia espaço-temporal compatível com a escala socioeconômica, enfocando os fatores biogeográficos e socioeconômicos enquanto seus principais conformadores” (NASCIMENTO e SAMPAIO, 2005, p. 169).

Bertrand (1972) propôs uma discussão conjugada para o geossistema e a paisagem, enquanto categorias de análise integrada na Geografia. Inicialmente por meio de Bertrand (ibid., 1972) que o conceito de geossistemas é conhecido no Brasil, foi a hierarquização da paisagem, proposta pelo autor que repercutiu com maior ênfase na Geografia brasileira.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1972, p. 141).

Segundo Bertrand (1972) a definição de uma determinada unidade de paisagem é definida em detrimento da escala de tratamento das informações. A partir desse propósito, estabelece o sistema de classificação das unidades da paisagem em seis níveis taxonômicos temporo-espaciais: zona, domínio e região natural como níveis superiores e geossistema, geofácies e geótopo como níveis inferiores.

No modelo geossistêmico proposto por Bertrand (ibid., p. 146) o autor apresenta Geossistema correspondente a “uma paisagem nítida e bem circunscrita que se pode, por exemplo, identificar instantaneamente nas fotografias aéreas”. O geossistema é composto por potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica. Tal modelo é passível de ser explicado em um esquema mais complexo, porém, o autor o representa de maneira simplificada e de modo muito didático (Figura 1).

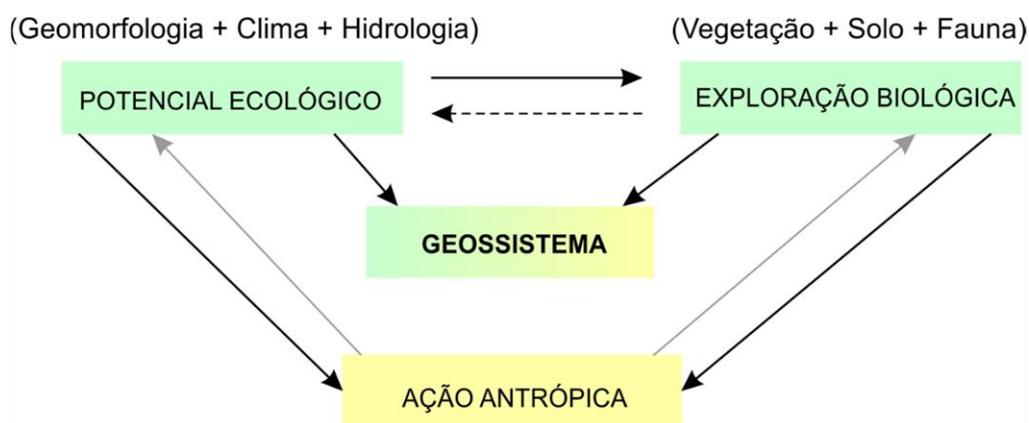


Figura 1. Estrutura funcional dos geossistemas.

Fonte: Bertrand (1972, p. 146).

Pode-se definir, ainda, o geossistema por certo nível de exploração biológica do espaço e a “cobertura vegetal está diretamente relacionada ao suporte que as condições do meio físico natural oferecem para o desenvolvimento do potencial ecológico”. A plenitude do desenvolvimento da vegetação estabelece uma “relação direta e evidente com a expressão biológica, definindo nesses casos o ‘estado clímax do geossistema’” (ROSS, 2009, p. 31).

No modelo proposto por Bertrand o meio natural é reconhecido como estrutura principal e a atividade antrópica como um dos principais agentes de “desequilíbrio”, sendo essa interação que determina o entendimento da dinâmica do geossistema. Tal abordagem como modelo, sofreu diversas críticas já que torna inviável seu uso em determinados ambientes, onde a vegetação ou o solo não se apresentam como elementos-chave, e a condição de antropização é tão elevada que não há como estabelecer o que seria um ambiente “estável ou bioestático”, diminuindo o caráter de “modelo geográfico global de apreensão do ambiente”, que por vezes, atribuiu-se a tal modelo (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003, p. 337). Porém, o próprio Bertrand reconhece tal limitação, salientando que o nível de antropização do meio urbano exige outros conceitos mais adequados a esse tipo de estudo e afirma que “a solução mais fácil consiste em designar o geossistema pela vegetação correspondente que representa muitas vezes a melhor síntese do meio” ele reconhece que a vegetação é uma condição para identificar os geossistemas:

Como o nome de uma espécie não é suficiente, pode-se reter o da formação vegetal clímax e seu traço ecológico essencial (geossistema das florestas de carvalho atlântica acidófila, geossistema da floresta de faia montanhosa higrófila...). Todavia, não se pode fazer disso uma regra geral porque o tapete vegetal não é sempre o elemento dominante

ou característico da combinação (por exemplo, para certos geossistemas de alta montanha ou das regiões áridas) (BERTRAND, 1972, p. 149).

De acordo com Vicente e Perez Filho (op. cit., p. 337) Sotchava, Bertrand, entre outros, enfrentaram o desafio da magnitude do objeto da Geografia, na tentativa de elaborar um modelo de um sistema que apreendesse a relação sociedade-natureza na sua expressão espacial, em outras palavras, “um sistema que conseguisse concatenar todos os elementos da geoesfera terrestre, ou seja, geral em sua escala de aplicação e, ao mesmo tempo, específico, por representar um tipo de sistema aberto”.

Segundo os autores cabe ressaltar nessa reflexão o conceito de “*hierarquia em sistemas*”, destacando que elementos analisados, como o solo, relevo, clima e cobertura vegetal, a fim de que sejam considerados em suas “*relações*”, em face de diferentes organizações e funcionalidades, devem ser avaliados por meio de sua hierarquização. Sendo assim, executa-se uma “relativização entre os objetos pretendidos, a escala de abordagem e a dinâmica natural dos elementos abarcados (recorte sistêmico)” (ibid., p. 338).

As contribuições de Sotchava e Bertrand influenciaram vários geógrafos brasileiros e nesse esforço de atribuir uma conotação mais precisa ao geossistema, Troppmair considera o geossistema como “um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre a exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem” (TROPMAIR e GALINA, 2006, p. 81) e ainda justifica que:

O Geossistema é, portanto, uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica (TROPMAIR e GALINA, 2006, p. 82).

Outro aspecto que cabe ressaltar na concepção de Troppmair consiste no arranjo conceitual que o autor faz entre os termos geossistema e paisagem, enquanto categorias analíticas integradas em Geografia. Sob a influência da teoria geossistêmica, Troppmair (2004, p. 8) retoma uma discussão em relação à problemática da paisagem, quando analisa que “a estrutura, as inter-relações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada”.

Diante dos diversos enfoques que abordam o tema, não se espera estender aqui a discussão teórica e epistemológica sobre a categoria de análise paisagem, a fim de atender ao objetivo deste trabalho, considera-se a “paisagem como a fisionomia do Geossistema, a aparência que a realidade nos mostra das esferas bio-lito-hidro vistos de forma integrada” (SILVA, 2008, p. 169).

A difusão, apropriação e aplicação do conceito de geossistema no Brasil, foi fundamentalmente por iniciativa de Monteiro (2001). O autor afirma que a abordagem geossistêmica visa à integração das variáveis ‘naturais’ e ‘antrópicas’, incorporando ‘recursos’, ‘usos’ e ‘problemas’ “configurados em ‘unidades homogêneas’ assumindo papel primordial na estrutura espacial que acarreta a explicação do real estado de qualidade do ambiente do diagnóstico” (MONTEIRO, 2001, p. 81). O autor denomina as unidades espaciais: geossistema, unidades de paisagem ou, ainda entidade morfofuncional, segundo ele, as unidades de paisagem representam uma análise tempo-espacial condicionada pelo funcionamento de seus elementos e onde as ações antropogênicas seriam decisivas na elaboração das paisagens:

[...] a paisagem é vista de um modo bem mais dinâmico porquanto não ignora as relações ecológicas, seus “feed-back” e interações, de modo a configurar um verdadeiro “sistema” onde, as áreas pertinentes a ela estão muito além das formas e aparências assumidas pelos elementos, sendo capazes, até mesmo de provocar importantes reações em áreas distantes. E isto, em grande parte, decorre do fato de que: o homem é considerado na paisagem como qualquer outro elemento ou fator constituinte do *sistema paisagem* (geossistema?) por que ele desempenha aqui um papel realmente ativo (MONTEIRO, 2001, p. 97-98).

Embora persistam as incontestes dificuldades em relação à aplicabilidade da TGS na Geografia e das contribuições realizadas na proposta teórica de Sotchava, deve-se reconhecer que o método geossistêmico tem uso corrente e representou um grande esforço promovendo e incitando o estudo integrado da paisagem geográfica a partir da ideia de inter-relações dos componentes físico, biológico e antrópico.

Desde a introdução realizada por Sotchava (1977) da perspectiva geossistêmica como análise, constatou-se a possibilidade de utilização deste modelo perante a um vasto campo de estudos direcionados à organização territorial, tendo como fundamentação, a análise sistêmica. A proposta geossistêmica é passível desse tipo de uso, uma vez que, “preconiza a utilização de variáveis múltiplas na delimitação, ou no zoneamento de uma

unidade de área, frente às suas características, potencialidades, dinâmica e evolução” (OLIVEIRA e SOUZA, 2012, p.65). A análise geossistêmica está vinculada aos sistemas naturais possuindo interconexões e inter-relações no tempo e espaço, como parte de um todo, onde os fatores socioeconômicos influenciam diretamente na sua estrutura.

1.2. NATUREZA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA SISTÊMICA

A abordagem analítica ou reducionista derivada do paradigma newtoniano estabelece que ao compreender as partes que regulamentam um sistema e na medida em que se conhece o conjunto de etapas individuais que determinam o comportamento desse sistema é possível entender o sistema como um todo. Nesta abordagem é concebível focar em um problema no nível mais baixo na hierarquia da complexidade, quebrar e analisar os componentes do sistema separadamente.

Associada aos conceitos cartesiano-newtonianos, a natureza é vista a partir de seus fragmentos – clima, vegetação, relevo etc. -, e cada um efetiva a seus mecanismos dentro de um espaço morto, que funciona como uma grande caixa tridimensional. Essa metáfora acaba tornando fácil para o homem moderno explorar o meio natural, pois, retirando dessa caixa um recurso específico, não se interfere na dinâmica da sua totalidade, ou seja, não haverá consequências em rede desse processo que envolve, simultaneamente, a evolução planetária e a própria organização do espaço geográfico, entre outras questões (CAMARGO, 2005, p. 215).

Em vista disso que, para grande parte da sociedade ocidental, como ressaltado por Camargo (2005) a natureza é tratada meramente como um objeto, um produto, ou uma oportunidade de lucro e desenvolvimento, a partir desta perspectiva, a natureza, então, pode ser vista como um somatório de diversas variáveis que, integradas, constituem o todo.

Ao considerar a totalidade como um simples somatório das partes, se deixa de verificar sua essência, suas dinâmicas e possibilidades. É por isso que através da “história da pesquisa e conhecimento percebe-se que o comportamento da natureza e do ser humano são mais complexos do que a simples aplicação do método reducionista” (MATEO RODRÍGUEZ, 2005, p.02-03).

A dinâmica sistêmica, em virtude de sua complexidade, responde a partir de como se estruturam seus fluxos de matéria e energia, que rompem com a análise estática ligada ao espaço absoluto newtoniano, são esses fluxos que possibilitam as possíveis mudanças (CAMARGO,2005).

Neste sentido que surge uma nova compreensão da ciência sob a perspectiva sistêmica, para Delgado (2005, p.3) o pensamento sistêmico possui uma base conceitual surpreendentemente simples “em essência consiste apenas em ser capaz de ver a floresta do alto, renunciando, assim ao detalhe de ver cada árvore individualmente”. Implica em ver os objetos a partir de um conjunto.

Para Silva (2006) a concepção sistêmica vai equiparar-se elementos da perspectiva holística, acumulando fundamentos e aspectos biológicos em detrimento aos fundamentos científicos mecanicista-cartesiano até então paradigmáticos. Aproveitar-se-á da segunda lei da termodinâmica, a lei da dissipação de energia, e do conceito de entropia, ele propõe a existência de sistemas abertos que, diferente dos sistemas fechados propostos e descritos pela termodinâmica clássica, necessitam do fluxo de matéria e energia extraídas dos ambientes que o cercam para se autoperpetuarem e autorregular.

Sistemas fechados: quando há permuta de energia (recebimento e perda), mas não de matéria. O planeta Terra pode ser considerado como um sistema não isolado fechado, pois recebe energia solar e também a perde por meio da radiação para as camadas extra-atmosféricas, mas não recebe nem perde matéria de outros planetas ou astros, a não ser em proporção insignificante, quase nula. O ciclo hidrológico representa outro exemplo. Os processos relacionados com as passagens para os estados sólidos, líquido e gasoso, além de representar troca de energia, representa uma transferência muito grande dessa energia entre a superfície terrestre, como das regiões quentes para as temperadas. Entretanto, o volume de água no globo permanece constante;

Sistemas abertos: são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo quanto perdendo. Os sistemas abertos são os mais comuns, podendo ser exemplificados por uma bacia hidrográfica, vertente, homem, cidade, indústria, turismo, animal e muitos outros (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

Os sistemas são compostos por elementos e unidades das quais as inter-relações, organização e hierarquia desempenham papel essencial para o seu funcionamento, havendo processos de retroalimentação que podem os influenciar direta e/ou indiretamente (SOTCHAVA, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1979 e 1990; SILVA, 2006).

Mateo Rodríguez (2005, p. 03) defende que a perspectiva sistêmica tem desempenhado um papel fundamental na “descoberta e construção do mundo multidimensional e de múltiplos níveis da realidade em um sistema de conhecimento científico, sendo muito necessário e produtivo no estudo dos fenômenos complexos” como os estudos que pertencem aos fenômenos das paisagens, interação entre sociedade e natureza e a interação do homem com o entorno.

O enfoque ou método sistêmico foi difundido a partir dos anos de 1960 em diversas disciplinas científicas. A rigor, a Geografia se utiliza da abordagem sistêmica desde a década de 1970, porém, para Christofolletti (1979) algumas ideias geográficas, anterior a esta época, têm sido por essência sistêmicas.

Notadamente desde as décadas de 1960 e 1970 a abordagem sistêmica tem sido utilizada como linha metodológica em trabalhos de caráter ambiental. Silva (2006, p. 60) justifica que tal fato se deve à capacidade oferecida pela abordagem sistêmica “cujas preocupações residem no entendimento da estrutura, da dinâmica e da organização dos sistemas, bem como da influência direta e indireta de ações antrópicas nos processos que atuam em sua organização”, o que tem proporcionado grandes contribuições e avanços para a compreensão da questão ambiental.

Para Christofolletti (1999) a Geografia é considerada como a disciplina que estuda as organizações espaciais. Baseada em seu objeto de análise pode-se esquematizar as relações com os fenômenos analisados em diferentes escalas. Incorporando aspectos baseados na estrutura, funcionalidade e dinâmica dos elementos físicos, biológicos e socioeconômicos que constituem os sistemas espaciais de grande complexidade.

A Geografia Física, como subconjunto da disciplina Geografia, se empenha com o estudo da organização espacial dos *sistemas ambientais físicos* também denominados de *geossistemas*, por Christofolletti (1999) e representam:

a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

Corroborando com esta concepção Mateo Rodríguez (2005) separa os sistemas naturais, formados pelo ecossistema e o geossistema e os sistemas socioeconômicos,

formado pelos sistemas socioambiental, sistema econômico-ambiental e sistema cultural ambiental e define que:

Geossistema: constitui um sistema espaço-temporal, uma organização espacial complexa e aberta formada pela interação entre componentes ou elementos biofísicos que podem em diferentes graus ser modificados ou transformados pelas atividades humanas. Constitui no meio natural a partir de uma visão sistêmica (MATEO RODRÍGUEZ, 2005, p. 14, tradução nossa).

Diante dessas considerações os geossistemas, como sistemas abertos possuem relação com outros sistemas, todavia é importante ressaltar que o aspecto e o padrão espacial que pode ser observado no sistema atual representam respostas a um contínuo evolutivo, à sequência de fatos que ocorrem ao longo do tempo. Nesse caso, o estudo da dinâmica é fundamentalmente realizado em uma estabelecida grandeza da escala temporal, uma vez que reflete os ajustes internos à amplitude dos eventos, mantendo sua integridade no funcionamento ou reajustando-se em busca de novas condições de equilíbrio funcional “As fases das *análise morfológica, funcional e dinâmica* são inerentemente ligadas, mas podem ser processadas de modo independente e constituem globalmente a perspectiva relacionada com a compreensão dos sistemas ambientais físicos” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 45).

Para o autor (ibid., p. 43) no sistema ambiental físico (geossistemas) os fenômenos e interações podem ser interpretados, *a priori*, pelo *input* e *output*, uma vez que:

Nos geossistemas, os produtos do sistema socioeconômico entram como inputs e interferem nos processos e fluxos de matéria e energia, repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.43).

Como os geossistemas possuem extensão territorial a caracterização espacial é considerada um aspecto pertinente. Portanto é fundamental que o estudo analítico da morfologia e funcionamento dessas unidades seja realizado. Para Delgado (2005) o pensamento sistêmico fornece um conjunto de ferramentas metodológicas para contextualizar e compreender as interações, ressalta-se o emprego de técnicas de modelagem.

Como ponto de partida os preceitos teóricos associados ao conceito de geossistemas e em consonância com o crescimento mundial, sobretudo da problemática ambiental, Sales (2004) considera que a Geografia se insere ativamente na era da análise ambiental, caracterizada na realização dos diagnósticos, zoneamentos, avaliação de impactos ambientais e gerenciamento dos usos dos espaços naturais.

Neste contexto, é possível realizar uma associação do conceito de sistema ambiental físico (geossistema) com o de bacia hidrográfica, na medida em que fica claro que ambos reproduzem uma abordagem sistêmica, atendendo aos propósitos de uma análise integrada e dinâmica, onde todos os fatores intervenientes na bacia sejam considerados em interação mútua, tanto de natureza física quanto antrópica (SOUZA, 2013).

1.3. CONCEITUAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Dentre as diferentes definições e concepções de sistema já mencionadas surgem alguns aspectos, como a variedade de elementos, a complexidade, a totalidade de elementos organizados, as interdependências entre elementos, as interações, a dinâmica e a evolução do sistema (CAMPOS, 2010). O arranjo de uma bacia hidrográfica corresponde a todos esses elementos, compreendidos como físicos, biológicos, socioeconômicos, políticos e culturais.

Sob esse ponto de vista é possível entender a bacia hidrográficas como elemento não-estático e estável, visto que há uma troca intensa de matéria e energia de fontes internas e externas, o que gera os processos de construção e desconstrução de seus aspectos. A interação desses inúmeros elementos constitui a complexidade sistêmica e oferece a noção de organização e totalidade e concede a bacia hidrográfica características de um sistema aberto, em equilíbrio dinâmico.

Existem diversas propostas para a definição de bacia hidrográfica apresentada por diferentes autores¹, mas em sua essência assemelham-se ao conceito elaborado por Tucci (1997) ao caracterizar a bacia hidrográfica como uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica é composta de um conjunto de superfícies vertentes, encostas, fundos de vale

¹ Cf. Fernandes (1999); Lima e Zakia (2000); Tundisi (2003); Borsato e Martoni (2004); Barrela et. al., (2007).

e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Guerra (1978) corrobora na definição de bacia hidrográfica como sendo:

Um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado – os rios. A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente, a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes etc. (GUERRA, 1978, p. 48).

As características físicas que concedem a fisionomia da bacia hidrográfica como os divisores topográficos, nascentes, afluentes e subafluentes são bem marcados. “Constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes” (SANTOS, 2004, p. 40), onde as interações são integradas e desta maneira interpretadas com facilidade.

A bacia hidrográfica como um componente do sistema ambiental, por vezes funcionando como tal apresenta características de unidade sistêmica:

É possível definir bacia hidrográfica como um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (VENTURI, 2005, p. 147-148).

Lima e Zakia (2000), da mesma forma, consideram as bacias hidrográficas sob a perspectiva sistêmica como sistemas abertos, que recebem energia por meio de agentes climáticos e perdem energia através do escoamento, acrescentam ainda que podem ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que alternam em torno de um padrão e, mesmo quando perturbados por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer alteração no processo de receber ou liberar energia, promoverá uma “mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (TEODORO, et al., 2007, p. 138).

Prosseguindo na discussão de conceito de bacia hidrográfica, Guerra (2008) esclarece que a noção de dinamismo deve ser incluída em seu âmbito:

O conceito de bacia hidrográfica deve incluir também uma noção de dinamismo, por causa das modificações que ocorrem nas *linhas divisórias* de água sob o efeito dos agentes de erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia. Além do mais, a bacia hidrográfica pode ser *principal*, *secundária* e mesmo *terciária*, segundo certos autores, quando constituída de cursos de água de menor importância, isto é, os subafluentes geralmente. Podem ser ainda: *litorâneas* e *centrais* ou *interiores* (GUERRA, 2008, p. 77).

É incontestável que a concepção de unidade dinâmica integra a bacia hidrográfica já que as feições que as associam são mutáveis de acordo com os *inputs* e *outputs* que se alternam e que, em decorrência as ascendem a posição de sistemas dinâmicos do ponto de vista ambiental e territorial (SOUZA, 2013).

Neste sentido é que a bacia hidrográfica pode ser considerada uma totalidade sistêmica (*'sistema aberto'*), onde os balanços de entrada provenientes da precipitação e “os produtos do sistema socioeconômico (*'input'*) influenciam nos fluxos de matéria e energia” com a saída pela rede de drenagem (*'output'*) permitem que sejam consideradas a distribuição espacial do conjunto dos processos envolvidos em todos seus subsistemas (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p. 43).

Venturi (2005) reforça o papel que as bacias hidrográficas desempenham no contexto das mudanças ambientais e a caracteriza como uma das referências espaciais mais conceituadas em estudos do meio físico e que fornece subsídios para grande parte da legislação e planejamento ambiental, tanto no Brasil como em outros países.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade física de planejamento já é preconizada na Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) para implantação das políticas públicas e requer o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento específico.

A legislação ambiental brasileira é de fato reconhecida mundialmente, porém os problemas ambientais do Brasil se devem à falta de implantação de forma eficiente em um país de grandes extensões. As áreas de proteção ambiental que devem ser preservadas nas bacias hidrográficas são determinadas por uma legislação exigente, mas, que somente

nos últimos anos ganhou destaque por parte do poder público para dar suporte aos instrumentos de planejamento e gerenciamento ambiental.

1.4. O POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO E ANÁLISE

A intensa pressão exercida em relação a exploração agro-silvo-pastoril no território brasileiro tem incitado um olhar mais atento da sociedade, as atividades agropecuárias são identificadas como principal vetor de transformações de máxima amplitude, por constituir “fontes potenciais de distúrbios” sobre o ambiente, essencialmente quanto às alterações de elementos que compõem a estrutura física quanto a paisagem como um todo (VALERIO FILHO, 1995, p. 135). Neste sentido o autor aponta que uma das alternativas para subsidiar as políticas públicas voltadas às soluções de problemas desta categoria, é a adoção de estudos integrados ao nível das bacias hidrográficas.

Christofoletti (1980) destaca que as bacias hidrográficas formam sistemas organizados de tal maneira que seus elementos apresentam relações perceptíveis uns com os outros e atuam absolutamente como um todo complexo. Assim, a bacia hidrográfica passa a ser considerada como uma totalidade sistêmica que permite compreender as relações existentes entre elementos naturais e sociais em um espaço definido, e destaca-se por estender os limites políticos tradicionais (municípios, estados, países).

O critério de bacia hidrográfica é comumente adotado no gerenciamento e planejamento ambiental, para Santos (2004) tal fato ocorre por alguns elementos peculiares.

Uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Seu conceito está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma dos eventos. Essa é uma das peculiaridades que induz os planejadores a escolherem a bacia hidrográfica como a unidade de gestão (SANTOS, 2004, p. 85-86).

Ainda do ponto de vista do planejamento e gestão, Mateo Rodríguez et. al., (2011, p. 112) considera que a bacia hidrográfica se destaca por “abarcar parte de um conjunto de unidades ambientais homogêneas (paisagens, ecossistemas, etc.) ou de unidades

territoriais (municípios, estados, países, etc.)”. Ao analisar a bacia hidrográfica como uma totalidade sistêmica, formada pela articulação e interação de diferentes sistemas ambientais, o autor ainda ressalta que:

Ao constituir um geossistema natural, as bacias hidrográficas estão formadas pela interação dialética de todos os componentes naturais em variados graus de naturalidade, ou seja, de modificação e transformação antropogênica (DIAKONOV, 2002). [...] analisar uma bacia hidrográfica desde uma perspectiva ambiental, sistêmica e sustentável implica em considerar: que nela interagem componentes de diversos caracteres (natural, econômico, social, político e histórico), os quais em conjunto dão lugar a diversos sistemas ambientais (MATEO RODRÍGUEZ et. al., 2011, p. 113).

Considerar a bacia hidrográfica como parte do sistema ambiental, implica em entender que a mesma deve ser abordada por meio de uma concepção que articule e integre todos os elementos e suas inter-relações, neste sentido Lanna (1995) ao analisar a complexidade das relações intrínsecas nesta unidade física, constata que:

os problemas gerenciais de uma bacia hidrográfica englobam uma multiplicidade de fatores (ecológicos, sociais e econômicos), que somente poderão ser adequadamente avaliados mediante uma abordagem sistêmica, onde a consideração do todo é referência fundamental para a consideração das partes (LANNA, 1995, p. 53).

Para tanto o gerenciamento de bacias hidrográficas deve ser entendido como um “conjunto de procedimentos resultante de trabalho integrado, multi e interdisciplinar”, que deve ser orientado a “identificar e indicar opções de solução aos problemas que alterem os sistemas ambientais” (VALERIO FILHO, 1995, p. 136). O planejamento ambiental surge como uma ferramenta na tentativa de minimizar as instabilidades causadas pelas políticas e ações adotadas, que na maior parte dos casos é apoiada no desenvolvimento considerado o mais rentável da região, problema este que não é recente, como apontado por Valerio Filho (1995) e vivenciado atualmente de maneira muito intensa.

Como consequência desta visão mecanicista, o mundo encontra-se hoje em profunda crise, que é complexa e multidimensional, afetando todos os setores da sociedade. Desde o início da colonização do Brasil, a ocupação do território realizou-se às expensas da fertilidade e produtividade natural aparente de áreas florestais, inicialmente ao longo da região costeira, depois se interiorizando, passando pelo centro-oeste

e, hoje, atingindo a região norte do País. A partir da década de 50, o País é fortemente marcado pelo desenvolvimento industrial e as degradações ambientais continuaram a ser vistas como normais ou esperadas por parcela considerável da população e dos diferentes escalões decisórios da vida nacional (VALERIO FILHO, 1995, p. 136).

A ocupação antrópica inadequada sobre o meio físico resulta diretamente em processos de erosão acelerada dos solos, perda da reserva de seus nutrientes e contaminação físico-química da água como constatado por EGLER et al., (2012) ao afirmar que é possível que a agricultura, atualmente represente a atividade econômica com maior impacto sobre a conservação dos recursos hídricos.

A partir das afirmações acima, fica evidente a importância da avaliação das mudanças nos sistemas ambientais e ao estabelecimento de cenários prospectivos, utilizando como fio condutor a abordagem geossistêmica na previsão da dinâmica ambiental. Assim, a perspectiva geossistêmica constitui um aporte teórico-metodológico fundamental pertinente ao estudo de bacias hidrográficas no sentido de envolver um sistema integrado-complexo e em evolução dinâmica.

Neste sentido que o capítulo II apresenta um panorama das principais atividades econômicas desenvolvidas no cenário brasileiro, no Mato Grosso do Sul e na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, sobretudo a atividade canavieira que se destaca por ser a mais recente e em curso de expansão mais acelerado na área de estudo. A compreensão das inter-relações das formas de ocupação é essencial para definir a intensidade que estes processos atingem o meio físico.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-
AÇÚCAR E O PROCESSO DE EXPANSÃO

2.1. O CICLO DA CANA-DE-AÇÚCAR E OS FATORES PARA A IMPLANTAÇÃO DESTA CULTURA

A produção de álcool e açúcar depende da quantidade e qualidade da matéria prima disponível, uma vez que está diretamente ligada a área plantada e a produtividade agrícola. De maneira geral, estes fatores estão ligados a uma série de aspectos socioeconômicos e físicos ambientais. Neste sentido que este capítulo apresenta uma abordagem sobre os temas pertinentes à produção da cana-de-açúcar, como as características fisiológicas dessa planta e as condições edafoclimáticas ideais para seu desenvolvimento, assim como um resgate histórico de informações da produção da cana-de-açúcar a partir de uma escala menor como o território brasileiro, passando para uma escala regional que é o Estado de Mato Grosso do Sul até chegar no nível de escala maior e foco do estudo, a bacia hidrográfica do Rio Brillhante.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma gramínea originária do sudoeste da Ásia, especificamente das montanhas da ilha de Nova Guiné. Por volta do século VI a.C que a cana-de-açúcar passou a ser utilizada na construção e na alimentação, a seguir espalhou-se pelo mundo e foi introduzida no Brasil 8 mil anos depois em 1532 pelo colonizador português Martim Afonso de Souza, que construiu o primeiro engenho no país, em São Vicente no litoral de São Paulo, fato que impulsionou e influenciou o surgimento das capitanias hereditárias. Estas instalações iniciaram o ciclo da cana-de-açúcar como primeira atividade econômica organizada no Brasil e foram responsáveis pelo desenvolvimento da produção do comércio e da cultura no Nordeste brasileiro, onde foi implantado o primeiro centro açucareiro do país (UNICA, 2004).

A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene, possuindo um ciclo econômico de cinco a seis anos. É designada cana planta até a primeira colheita, com um período de crescimento em torno de 12 (cana de ano) ou 18 meses (cana de ano e meio), dependendo da época do plantio. Após a primeira colheita a cana-de-açúcar passa a ser denominada de soca, seguida pela ressoca e segunda ressoca, cada uma destas fases corresponde a um período em torno de 12 meses de crescimento (RUDORFF, 1985).

Há alguns fatores físicos que determinam a implantação da cana-de-açúcar em determinadas áreas, como: a escolha adequada da época do plantio é um aspecto fundamental para o bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, que segundo Rosseto e Santiago (2008) deve dispor de condições climáticas ideais para crescer e

acumular açúcar, além de boa disponibilidade de água, temperaturas elevadas e alto índice de radiação solar.

Confirmado por Rudorff (1985); Rudorff e Sugawara (2007) ao explicar que a cana-de-açúcar é uma cultura de clima tropical, geralmente plantada entre as latitudes 35° Norte e Sul, já que altitudes elevadas e ausência ou excesso de precipitação impedem seu cultivo. Atinge máximo potencial de produção quando cultivada em áreas com médias de temperaturas entre 22° e 30°C, para um crescimento dinâmico a temperatura mínima deve ficar em torno de 20°C. O período de crescimento vegetativo mais intenso, época a qual a cultura possui alta demanda por água (cerca de 1500 a 2500mm dependendo o clima), radiação e temperatura, é verificado entre os meses de outubro a março. A partir de abril, a cana passa a ser induzida ao repouso e requer um déficit hídrico ou térmico para acumular sacarose nos colmos. Seguidamente inicia-se o período da colheita, que normalmente se estende até o mês de outubro.

O planejamento da área selecionada para implantação de um canavial deve ser subsidiado por um levantamento topográfico, sendo que a área deverá apresentar topografia plana a ligeiramente inclinada, a fim de diminuir os riscos de erosão (TOWNSEND, 2000) e favorecer o uso de máquinas, atualmente procura-se obter talhões planos com sulcos de plantio de cana de grande comprimento a fim de evitar manobras das máquinas e otimizar as operações mecanizadas. Para a utilização do sistema mecanizado é recomendável que as terras possuam declives suaves a NOVA CANA (2013) estima que áreas com declividade até 12% são favoráveis para operações mecanizadas.

Além disso, a produção da cana-de-açúcar é uma atividade diferenciada de outras culturas, então, é essencial verificar a distância das áreas de plantio e a unidade industrial, que não deverá ultrapassar 50 km, usualmente, em tradicionais regiões produtoras de cana utiliza-se uma distância econômica padrão da produção até a indústria de 20 km.

A produtividade e longevidade da cultura são reguladas por diferentes fatores, considerado como os principais: a escolha da variedade e qualidade da matéria prima, fertilidade do solo, condições climáticas, práticas de manejo culturais e método de colheita. As orientações da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (BRASIL, 2007) considera que:

- A longevidade refere-se ao número de cortes da cana. Tal fator está ligado às condições de clima, solo e tratos culturais;
- A produtividade é mensurada em toneladas por hectares. A produtividade é influenciada pelas condições climáticas, pelos tratos culturais e pela escolha da variedade adequada para a região.

A cultura não é muito exigente em solo, porém, tem desenvolvimento mais vantajoso em solos com boa aeração, boa drenagem e com profundidade maior que um metro (COOPERSUCAR, 1988). Neste sentido, pode-se constatar que a produtividade da cana-de-açúcar é profundamente influenciada pelas condições edafoclimáticas (tipo de solo, clima, precipitação, exposição solar e demanda de água) que interferem diretamente no comportamento fisiológico da cultura.

As variedades de cana-de-açúcar na região Centro-Sul são divididas em quatro grupos com relação à maturação, ou seja, o período dentro da safra em que atingem o máximo teor de sacarose nos colmos (NUNES JR, 1987):

- **G1:** Grupo de variedades de maturação precoce atingem o máximo teor de sacarose de abril a maio;
- **G2:** Grupo variedades de maturação semiprecoce atingem o máximo teor de sacarose no final de maio ao início de julho;
- **G3:** Grupo de variedades de maturação média atingem o máximo teor de sacarose no final de julho ao início de outubro;
- **G4:** Grupo de variedades de maturação tardia atingem o máximo teor de sacarose de outubro a novembro.

Na região Centro-Sul o plantio é realizado em duas épocas do ano como: o plantio de cana de ano, realizado de setembro a outubro que permite a colheita da cana-de-açúcar com aproximadamente 12 meses e a o plantio da cana de ano e meio realizado de janeiro a março e permite a colheita após cerca de 18 meses (Figura 2).

ÉPOCA DAS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS PARA A CANA-DE-AÇÚCAR

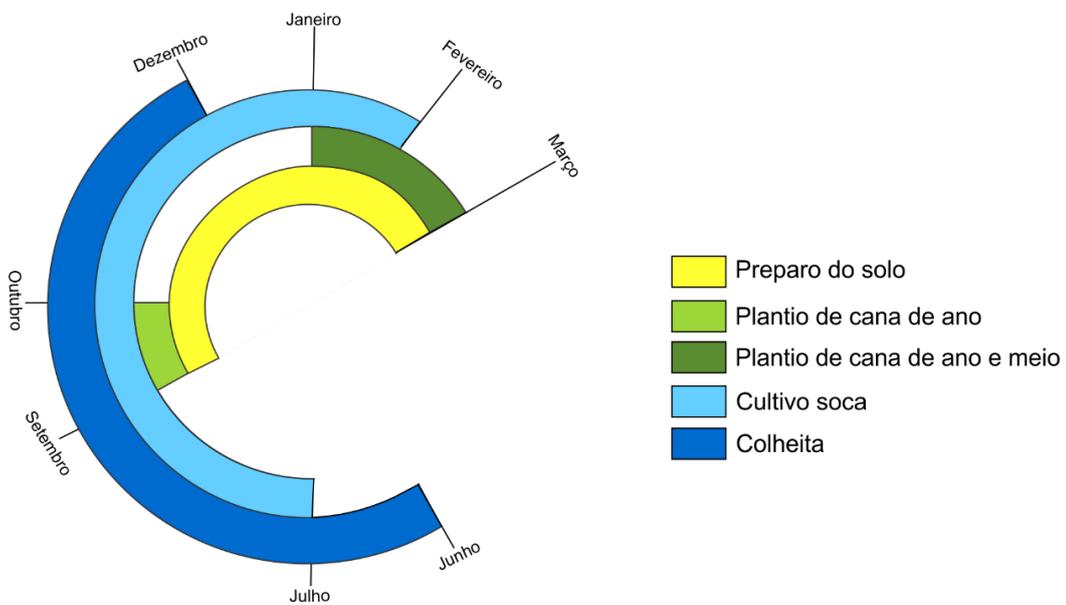


Figura 2. Período de operações agrícolas para a cana-de-açúcar na região Centro-Sul.
 Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Marchiori (2004).

Segundo RODRIGUES (1995) a cana de ano, plantada em setembro/outubro atinge seu desenvolvimento máximo de novembro a abril, diminuindo em seguida devido às condições do clima adversas do período de inverno na região Centro-Sul, podendo ser colhida a partir de julho. A cana de ano e meio plantada de janeiro a março apresenta crescimento mínimo de maio a setembro, em função das condições pouco favoráveis no Centro-Sul, porém no início do período chuvoso (dezembro a abril) desencadeia a fase de maior crescimento (Figura 3).

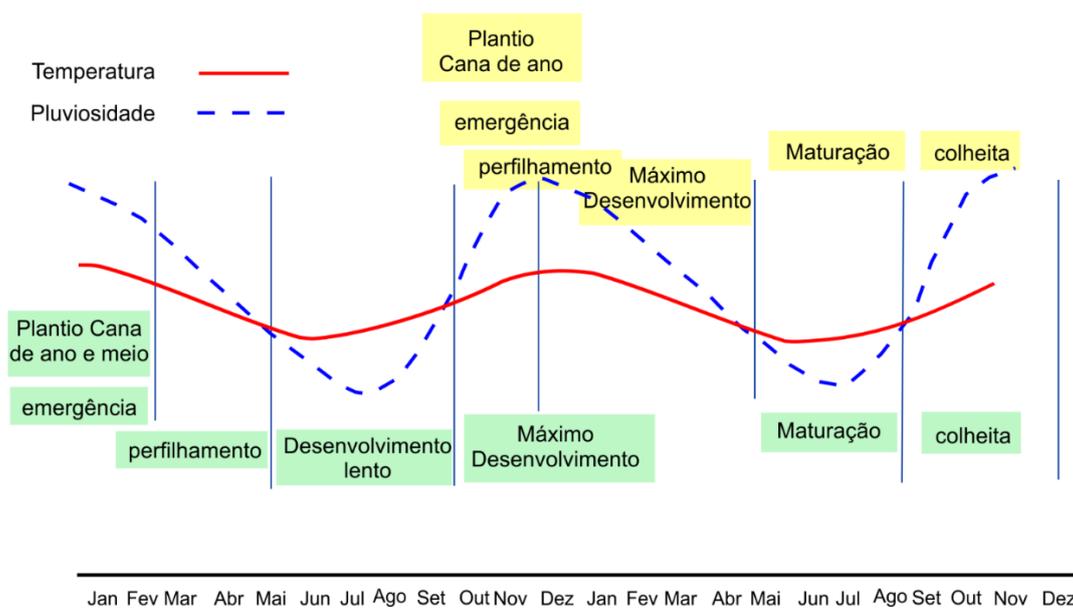


Figura 3. Ciclos da cana-de-açúcar e variações na temperatura e pluviosidade na região Centro-Sul.
 Fonte: Adaptado de Castro (1999) apud Marchiori (2004).

Estes são os diversos fatores ligados à produção da cana-de-açúcar e que podem influenciar na sua maturação, rendimento e longevidade. As interferências climáticas e do regime hídrico são apontadas como principais, porém segundo Picoli (2007) as diferenças entre tipos de solos podem minimizar os danos por déficit hídrico, cultivos em solos argilosos são menos afetados do que em solos arenosos, devido a capacidade de retenção de água destes solos.

A dinâmica de cultivo e as características fisiológicas da cana-de-açúcar devem ser compreendidas para que a identificação da cultura nas imagens de satélite e a área quantificada ocorram de maneira mais precisa possível.

2.2. O CONTEXTO DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

O levantamento oficial da área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil é realizado por meio de métodos subjetivos que consideram diversos fatores que contribuem direta ou indiretamente na variação anual da área cultivada. Os dados oficiais foram obtidos através de métodos subjetivos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e seu banco de dados históricos (IBGE-SIDRA), da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e o site da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA). O IBGE e a CONAB são os dois órgãos governamentais no âmbito federal responsáveis pelas estatísticas oficiais de área, produção e produtividade das culturas agrícolas no país.

As informações da área plantada com cana-de-açúcar por meio da identificação e mapeamento em imagens de satélite foi obtido no site do CANASAT, que é um projeto formado desde 2003 a partir de uma parceria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em conjunto com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a UNICA para mapear a área de cana na região Centro-Sul do Brasil.

De acordo com dados do IBGE (2015) o Brasil possui uma extensão territorial de aproximadamente 851,4 milhões de hectares, deste total, 405 milhões de hectares correspondem a florestas naturais e 15,9 milhões de hectares estão sob corpos d'água. Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) são 366 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e de alta produtividade, com potencial para a agropecuária no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1. Ocupação das terras no Brasil.

Tipo de uso ou ocupação	10 ⁶ Hectares	%
Floresta amazônica e áreas de proteção ambiental ¹	405	47,6
Áreas urbanas, vias, cursos d'água e outros	20	2,4
Área disponível para produção agropecuária	366	43
Pastagens	210	24,7
Culturas temporárias e permanentes	61	7,2
Florestas cultivadas	5	0,6
Fronteira agrícola	90	10,6
Outros usos	60	7,1
TOTAL	851	100,0

¹Inclui Mata Atlântica, Pantanal, Terras Indígenas, áreas de proteção ambiental formalmente constituídas e outros.

Fonte: Brasil (2010).

O levantamento sistemático da produção agrícola do IBGE (2016) indica que no Brasil 10.385.972 de hectares foram colhidos com cana-de-açúcar na safra 2015 obtendo um volume de 754.948.462 de toneladas de cana-de-açúcar processadas em 350 usinas distribuídas pelo país.

Segundo a CONAB (2014) o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China, responsável por mais de 50% do açúcar comercializado no mundo. Atualmente, a cana-de-açúcar é o insumo básico de uma grande variedade de produtos de valor agregado, incluindo alimentos, rações animais, biocombustíveis e bioeletricidade proveniente de biorrefinarias modernas e integradas (UNICA, 2008).

No Brasil o ciclo da cana-de-açúcar é dividido em três fases: a etapa inicial na região Nordeste, quando a cultura foi inserida no país, se expande e ocupa a produção até o século XIX, em consonância com o período de colonização do Brasil; em um segundo momento quando há um crescimento do setor sucroalcooleiro, em decorrência da crise do petróleo e da implantação do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) que surgiu em resposta à crise energética ligada aos combustíveis fósseis e motivada por subsídios governamentais, na década de 1970, no Centro-Sul, no qual a região Sudeste, mais especificamente o estado de São Paulo, se desponta na produção; e no final da década de 1990 e início da década de 2000, quando se expande em direção ao Triângulo Mineiro, Noroeste do Paraná, Centro-Sul-Leste do Mato Grosso do Sul e Centro-Sul-Sudeste de Goiás, devido ao uso do etanol como combustível e à introdução dos veículos *flex fuel* (PRADO JUNIOR, 1976); (DOMINGUES, 2010); (TEIXEIRA e HESPANHOL, 2012); (ARAÚJO e SANTOS, 2013).

Com base no levantamento realizado pelo MAPA (BRASIL, 2010) desde o ano de 1975, quando se obtém os dados das áreas de expansão da cana-de-açúcar no Brasil, até 2014, houve um incremento de 420% na área cultivada por esta cultura. Neste contexto, observa-se que a partir da década de 1970 houve um significativo crescimento no setor sucroenergético e o mesmo vem apresentando uma contínua evolução tecnológica. No que diz respeito às áreas plantadas e sua distribuição no território a cana-de-açúcar vivenciou ciclos, apogeu e crises.

A história econômica brasileira demonstra com nitidez a característica da economia periférica a que sempre o país esteve submetido, quer seja com a cana-de-açúcar nos séculos XVI e XVII, a mineração do século XVIII, o café dos séculos XIX e XX e a soja a partir da década de 70. Produtos quase únicos da pauta de exportações de suas épocas, sempre colocaram o país nas condições de economia de suprimento complementar dos centros mais desenvolvidos. A mineração e as monoculturas da cana-de-açúcar, café e mais recentemente soja foram responsáveis por surtos econômicos significativos, mas ao mesmo tempo foram acompanhados de vigorosos processos de degradação da natureza e agressivos processos de exploração irracional com grandes desperdícios dos recursos naturais (ROSS, 1994, p. 63).

Neste sentido pode-se perceber que os diversos ciclos econômicos, os segmentos atuantes da sociedade e os acontecimentos históricos configuram um quadro que proporciona a compreensão do contexto atual e o significado dos desdobramentos da cultura canavieira vivenciada em cada região do Brasil.

A intensa evolução da produção de cana-de-açúcar está relacionada com a expansão da área plantada e o aumento de produtividade da cultura. Uma projeção tendencial formulada pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (BRASIL, 2007b), com base na evolução histórica, demonstra que a perspectiva é de, nos próximos anos a produção e produtividade aumentarem de forma que o país deverá continuar ocupando importante posição nestes mercados (Tabela 2). Nota-se que em termos de área ocupada a safra de 2015 já superou a projeção do EPE para 2020.

Tabela 2. Expansão da produção brasileira de cana-de-açúcar.

Cana-de-açúcar	2005	2010	2020	2030
Produção (10 ⁶ t)	431	518	849	1.140
Área ocupada (10 ⁶ t)	5,6	6,7	10,6	13,9

Fonte: Brasil (2007).

De acordo com Novaes (2010) as informações divulgadas pelos órgãos oficiais são de grande importância no planejamento agrícola, no arranjo de preços em escala nacional e mundial, no abastecimento interno, na decisão sobre importação e exportação, nas questões que estão relacionadas aos subsídios e em uma série de demandas que envolvem o processo de tomada de decisão que direta ou indiretamente envolvem o setor agrícola.

2.3. AS BASES ECONÔMICAS NO MATO GROSSO DO SUL E O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO NO ESTADO

Historicamente no Mato Grosso do Sul, desde o período colonial, a região Sul do estado (até 1977 era Mato Grosso) teve na pecuária, na extração vegetal e na agricultura as bases de um desenvolvimento acelerado iniciado no século XIX, enquanto o norte minerador vivia sua decadência. Inicialmente, as atividades econômicas desenvolvidas no Estado estavam vinculadas à extração de produtos primários e de recursos naturais, a extração da erva-mate, por meio da Companhia Matte Laranjeira – primeiro empreendimento de grande porte a se estabelecer no estado – que deteve o monopólio da exploração dos ervais em toda a região, entre os anos de 1800 e 1924.

A Colônia Agrícola Nacional de Dourados (CAND) foi criada em 1943, pelo Ministério da Agricultura, distribuindo em torno de 6.500 lotes de 20 a 50 hectares a trabalhadores brasileiros, que até aquele momento não eram proprietários de terras (FABRINI, 1996) (Figura 4). Destaca-se ainda a intensificação do crescimento do estado em decorrência da construção da ferrovia Noroeste do Brasil, que passa a conectar o noroeste paulista com o sul de Mato Grosso do Sul.

A partir do século XX o Estado de Mato Grosso do Sul passa a ter tradicionalmente sua economia vinculada à pecuária e mais tarde a agricultura, essas atividades foram inseridas gradualmente no Estado, em 1960 já era expressiva a predominância da pecuária, mas só a partir da década de 1970 que a agricultura era visível e adquiriu maior expressão com a produção da soja (AZEVEDO, 2008) .

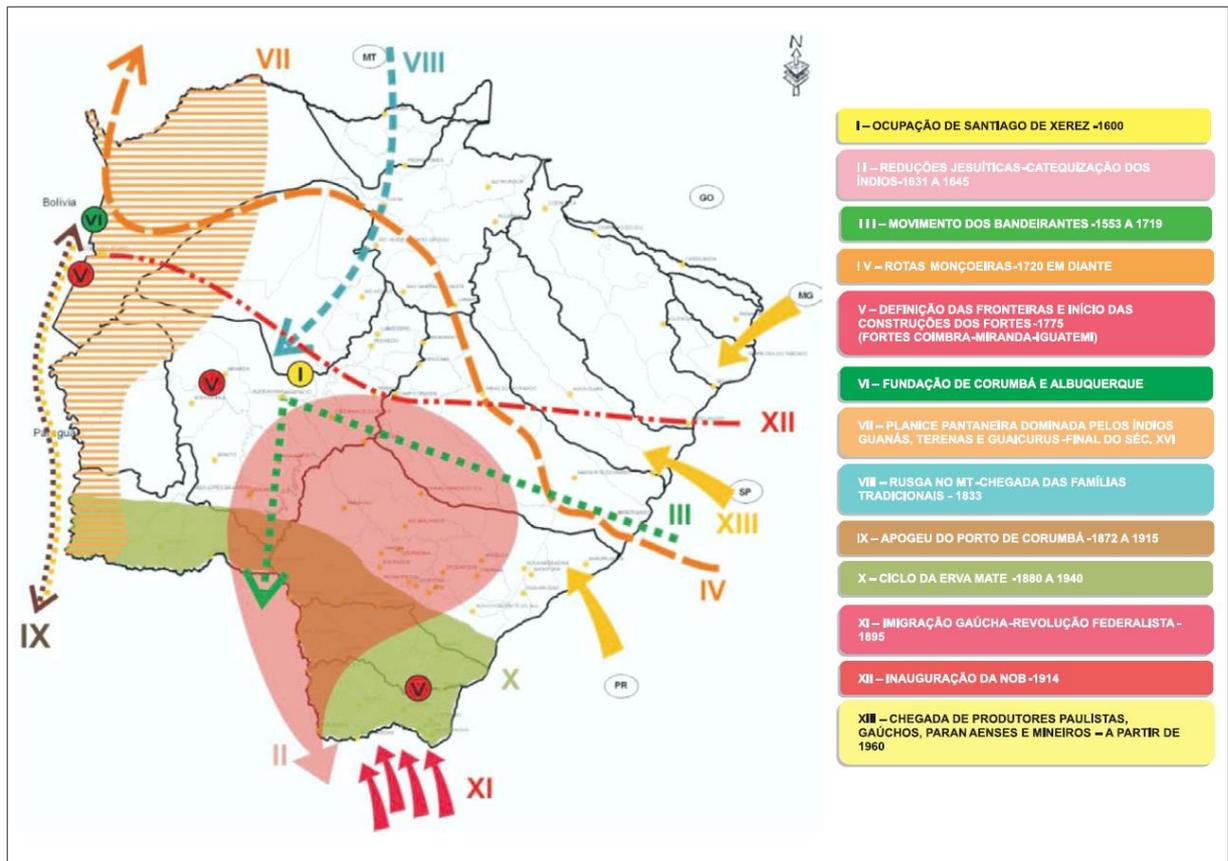


Figura 4. Representação esquemática histórica de ocupação do Mato Grosso do Sul.

Fonte: ZEE/MS (MATO GROSSO DO SUL, 2002, p. 13).

Até a década de 1970 o Estado do Mato Grosso do Sul não se configurava como um produtor significativo de cana-de-açúcar e seus produtos derivados (açúcar e álcool) só começou a fazer parte do atual quadro produtivo do álcool a partir da década de 1980, período no qual o Proálcool passou a subsidiar a “implantação de destilarias de álcool em todo o país, e os Estados do Centro-Oeste – Mato Grosso e Mato Grosso do Sul – tornaram-se centros de atração de capitais de São Paulo e do Nordeste” (ANDRADE, 1994, p. 139-140).

Entre os anos de 1979 a 1983 foram instaladas 9 agroindústrias canavieiras no Estado de Mato Grosso do Sul, a primeira unidade (Usina Aquarius) se instalou em Pedro Gomes – atual cidade de Sonora – em 1979, e os municípios de Maracaju e Rio Brillhante se destacam logo nas primeiras iniciativas por parte do setor canavieiro e do Proálcool, uma vez que, em Maracaju a primeira unidade industrial (Usina Maracaju) se instalou em 1982 e no mesmo ano duas unidades (Usina Passa-Tempo e Usina Santa Fé) entram em operação em Rio Brillhante (DOMINGUES, 2010).

Inicialmente os investimentos da agroindústria canavieira no Mato Grosso do Sul migraram a partir nordeste brasileiro, (historicamente, a principal região produtora do país) no período dos “coronéis” do açúcar, o mercado sucroalcooleiro era composto por pequenas empresas, muitas vezes de origem familiar e trabalhadores, também do núcleo da família, que realizavam o corte manual da cana. No processo de incentivos para a consolidação desse mercado, o Estado torna-se atrativo para as grandes empresas e grupos internacionais e possui maior concentração de indústrias de capital estrangeiro, que ao procurar se instalar no Estado adquiriram unidades industriais de grupos de origem familiar (BACKES, 2009).

Em 2000 o grupo Louis Dreyfus marcou a entrada do capital estrangeiro direto na produção da cana-de-açúcar quando adquiriu três unidades no país inclusive a usina Passa Tempo, em Rio Brilhante. Hoje o grupo que tem como subsidiária a Biosev possui três unidades no Estado.

De acordo com Backes (2009) os grupos internacionais destacam-se pela tecnologia de ponta que empregam na produção e construção de suas usinas, no monitoramento da safra, nas pesquisas do ramo, etc. O cenário que se verifica atualmente é a internacionalização do segmento sucroenergético em Mato Grosso do Sul, controlado por poucos grupos, que praticamente já mecanizaram toda a produção, concentrando o capital e escoando-o para fora do país.

Em Mato Grosso do Sul a distribuição das unidades industriais de processamento de cana-de-açúcar é desuniforme, pelas características edafoclimáticas discrepantes das diferentes regiões do Estado, a grande maioria das unidades de produção estão localizadas no centro sul e norte do Estado, onde estão sob influência dos climas de estação seca no inverno.

Além dos fatores físicos, que serão abordados mais detalhadamente no próximo capítulo, há outros motivos que promoveram a migração e a expansão do setor canavieiro para Mato Grosso do Sul, dentro os quais se destacam: os incentivos fiscais, que são um pacote de benefícios fiscais concedidos pelo poder público na esfera federal, estadual e/ou municipal que podem contribuir no processo de tomada de decisão de empreendimentos de grande porte que pretendem se instalar em um local, o interesse na instalação de novos empreendimentos é voltado a movimentação econômica gerada para a região.

De acordo com Pereira (2007) Mato Grosso do Sul criou uma estratégia para promover a atração de unidades industriais sucroenergéticas para o Estado, de maneira geral o pacote de incentivos abrange a isenção ou descontos nas alíquotas de impostos, dentre outros benefícios. A Lei Complementar 093/2001 concede isenção fiscal de 67% nas guias de recolhimento do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços).

Certamente outro fator que contribuiu para a grande atração desse segmento no Estado foi o custo baixo das terras para arrendamento ou compra, principalmente quando comparado ao Estado de São Paulo, onde em média um hectare chega a custar três vezes mais do que no Mato Grosso do Sul (PEREIRA, 2007). Sem contar que há uma saturação de áreas cultivadas com cana no Estado de São Paulo (maior produtor nacional), que também pode ser apontado como um dos fatores determinantes para a disseminação dessa produção para outros Estados.

A infraestrutura de transporte com ligação rodoviária pelas estradas federais e estaduais pavimentadas fornecem suporte logístico e facilitam o escoamento da produção e o acesso aos principais polos e portos, como é o caso de Porto Murtinho no Rio Paraguai. Aliado a isso, as redes de energia elétrica conectadas ao sistema nacional são condições que também atraem investimentos na cadeia sucroenergética. De acordo com Frata e Faria (2008, p. 75) “ A geração de energia elétrica excedente para comercialização é uma proposta dos empreendimentos que se instalam na região” e que se interessam ainda pela existência de uma estrutura de serviços e de suporte presente nos municípios de médio e pequeno porte.

No que se refere a localização geográfica, Mato Grosso do Sul encontra-se em lugar privilegiado, visto que o Estado está bem próximo aos grandes centros consumidores do país especialmente do Estado de São Paulo, o que consequentemente contribui para o seu desenvolvimento econômico (DOMINGUES, 2010).

Estas características conduzem a um panorama de crescente de expansão do setor sucroenergético, como verificado na Tabela 3, que apresenta uma evolução contínua em termos de área plantada de cana-de-açúcar no Estado, desde 1980. É notório o ritmo acelerado do processo de expansão da atividade do setor sucroenergético, e que a partir dos anos 2000, este aumento ocorreu com maior intensidade (Figura 5).

Tabela 3. Evolução da área plantada com cana-de-açúcar no Brasil e em Mato Grosso do Sul no período de 1990 a 2014.

Ano	Área plantada (hectares)	
	Brasil	Mato Grosso do Sul
1980	2.768.514	11.976
1981	2.980.396	26.200
1982	3.241.386	35.149
1983	3.649.317	35.601
1984	3.832.177	50.070
1985	4.084.858	50.705
1986	4.132.875	64.160
1987	4.502.078	66.889
1988	4.117.375	69.727
1989	4.075.839	64.056
1990	4.322.299	67.921
1991	4.241.352	65.358
1992	4.224.561	61.884
1993	3.953.047	63.879
1994	4.359.200	59.905
1995	4.638.281	75.315
1996	4.830.538	82.085
1997	4.881.648	82.007
1998	5.049.953	86.921
1999	4.975.189	93.790
2000	4.879.841	98.958
2001	5.022.490	99.673
2002	5.206.656	112.100
2003	5.377.216	120.534
2004	5.633.700	130.970
2005	5.815.151	136.803
2006	6.179.262	152.747
2007	7.080.000	191.577
2008	8.982.700	252.544
2009	8.845.833	285.993
2010	9.164.756	399.408
2011	9.616.615	495.821
2012	9.752.328	558.664
2013	10.223.043	642.686
2014	9.887.251	668.312
2015	10.385.972	667,9

Fonte: Produção Agrícola Municipal - IBGE.
Organização: Ferreira (2016).

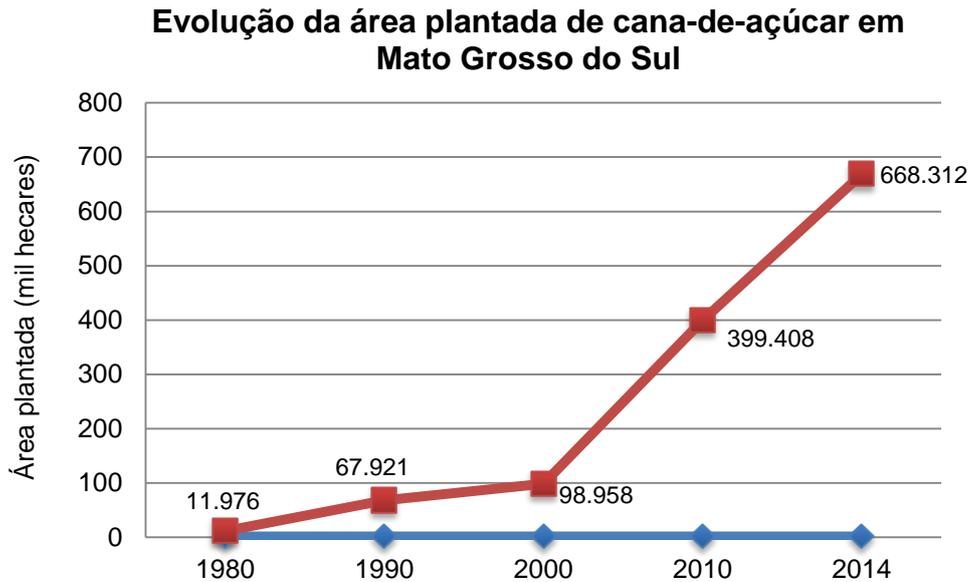


Figura 5. Área plantada com cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul: período de 1980 a 2014.
 Fonte: Produção Agrícola Municipal – IBGE.
 Organização: Ferreira (2016).

A área cultivada e colhida com cana-de-açúcar na safra 2014/15 de acordo com dados do levantamento realizado pela CONAB (2014) em Mato Grosso do Sul é de aproximadamente 668,3 mil hectares apresentando um crescimento de 2,10% (13,8 mil hectares) em relação à safra passada o que o coloca como 4º Estado no ranking nacional da produção de cana-de-açúcar (Tabela 4). Os oito Estados apresentados na tabela abaixo são responsáveis por 94,6% da produção nacional.

Tabela 4. Área plantada de cana-de-açúcar por Unidade de Federação

Estado	Área (mil hectares) Safra 2014/15	%
São Paulo	4.685,7	52
Goiás	854,2	9,5
Minas Gerais	805,5	8,9
Mato Grosso do Sul	668,3	7,4
Paraná	635,0	7,1
Alagoas	385,3	4,3
Pernambuco	260,1	2,9
Mato Grosso	225,1	2,5
Outros*	710,4	5,4

Fonte: CONAB, 2014. Estimativa em dezembro/2014.

Nota: *Os demais estados produtores (ES, RN, BA, SE, RJ, MA, TO, PI, PA, PB, RO, AM, CE e RS) possuem áreas menores de plantio de cana-de-açúcar, com representações abaixo de 2%.

Organização: Ferreira (2016).

A estimativa de produção do Estado para a safra 2015/16 é de 677,9 mil hectares (CONAB, 2016). Na região Centro-Oeste o aumento da estimativa de área 3,9% e produtividade de 7,7% em relação à safra anterior, equilibrando as perdas aguardadas pela

maior produtora, a região Sudeste (-0,4%). “No Centro-Oeste, a cana-de-açúcar tem encontrado áreas disponíveis para expansão, onde dispõe de um clima mais estável em relação ao Sul-Sudeste” (IBGE, 2015, p.3).

Ainda de acordo com os dados do IBGE (2015) sobre a produção agrícola em 2015, só no Mato Grosso do Sul há um crescimento de 12,8% em relação à safra anterior. Desde o período do plantio da safra de verão, as chuvas têm ajudado o desenvolvimento das lavouras, marcadamente pela elevação do rendimento médio.

A cultura da cana-de-açúcar ocupa grandes extensões de terra e vem ganhando cada vez mais espaço no Estado do Mato Grosso do Sul. Esta cultura dificilmente cede espaço para outros usos, haja vista exemplos dos municípios com plantio de cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Goiás. Faz-se importante destacar que para a expansão da cana deve-se priorizar as áreas já antropizadas (pastagens) ou degradadas, a fim de evitar terras usadas para práticas que possuem valor ecológico maior.

Segundo o EPE (BRASIL, 2007) o manejo predatório da área da cultura da cana pode promover processos erosivos e assoreamento dos cursos d’água, causadas principalmente por: desmatamentos de encostas e margens de corpos hídricos, queimadas e uso inadequado de maquinários e implementos agrícolas. O Instituto Agrônomo de Campinas – IAC estima que cada hectare cultivado no país perde, em média, 25 toneladas de solo por hectare.

A expansão acelerada do setor sucroenergético verificada em Mato Grosso do Sul desde os anos 2000 suscitou preocupações ao Governo Estadual, em relação aos impactos sociais e ambientais que ocorriam nos pequenos municípios, que não dispõem de infraestrutura necessária e nem planejamento ambiental para dar suporte a empreendimentos de grande porte.

Tornou-se indispensável dimensionar o crescimento da atividade canavieira, a fim de identificar e mitigar os impactos gerados e realizar o ordenamento do crescimento dessas atividades. Neste contexto que o Estado do MS elaborou uma proposta, integrada ao escopo de uma proposta nacional coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), orientada às suas próprias políticas públicas, o Zoneamento Ecológico-Econômico de Mato Grosso do Sul (ZEE/MS), com o objetivo de estabelecer normas técnicas e legais a fim de promover o ordenamento geral de uso e ocupação do território

sul-mato-grossense “compatibilizando, de forma sustentável, as atividades econômicas, a conservação ambiental e a justa distribuição dos benefícios sociais” (ZEE/MS, 2002, p.5).

Na esfera federal, em 2009 o governo criou o chamado Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE), um criterioso estudo do clima e do solo das regiões brasileiras que inovou ao considerar aspectos ambientais, econômicos e sociais para orientar a expansão sustentável da produção da cana-de-açúcar e os investimentos no setor sucroalcooleiro e teve como objetivo “fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando o ordenamento da expansão e a produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro” a (EMBRAPA, 2009, p. 07) (veja ZAE para MS na Figura 6). Para este estudo, salienta-se que os órgãos responsáveis empregaram técnicas de cartografia temática realizada no âmbito estadual em escala 1: 250.000.

As áreas indicadas para a expansão da cana-de-açúcar no ZAE abrangem aquelas que atualmente são ocupadas por produção agrícola intensiva a semi-intensiva, lavouras perenes e anuais e pastagens, excluindo a produção de cana-de-açúcar nos biomas Amazônia e Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai, terras indígenas, áreas com cobertura vegetal nativa, remanescentes florestais, áreas de proteção ambiental, mangues, dunas, escarpas e afloramentos de rocha, reflorestamento, áreas urbanas e de mineração, áreas com declividade superior a 12%, considerando a premissa da mecanização no âmbito da proibição da queima dos canaviais para áreas de expansão e, ainda as áreas já cultivadas com cana-de-açúcar nos no ano safra 2007/08 nos Estados da Região Centro-Sul (GO, MG, MT, MS, PR, SP) (EMBRAPA, 2009).

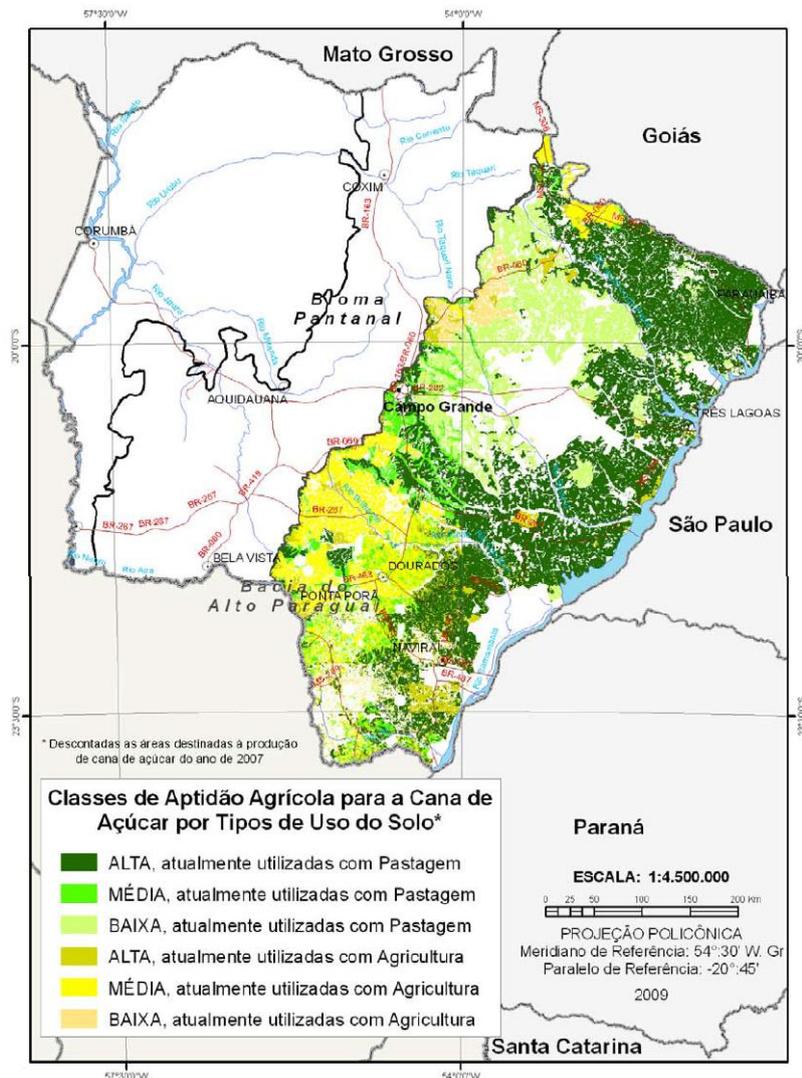


Figura 6. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar para o Estado do Mato Grosso do Sul.

Fonte: Embrapa (2009, p. 45).

As áreas aptas estimadas foram agrupadas considerando os tipos de uso da terra e a classe de aptidão agrícola. Na tabela 5 encontra-se o total estimado de área apta para Mato Grosso do Sul.

Tabela 5. Síntese das áreas aptas para expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Mato Grosso do Sul.

Estado	Classes de aptidão	Áreas aptas por tipo de uso da terra por classe de aptidão (ha)				
		Ap	Ag	Ac	Ap + Ag	Ap + Ag + Ac
MS	Alta (A)	5.421.089,30	0,00	786.080,79	5.421.089,30	6.207.170,09
	Média (M)	825.672,75	0,00	1.672.122,97	825.672,75	2.497.795,72
	Baixa (B)	1.862.286,46	0,00	302.568,65	1.862.286,46	2.164.855,11
	A + M	6.246.762,05	0,00	2.458.203,76	6.246.762,05	8.704.965,81
	A + M + B	8.109.048,51	0,00	2.760.772,41	8.109.048,51	10.869.820,92

Nota: Classes de Aptidão: A: Alta; M: Média; B: Baixa – Uso atual: Ap: Pastagem; Ag: Agropecuária; Ac: Agricultura.

Fonte: EMBRAPA (2009).

De acordo com estas informações é possível verificar que a região centro sul, sudeste e nordeste do Estado são as áreas mais propícias ao cultivo da cana-de-açúcar e que possui potencial para ocupar as áreas de pastagens. Porém alguns estudos, vide Pinto Junior (2014) e Pinto Junior, Silva e Berezuk (2014), demonstram que as áreas de expansão da cana-de-açúcar vêm ocorrendo com maior intensidade em locais já ocupados por agricultura. Segundo Rudorff (1985) a cultura da cana não é muito exigente em solos, todavia, apresenta melhor desempenho onde os solos apresentam boa aeração e boa drenagem. Tal condição pode justificar a expansão das atividades agroindustriais em áreas de solos mais férteis, onde a agricultura e até mesmo a vegetação nativa cedeu lugar a ocupação produtiva canavieira.

Diante desse avanço do setor sucroenergético, sobretudo no centro sul do Estado que surge à preocupação em relação à incorporação de novas áreas de plantio da cana-de-açúcar à custa da conversão de áreas agrícolas e de pastagens. Strapasson e Job (2006, p.56) afirmam que em “algumas regiões dos Estados do Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a expansão canavieira gera certa preocupação, pelo excesso de monocultura intensiva em determinadas áreas”. Tal fato se configura como algo importante e necessita de pesquisas que possam demonstrar essas transformações territoriais.

2.4. A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE

Frata e Faria (2008) destacam que uma das regiões, em Mato Grosso do Sul, de maior expansão da cana-de-açúcar e instalação de usinas para a produção de açúcar, etanol e bioenergia, são os 4,64 milhões de hectares da bacia hidrográfica do rio Ivinhema, e que, futuramente deverá contar com 60 unidades produtoras. Nesta etapa, uma das bacias hidrográficas que formam a bacia do rio Ivinhema, a bacia do Rio Brilhante, foi a referência para escala de trabalho. Ao abordar essa escala de abrangência foi possível um melhor detalhamento dos aspectos físicos como, vegetação, solos, geomorfologia, clima e produção agrícola dos municípios onde se encontram os plantios de cana-de-açúcar e onde estão instaladas as unidades industriais.

A escolha desta bacia hidrográfica está vinculada a sua transformação em polo de produção de álcool e açúcar no Estado, foi uma das regiões que mais atraiu investimentos de indústrias sucroenergéticas de grupos econômicos nacionais e internacionais como,

Louis Dreyfus Commodities, Odebrecht e Tonon Bioenergia, sendo assim neste contexto, essa região atingiu maior expansão da produção de cana-de-açúcar no Estado.

O Rio Brilhante, principal contribuinte e que concede nome a bacia, tem sua nascente localizada no município de Sidrolândia na região oeste e corre em sentido leste até desaguar no rio Ivinhema. Seus principais tributários encontram-se na margem direita e são: ribeirão Santo Antônio, córrego Cachoeira e o rio Santa Maria segundo a toponímia indicada pelo IBGE

A bacia hidrográfica do Rio Brilhante localiza-se na região sudoeste de Mato Grosso do Sul, a sudoeste da bacia do rio Paraná, ocupando uma área de 1.265.200 hectares, o que corresponde a 27,2% da área total da bacia do rio Ivinhema. Compreende os paralelos -20°59'17'' e -22°15'40'' de latitude sul e os meridianos -53°52'24'' e -55°48'37'' de longitude oeste de Greenwich. É composta por nove municípios inseridos total ou parcialmente em seus limites (Angélica, Deodápolis, Douradina, Dourados, Itaporã, Maracaju, Ponta Porã, Rio Brilhante e Sidrolândia) (Figura 7). A população total dos municípios que estão inseridos no âmbito desta região hidrográfica corresponde a 472.147 pessoas, segundo dados da população estimada do censo do IBGE (2014). A Tabela 6 apresenta a área total dos municípios, a área de ocorrência de cada município inserido na bacia e sua respectiva porcentagem.

Tabela 6. Área total dos municípios e respectivas inserções na bacia do Rio Brilhante.

Município	Área do município (hectares)		Inserção do município na bacia
	Total	Ocorrência na bacia	%
Angélica	127.327	42.453,5	33,3
Deodápolis	83.121	15.540,2	18,7
Douradina	28.079	28.078,7	100
Dourados	408.624	214.206,8	52,4
Itaporã	132.181	132.181,1	100
Maracaju	529.918	433.603,4	81,8
Ponta Porã	533.045	88.368	16,6
Rio Brilhante	39.874	198.643,3	49,8
Sidrolândia	528.641	112.125	21,2
TOTAL	2.410.810	1.265.200	-

Fonte: Área total municipal – IBGE.

Organização: Ferreira (2016).

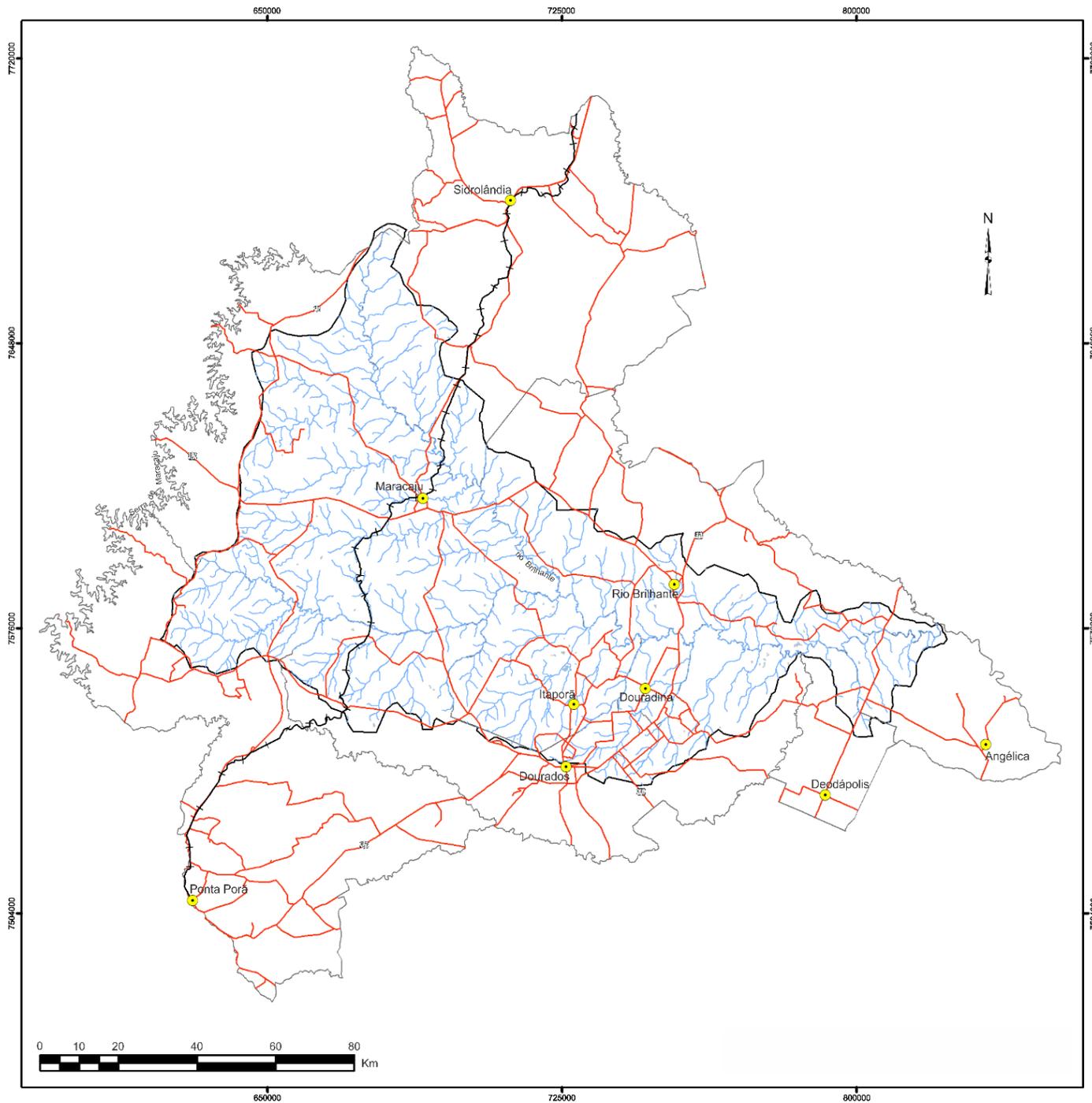
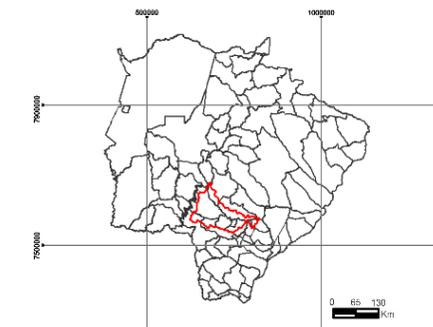


FIGURA 7: Localização da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS

LEGENDA

-  Sede municipal
-  Rede hidrográfica
-  Lagos
-  Limite bacia hidrográfica do Rio Brilhante
-  Limite municipal
-  Trecho rodoviário
-  Trecho ferroviário



Fonte de dados da Base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010; Hidrografia, 2015; Sistema de Transporte, 2015. Escala original: 1: 250000
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patrícia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



A bacia do Rio Brilhante possui localização estratégica por estar na região centro-sul do Estado, próximo a capital Campo Grande e abranger parte do território de Dourados, que é considerado, segundo Mato Grosso do Sul (2015), o principal polo industrial, comercial e de serviços da região. Além de ter acesso aos principais mercados nacionais e internacionais com facilidade, por meio da logística favorável para escoamento da produção agrícola.

As principais rodovias pavimentadas que cortam a bacia são; BR-267, que entra em Mato Grosso do Sul através do município de Bataguassu, na divisa com São Paulo, interligando-se a BR-163 em Nova Alvorada do Sul, onde continua por Rio Brilhante e passa por Maracaju. A MS-162 que é interligada a BR-060 em Sidrolândia e corta o município direcionando ao sul da bacia até chegar em Dourados onde se interliga a BR-163. A MS-141 interliga o interior da bacia à BR-267, depois de atravessar os municípios de Ivinhema e Angélica, na altura de Casa Verde ao norte de Nova Andradina.

Mato Grosso do Sul possui 79 municípios e atualmente conta com 25 unidades processadoras de cana-de-açúcar em todo Estado, a região centro-sul do Estado abrange 19 unidades, dentre os municípios que possuem unidades sucroenergéticas instaladas, aqueles que compõe a bacia do Rio Brilhante concentram 9 unidades desse segmento.

Localizadas dentro do território da bacia do Rio Brilhante estão 4 unidades e outras 11 unidades localizadas próximo em uma área de influência com raio de 50 km. A Figura 8 apresenta as informações como nome e localização e a Figura 9 apresenta estas informações espacializadas.

	Usinas	Localização	Município
Interior da bacia do Rio Brilhante	1 Biosev – Unidade Maracaju	Acesso pela Rodovia MS 460, Km 54 - Fazenda Estrada da Água Fria, s/n	Maracaju
	2 Biosev – Unidade Rio Brilhante	Rodovia BR 163, Km 329 - Fazenda Santa Maria, s/n	Rio Brilhante
	3 Odebrecht Agroindustrial – Unidade Eldorado	Rodovia MS 145, Km 49 - Fazenda S. Pedro, s/n	Rio Brilhante
	4 Tonon – Unidade Vista Alegre	Acesso pela Rodovia MS 164 - Fazenda Bom Retiro, s/n	Maracaju
Proximidades (raio 50 km)	5 Biosev – Unidade Passa Tempo	Acesso pela Rodovia BR 267, Km 321 - Fazenda Passa Tempo, s/n	Rio Brilhante
	6 Bunge Brasil – Unidade Monteverde	Rodovia BR 463 - Km 35, s/n	Ponta Porã
	7 Fátima do Sul Agro-energética	Acesso pela Rodovia BR 376 - Linha do Barreirinho - Lotes 02,03 e 04 - Quadra 43	Fátima do Sul
	8 Adecoagro – Angélica Agroenergia	Acesso pela Rodovia BR 274, Km 14 - Fazenda Kurupay, s/n	Angélica
	9 Odebrecht Agroindustrial – Unidade Santa Luzia I	Acesso pela Rodovia BR 267, Km 231 - Fazenda São Sebastião	Nova Alvorada do Sul
	10 São Fernando Açúcar e Álcool	Rodovia MS 379, Km 09, s/n	Dourados
	11 Energética Vicentina	Acesso pela Rodovia MS 147 - Fazenda Dois Córregos, Lote 43 - Quadra 20	Vicentina
	12 Agrison Bioenergia Ltda	Acesso pela Rodovia MS 060, Km 476 – Fazenda Olímpio, s/n	Sidrolândia
	12 Raízen – Caarapó	Rodovia MS 156, Km 12 - s/n	Caarapó
	14 Energética Santa Helena	Acesso pela Rodovia MS 134, Km 25 – Fazenda Santa Helena s/n	Nova Andradina
15 Adecoagro – Vale do Ivinhema	Rodovia MS 14, Km. 10 - s/n – Fazenda Carmen	Ivinhema	

Figura 8. Razão social e localização municipal das usinas inseridas nos limites e proximidades da bacia do Rio Brilhante - MS.

Fonte: Ferreira (2016).

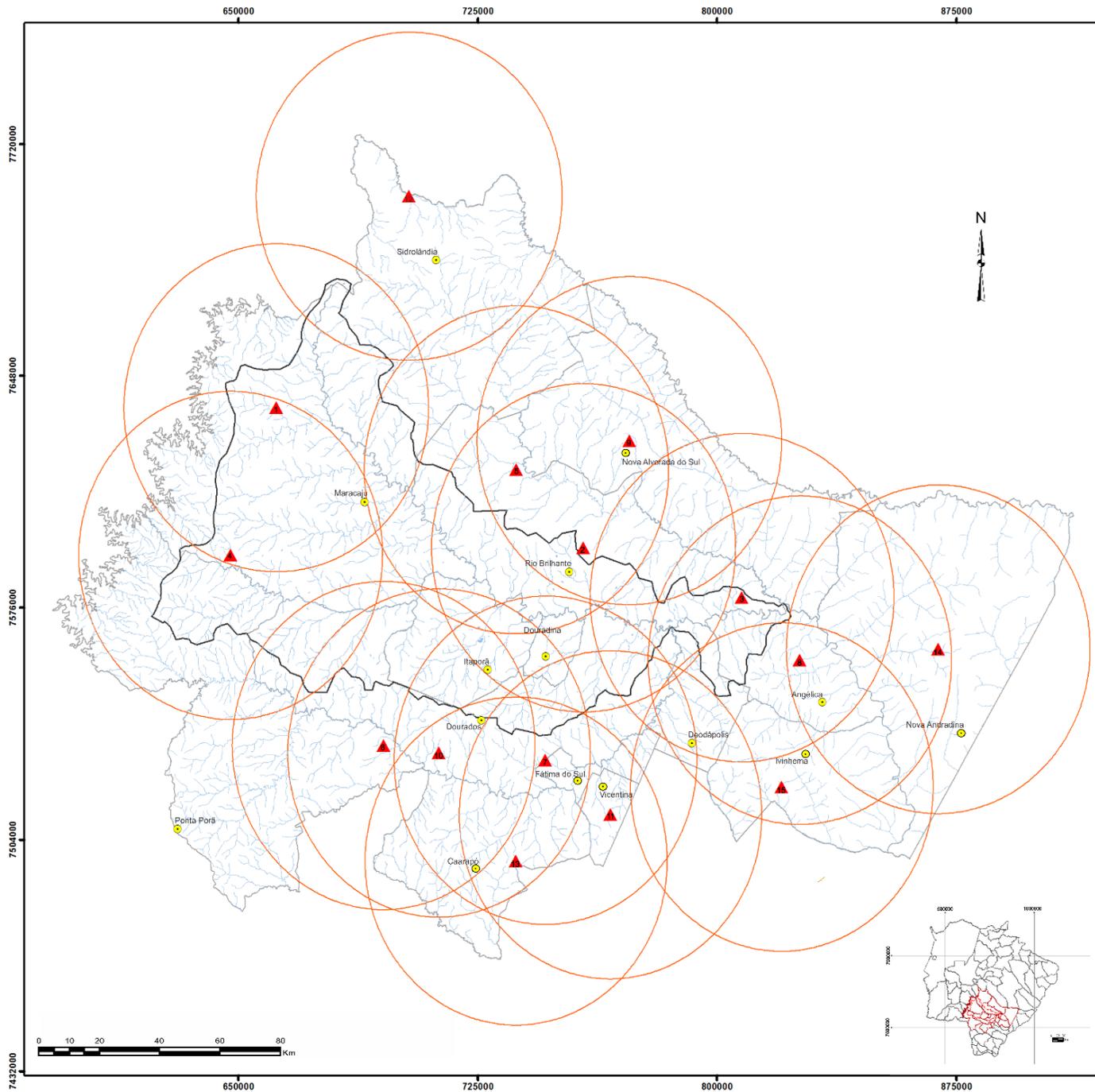


FIGURA 9: Distribuição das usinas com influência na bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS

LEGENDA

I. Convenções cartográficas

- Sede municipal
- Usinas sucroenergéticas
- Raio de influência
- Rede hidrográfica
- Lagos
- Bacia hidrográfica do Rio Brillante
- Limite municipal

Usinas	Município
1 Biosev - Unidade Maracaju	Maracaju
2 Biosev - Unidade Rio Brillante	Rio Brillante
3 Odebrecht - Unidade Eldorado	Rio Brillante
4 Tonon - Unidade Vista Alegre	Maracaju
5 Biosev - Unidade Passa Tempo	Rio Brillante
6 Bunge Brasil - Unidade Monteverde	Ponta Porã
7 Fátima do Sul Agro Energética	Fátima do Sul
8 Adecoagro - Unidade Angélica	Angélica
9 Odebrecht - Unidade Santa Luzia	Nova Alvorada do Sul
10 São Fernando	Dourados
11 Vicentina	Vicentina
12 Agrison Bionergia Ltda	Sidrolândia
13 Raízen - Unidade Caarapó	Caarapó
14 Santa Helena - (MS)	Nova Andradina
15 Adecoagro - Vale do Ivinhema	Ivinhema

Organização: Ferreira (2016).

Fonte de dados da Base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000. Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator. Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patrícia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



Os principais produtos agrícolas cultivados nos municípios que compõem a bacia são soja, milho, trigo e feijão (EMBRAPA, 2005). Na década de 1990 as culturas de soja, milho e cana-de-açúcar ocupavam juntas cerca de 722 mil hectares (IBGE, 2015), dos quais 96,2% estavam destinadas ao cultivo de soja e milho e a cana ocupava apenas 3,8% dessa área. Em 2013, estas três culturas ocupavam quase 2 milhões de hectares, sendo que a cana-de-açúcar passa a ocupar agora 13,9% dessa área, pode não parecer um aumento significativo, mas quando comparado a 1990 em duas décadas houve um aumento de 869,5% da área plantada de cana-de-açúcar (Figura 10 e 11). Na Figura 12 verifica-se o crescimento da área plantada e quantidade produzida de cana-de-açúcar na série histórica de 1990 a 2014 nos municípios que compõe a bacia hidrográfica do Rio Brilhante.

O redimensionamento territorial que está ocorrendo, sobretudo na região centro sul do Estado, principalmente no que se refere ao processo de territorialização da cana-de-açúcar é verificada também em outros estudos, vide Pereira (2007); Azevedo (2008); Backes (2009); Domingues (2010) e Pinto Junior (2014). E se apresenta como uma tendência crescente, considerando que até o começo dos anos 2000 essa região não possuía nenhuma representatividade como produtor de cana-de-açúcar e derivados (açúcar e álcool).

O setor sucroenergético encontra-se impulsionado pelo aumento na demanda de etanol na matriz energética, este cenário juntamente com a consolidação da tecnologia dos biocombustíveis contribui para balizar o avanço contínuo dessa atividade até o momento.

Sobre essa questão Frata e Faria (2008, p.76) destacam que é preciso analisar e avaliar os dados sobre a expansão da cana-de-açúcar nessa área com cautela, “dada a convergência de grandes interesses políticos – eleitorais, ideológicos e econômicos no setor de biocombustíveis, particularmente na produção de etanol”. Deve-se alertar para a importância de disciplinar a expansão através das políticas públicas específicas de créditos e benefícios fiscais. É necessário a realização de estudos que acompanhem e identifiquem as transformações no território, uma vez que a ocupação exclusiva das terras com a melhor aptidão agrícola pela cana-de-açúcar possivelmente suscitará danos às economias locais e, no médio prazo, ao país.

Produção agrícola municipal da lavoura temporária em 1990			
Município	Área plantada (hectares)		
	Cana-de-açúcar	Milho	Soja
Angélica*	-	800	7.028
Deodápolis*	-	3.000	2.700
Douradina*	-	900	8.280
Dourados	100	7.500	118.000
Itaporã*	-	2.300	35.060
Maracaju	4.948	21.000	100.300
Ponta Porã*	-	20.000	170.284
Rio Brilhante	18.844	18.000	85.100
Sidrolândia	3.200	40.000	55.170
TOTAL	27.092	113.500	581.922

Produção agrícola municipal da lavoura temporária em 2000			
Município	Área plantada (hectares)		
	Cana-de-açúcar	Milho	Soja
Angélica*	-	1.400	2.000
Deodápolis*	-	2.397	1.400
Douradina*	-	6.250	7.800
Dourados*	-	76.500	114.000
Itaporã*	-	30.200	39.600
Maracaju	9.931	32.500	82.000
Ponta Porã*	-	29.000	110.000
Rio Brilhante	14.841	29.000	48.000
Sidrolândia	9.029	26.000	65.000
TOTAL	33.801	233.247	469.800

Produção agrícola municipal da lavoura temporária em 2010			
Município	Área plantada (hectares)		
	Cana-de-açúcar	Milho	Soja
Angélica	20.582	881	1.507
Deodápolis	1.165	4.600	5.000
Douradina	157	7.100	10.200
Dourados	15.850	60.200	140.000
Itaporã	1.149	36.000	60.000
Maracaju	27.263	131.500	187.000
Ponta Porã	13.985	42.000	150.000
Rio Brilhante	69.489	52.000	100.000
Sidrolândia	22.610	86.800	115.000
TOTAL	172.250	421.081	768.707

Produção agrícola municipal da lavoura temporária em 2014			
Município	Área plantada (hectares)		
	Cana-de-açúcar	Milho	Soja
Angélica	31.674	2.500	2.500
Deodápolis	1.848	7.500	7.750
Douradina	156	11.500	12.700
Dourados	47.330	130.100	150.000
Itaporã	1.769	67.000	69.400
Maracaju	33.266	205.500	235.000
Ponta Porã	35.483	134.000	176.000
Rio Brilhante	82.488	90.000	107.000
Sidrolândia	12.155	148.050	164.500
TOTAL	246.169	796.150	924.850

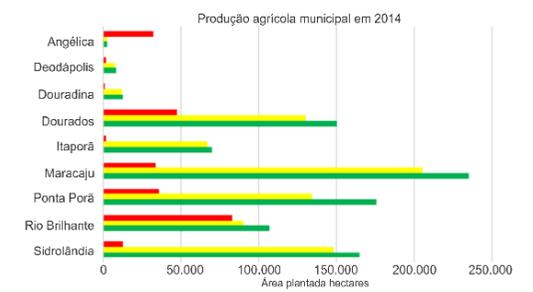
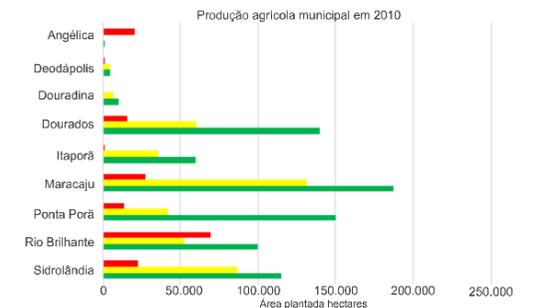
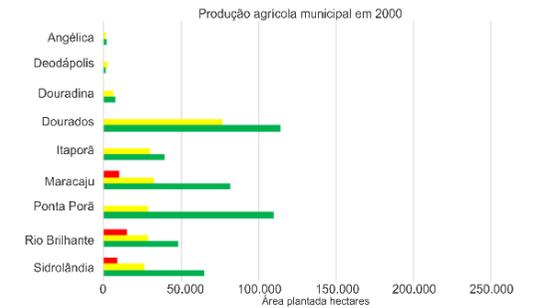
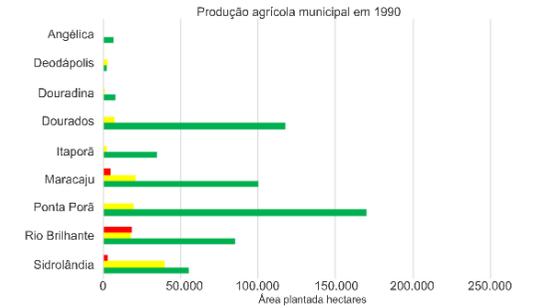
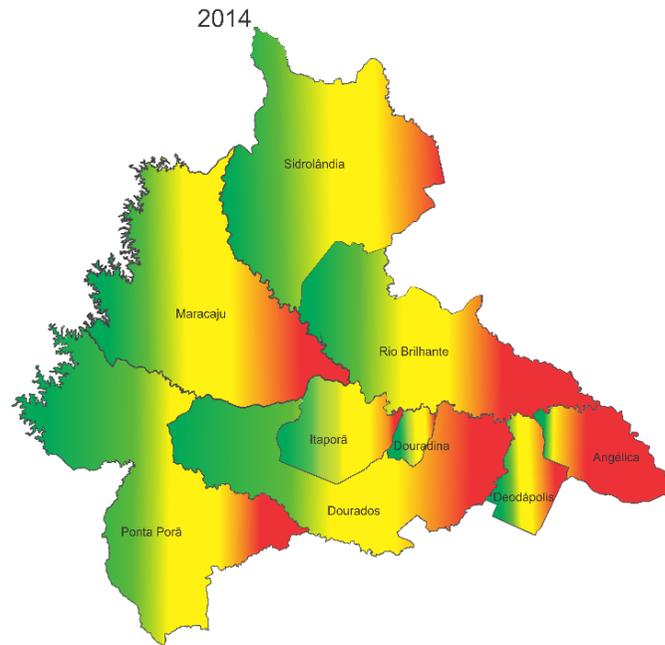
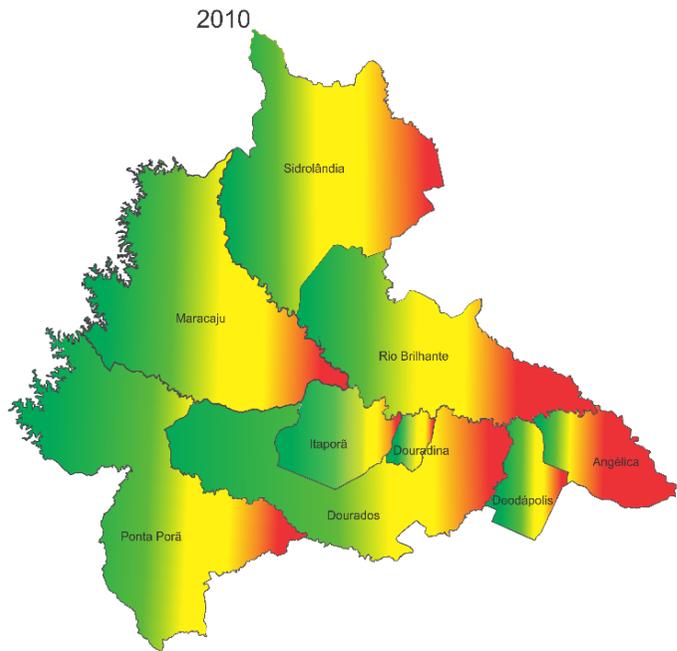
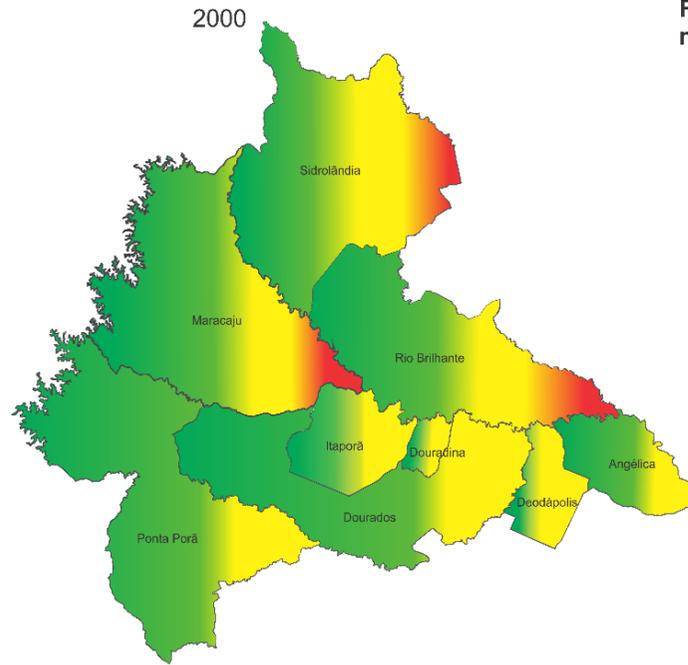
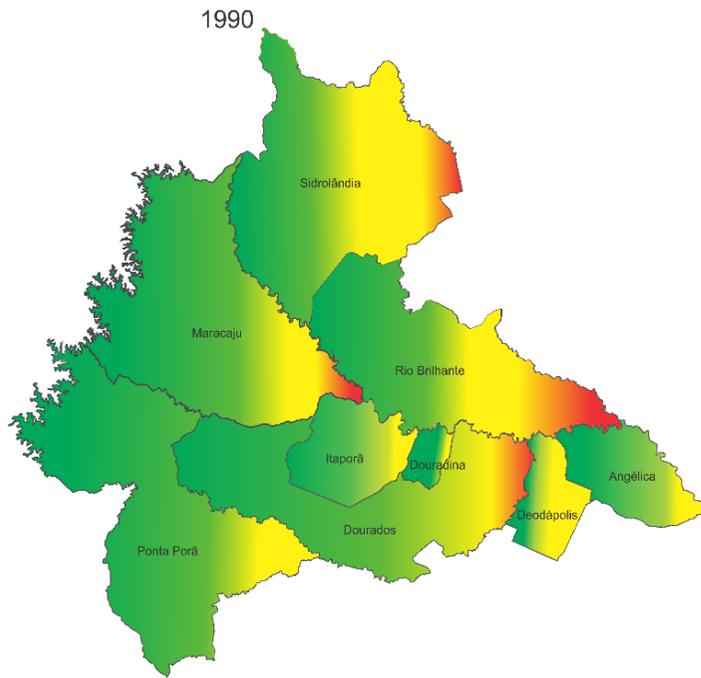
Figura 10. Produção agrícola municipal da lavoura temporária no período de 1990 a 2013.

Fonte: Produção Agrícola Municipal – IBGE.

Nota: *Dado não informado (municípios sem informação de produção de cana-de-açúcar neste período).

Organização: Ferreira (2016).

Figura 11: Crescimento da produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Brilhante



LEGENDA

- Soja
- Milho
- Cana-de-açúcar



Fonte de dados da base:
 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 IBGE: Produção Agrícola Municipal - PAM (1990 a 2014)
 Elaboração: Patrícia Silva Ferreira
 Orientador: Charlei Aparecido da Silva
 Data: Março/2016

Total de área plantada nos municípios (hectares)				
	1990	2000	2010	2014
Soja	581.922	469.800	768.707	924.850
Milho	113.500	233.247	421.081	796.150
Cana-de-açúcar	27.092	33.801	172.250	246.169

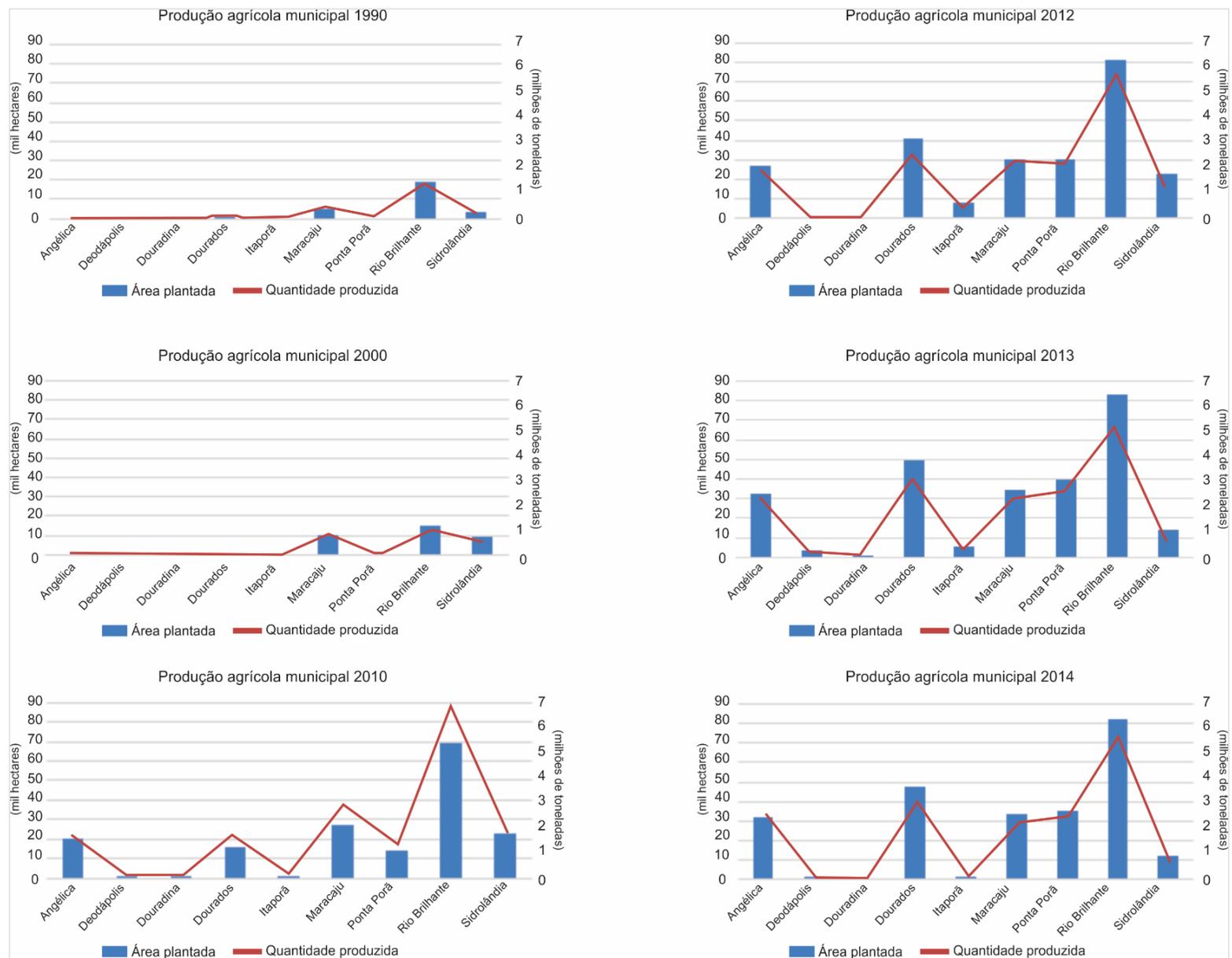


Figura 12. Produção agrícola municipal da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante no período de 1990 a 2014.

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal.

Organização: Ferreira (2016).

Verifica-se que há uma ampliação acelerada do setor sucroenergético. A cana-de-açúcar vem se territorializando nos municípios em que anteriormente não havia cultivo dessa cultura. Em 2014 os municípios com maior índice na produção de cana-de-açúcar da bacia são: Rio Brilhante com 33,5% da área plantada e 5,7 milhões de toneladas produzidas, Dourados (19,2% e 3,1 milhões de toneladas), Ponta Porã (14,4% e 2,5 milhões de toneladas) e Maracaju (13,5% e 2,2 milhões de toneladas) respectivamente, os quatro municípios juntos somam mais de 80% da produção total dos municípios que compõe a bacia do Rio Brilhante.

O município com maior área plantada e quantidade produzida de cana-de-açúcar é Rio Brilhante. Em 2014 o município se concentrou no plantio da cultura temporária e os cultivos de soja, milho e cana-de-açúcar ocuparam juntos, 98% da área de cultura temporária. Segundo o SEBRAE/MS (2015) em 2014, o município de Rio Brilhante contribuiu para as exportações do Estado com U\$ 60.097.831,00, principalmente com a venda de açúcares de cana (86,33%), milho (6,92%) e soja (6,63%).

Portanto um dos motivos que suscita preocupações é caracterizado pelo novo cenário que se configura, da expansão da monocultura da cana-de-açúcar, que vem ganhando cada vez mais áreas para seu plantio e a implantação de novas unidades sucroenergéticas. A disputa de áreas entre a cana-de-açúcar e os grãos deve acarretar embates econômicos e políticos.

Neste sentido pode-se perceber que as principais atividades econômicas desenvolvidas em determinada região são reguladas por uma série de fatores, dentre eles: a litologia, o relevo, o solo, o clima, a cobertura vegetal e o uso e manejo da terra. Tais fatores são responsáveis por regular a dinâmica dos processos que atuam em uma dada área e assim modificar suas características físicas, químicas ou biológicas. Deste modo, o capítulo III apresenta uma caracterização geossistêmica da bacia hidrográfica do Rio Brilhante com a finalidade de identificar a influência desses fatores na promoção de transformações no uso e ocupação das terras no interior da bacia.

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO GEOSISTÊMICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE

3.1. GEOSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE

O presente capítulo tem como objetivo organizar e sistematizar as informações existentes sobre a bacia hidrográfica do Rio Brilhante, visando um método de pesquisa prático e aplicável ao objeto de estudo. A base teórica e metodológica empregada consistiu na aplicação da teoria geossistêmica, proposta por Sotchava (1977) a partir da TGS.

Para a contextualização da área de estudo, foram levantados estudos referentes ao meio físico, biótico e socioambiental. A análise empírica das fragilidades dos geossistemas – neste caso a bacia hidrográfica – exige estudos básicos de geologia, do solo, do clima, do relevo e do uso da terra. Estes estudos requerem, necessariamente, levantamentos de campo e de gabinete, a partir dos quais são elaborados produtos temáticos sobre os aspectos físicos adaptados a partir da metodologia da teoria dos geossistemas aplicada pelos autores supracitados na estruturação teórica.

Os estudos pedológicos auxiliam tanto na avaliação da potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso) quanto subsidiam a análise da fragilidade do sistema ambiental diante das interferências antrópicas. Os levantamentos geológicos são a base para a compreensão da relação rocha/ relevo/ solo, que são responsáveis por definir a declividade das vertentes e a rugosidade topográfica do relevo. Os aspectos climáticos, sobretudo os de precipitação (volume, intensidade e duração) também subsidiam a análise do potencial agrícola e a avaliação da fragilidade. Estes diferentes componentes, quando tratados integralmente, possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas de uso das terras, potencialidades e fragilidades ambientais (ROSS, 1994). Para Frata e Faria (2008, p. 39) as características dos aspectos físicos são fundamentais para entender a “construção da história de ocupação econômica, os nichos estabelecidos e os atuais processos político-econômicos”.

Ao definir a bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental a ser estudada, é possível reconhecer diversos elementos naturais que estão submetidos por uma determinada exploração econômica e um dado tipo de uso das terras.

Neste sentido as informações coletadas e o levantamento realizado na fase de inventário consistirão na caracterização geossistêmica da área em estudo com a finalidade de descrever e mapear as características da bacia.

3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ORGANIZAÇÃO DO INVENTÁRIO E DAS BASES CARTOGRÁFICAS PARA PRODUÇÃO DOS MAPAS

A metodologia empregada baseia-se nos recursos geotecnológicos, envolvendo técnicas de aquisição, tratamento, armazenamento e análise espacial de dados extraídos via Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os dados foram agregados em ambiente SIG, que conforme explica Fitz (2008) essa estrutura permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espaciais ou não, possibilitando o tratamento de dados nos formatos vetoriais e matriciais, a combinação de funções de tratamento e processamento de imagens de sensoriamento remoto, a análise espacial de informações geográficas georreferenciadas e a construção de modelos digitais de elevação por meio de um único ambiente integrado e interativo.

Foram utilizados concomitantemente os softwares Arcgis 10.2® (ESRI, 2014), SPRING 5.3® (INPE, 2015) e QGIS 2.12® (QGIS,2015), georreferenciados no Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas) e sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*). Todos os produtos cartográficos foram construídos sob a mesma base cartográfica na escala 1: 800.000.

O roteiro metodológico apresentado na figura a seguir é baseado na teoria geossistêmica e apresenta as características que foram abordadas e que influenciam diretamente na expansão da cana-de-açúcar na área em estudo.

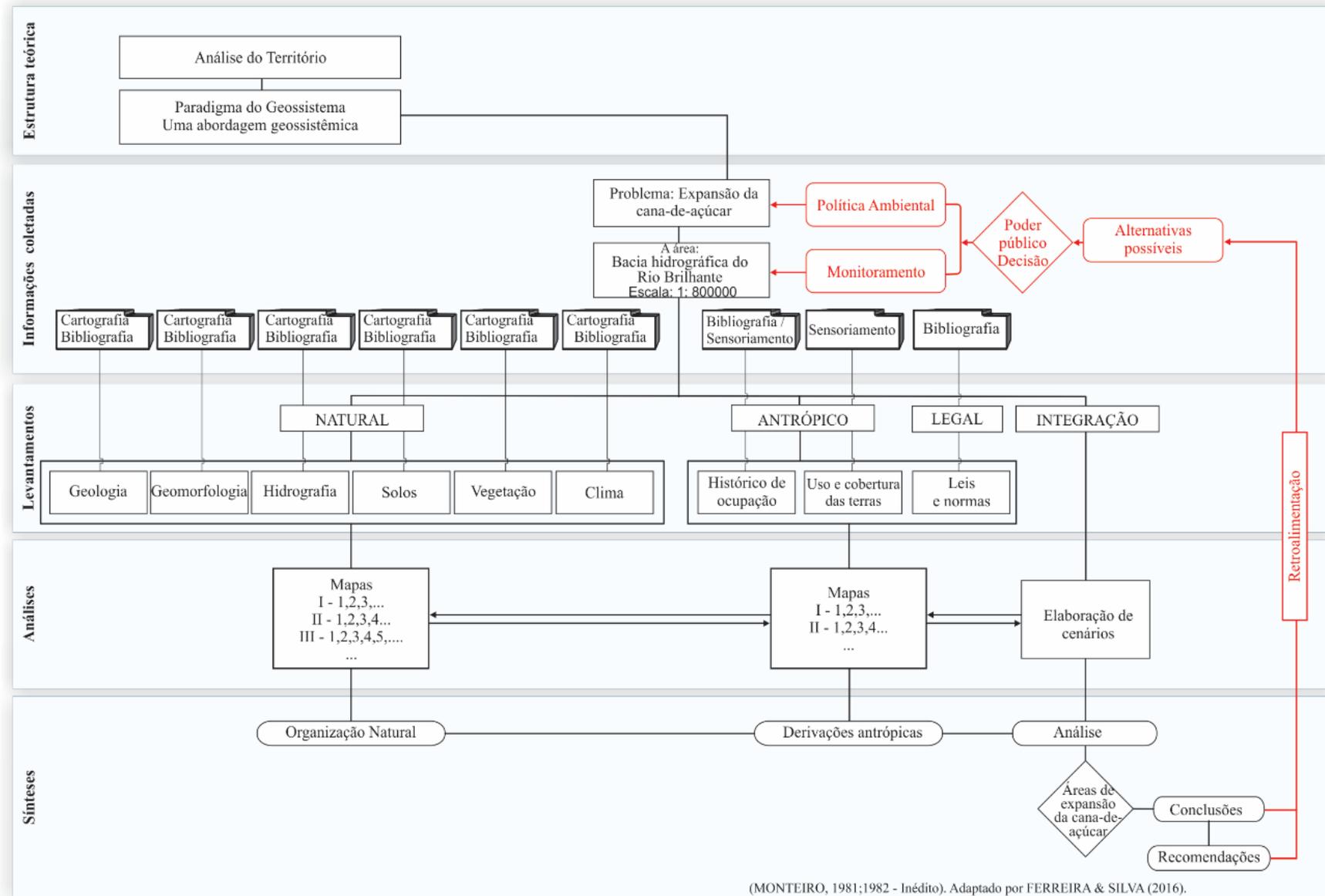


Figura 13. Roteiro metodológico das características que influenciam na expansão da cana-de-açúcar conforme a teoria geossistêmica.

Neste sentido as características geossistêmicas são apresentadas em forma de síntese da combinação de informações no âmbito dos elementos da natureza relacionados ao clima, recursos hídricos, geologia, geomorfologia, solos e vegetação, trabalhados na escala compatível com a área de estudo e baseadas em documentos publicados por instituições de pesquisa públicas, com destaque para o IBGE, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), publicações oficiais elaboradas pelo poder público de Mato Grosso do Sul e prefeituras municipais.

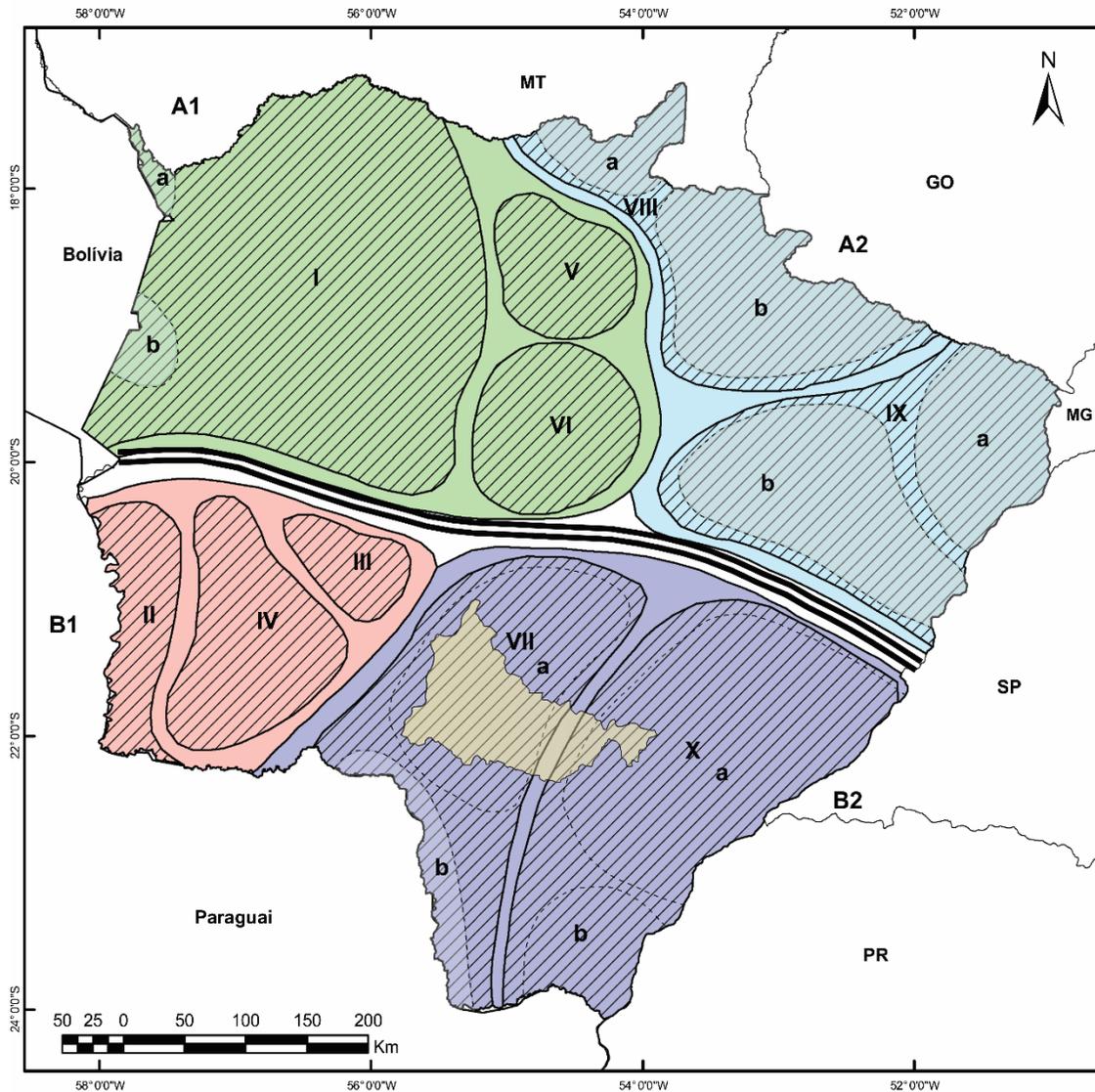
3.3. CLIMA

A região Centro-Oeste, devido a sua localização latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias (NIMER, 1979). O sul da região Centro-Oeste é afetado pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com alguns diferenciais em termos de intensidade e sazonalidade do sistema (INPE, 2013). O “mosaico” das feições climáticas apresentado pelo Estado de Mato Grosso do Sul “vai refletir um jogo em que fatores dinâmicos irão imprimir aos climas um forte contraste norte-sul, enquanto os morfológicos, grandes antagonismos Leste-Oeste” (ZAVATINI, 1992, p. 89).

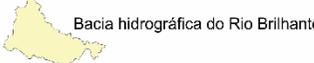
Sabe-se que o Estado do Mato Grosso do Sul, a exemplo do que ocorre com o território paulista, encontra-se na confluência dos principais sistemas atmosféricos da América do Sul, possuindo mais de um tipo de regime pluviométrico – áreas com regime do tipo “Brasil Central” e outras com regime o tipo “Brasil Meridional”. Isto permite compreender a relevância de estudos que privilegiem a distribuição das chuvas no referido Estado, como um dos indicadores de seu “mosaico” climático (ZAVATINI, 1992, p. 65).

O clima da bacia é baseado nas unidades climáticas definidas por Zavatini (1992). A área de estudo abrange duas zonas climáticas, caracterizadas pelo clima regional subtropical úmido e está localizada na região VII - Planalto Divisor e na região X – Planalto Arenito-Basáltico (Figura 14).

FIGURA 14: Classificação climática de base genética para o Mato Grosso do Sul e a classificação climática na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS



- Legenda**
- Faixa transicional climática
 - Participação da mTc e mEc
 - I- Centro/ a) Serra do Amolar - b) Serra do Urucum
 - V- Vale do Coxim e Alto Taquari
 - VI- Norte
 - Destacada ação da mTa
 - VIII- Serra do Caiopó/ a) Serra Preta I - b) Serra das Araras
 - IX- Norle/ a) Região de Paranaitá - b) Vales dos rios Verde e Sucuriú
 - Predomínio da mPa e da mTc
 - II- Sul
 - III- Médios vales do Aquidauana e Miranda
 - IV- Planalto de Bodoquena
 - Atuação equilibrada da mTa e mPa
 - VII- Centro-Sul/ a) Serra de Maracaju - b) Serra de Amambai
 - X- Centro-Sul/ a) Setor central dos vales do Ivinhema e Pardo b) Setor meridional dos vales do Amambai e Igatemi



UNIDADES CLIMÁTICAS DA BACIA DO RIO BRILHANTE	CARACTERÍSTICA DA UNIDADE
(B) B2 VII a CONTROLADOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES CLIMAS SUB TROPICAIS ÚMIDOS Atuação Equilibrada das Massa Tropical Atlântica (TA/TAC) Polar Atlântica (PA/PV) VII CENTRO-SUL (a) «Serra» de Maracaju	Nesta porção as chuvas de outono-inverno alcançam 400/450 mm e a estação mais chuvosa é a primavera, ganha destaque nessa região as temperaturas – bem baixas no outono-inverno – e da ocorrência de geadas, sobretudo no município de Ponta Porã a uma altitude considerável de 650m é notória por ser bem ventilada, possuindo invernos plenos e rajadas cortantes de vento sul. O município de Dourados mais protegido em seus 450m possui temperaturas mais amenas. Contudo, o inverno costuma apresentar temperaturas próximas de 0° C, ou até mesmo abaixo.
(B) B2 X a CONTROLADOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES CLIMAS SUB TROPICAIS ÚMIDOS Atuação Equilibrada das Massa Tropical Atlântica (TA/TAC) Polar Atlântica (PA/PV) VII CENTRO-SUL (a) Porção Central Vales do Ivinhema e Pardo	Na porção X a - Planalto Arenito-Basáltico os índices pluviométricos nos Vales do Ivinhema e Pardo permanecem em torno dos 1.300 a 1.500mm, nesta porção repete-se o mesmo quadro do Planalto Divisor (VII a) com as chuvas de primavera superiores às chuvas de verão e no período outono-inverno os índices ficam por volta de 400/500 mm. Vale ressaltar que toda porção Centro-Sul costuma ser favorecida pela onda de oeste (Tropical Continental), capaz de causar sérios contrastes, como ventanias, trovoadas e tempestades.

CLIMAS ZONAIS	CLIMAS REGIONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS CONFORME A MORFOLOGIA E A PLUVIOSIDADE						
		PANTANAL	REGIÃO DE AQUIDAUANA E MIRANDA	PLANALTO DA BODOQUENA	BACIA SUPERIOR DOS RIOS TAGUARI E COXIM	PLANALTO DIVISOR	BORDA DO PLANALTO CENTRAL	PLANALTO ARENITICO-BASALTICO-ALTO PARANÁ CENTRAL
(A) CONTROLADOS POR MASSAS EQUATORIAIS E TROPICAIS	A2 Destacada atuação da Massa Tropical Atlântica (TA/TAC)						VIII a) Serra do Carapó (Serra Preta) b) Serra do Caiopó (Serra Araras)	IX a) Região de Paranaitá (confluência do Paranaitá e do Igatemi) b) Vale do rio Verde e baixo Sucuriú
	A1 Participação efetiva da Massa Tropical Equatorial Continental com atuação Esporádica	I CENTRO a) «SERRA» DO AMOLAR b) «SERRA» DO URUCUM			V VALE DO COXIM ALTO TAQUARI	VI NORTE		
(B) CONTROLADOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES	B1 Predomínio da Massa Polar Atlântica (PA/PV) e participação efetiva da Massa Tropical Continental	II SUL	III MÉDIOS VALES DO AQUIDAUANA E MIRANDA	IV PLANALTO DA BODOQUENA				
	B2 Atuação Equilibrada das Massa Tropical Atlântica (TA/TAC) Polar Atlântica (PA/PV)					VII CENTRO-SUL a) «Serra» de Maracaju b) «Serra» de Amambai	X CENTRO-SUL a) Porção Central Vales do Ivinhema e Pardo b) Porção Meridional Vales do Amambai e Igatemi	

Fonte de dados da base
 Projeção Geográfica Datum SAD69
 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Malha Municipal Digital, 2005
 Escala 1:500.000
 Classificação climática do Mato Grosso do Sul
 Fonte: ZAVATTINI, 1992

Organização: SOUZA, E. C. A. M., 2013
 Edição: FERREIRA, P. S., 2016
 Orientador: SILVA, C. A.
 Elaborado no Laboratório de Geoprocessamento
 FCH/UFGD



A área da bacia encontra-se em climas zonais controlados por Massas Tropicais e Polares, quando consideradas as feições individualizadas nos climas regionais conforme a morfologia e a pluviometria a bacia está em uma zona de atuação equilibrada das Massas Tropical Atlântica (TA)/ Massa Tropical Atlântica Continentalizada (TAC) onde as invasões polares (Massa Polar Atlântica e Massa Polar Velha) “são facilitadas pela topografia, que promove as trocas no sentido norte-sul” (ibid., p. 88).

Na porção Centro-Sul Planalto Divisor (VII a) na Serra de Maracaju as chuvas de outono-inverno alcançam 400/450 mm e a estação mais chuvosa é a primavera, ganha destaque nessa região as temperaturas – bem baixas no outono-inverno – e da ocorrência de geadas, sobretudo no município de Ponta Porã a uma altitude considerável de 650m é notória por ser bem ventilada, possuindo invernos plenos e rajadas cortantes de vento sul. O município de Dourados mais protegido em seus 450m possui temperaturas mais amenas. Contudo, o inverno costuma apresentar temperaturas próximas de 0° C, ou até mesmo abaixo. Vale ressaltar que toda porção Centro-Sul costuma ser favorecida pela onda de oeste (Tropical Continental), capaz de causar sérios contratemplos, como ventanias, trovoadas e tempestades. Na porção X a- Planalto Arenito-Basáltico os índices pluviométricos nos Vales do Ivinhema e Pardo permanecem em torno dos 1.300 a 1.500mm, nesta porção repete-se o mesmo quadro do Planalto Divisor (VII a) com as chuvas de primavera superiores às de verão e no período outono-inverno os índices ficam em volta de 400/500mm (ZAVATINI, 1992).

No quadro geral, a temperatura média anual da bacia do Rio Brilhante nos meses mais frios (sendo o mês mais frio julho) oscila de 15 a 19°C e as médias dos meses mais quentes de 26 a 32°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo entre 1.400 e 1.700 mm (EMBRAPA, 2005).

No período de outubro a abril há uma alta taxa de precipitação e nítida estação seca de maio a setembro. A precipitação média, concentra-se no período que compreende a primavera e verão (outubro a março). “Curtos períodos de seca, chamados de veranicos, podem ocorrer em meio a esta estação, criando sérios problemas para a agricultura” (MATO GROSSO DO SUL, 2002, p.64). Os índices pluviométricos mensais diminuem consideravelmente no período de abril a setembro (outono e inverno), o que resulta em uma estação seca que pode durar de 3 a 5 meses, a umidade relativa do ar também diminui bastante neste período, os índices podem chegar a valores próximos a 15%, especialmente

nos meses de julho e agosto, no período de setembro a março a temperatura média e a umidade relativa do ar são novamente altas.

3.4. MORFOLOGIA E DRENAGEM SUPERFICIAL

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – PERH-MS – (MATO GROSSO DO SUL, 2010) no Estado configuram-se duas das 12 Regiões Hidrográficas do Brasil, conforme definidas pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 32/2003: a Região Hidrográfica do Paraguai, constituída pela bacia do rio Paraguai, a oeste, e a Região Hidrográfica do Rio Paraná, formada pela bacia do rio Paraná, a leste. Estas duas regiões hidrográficas delimitam claramente no Estado o divisor de águas que se estende de nordeste a sudoeste (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

A Região Hidrográfica do Paraná ocupa um território de 169.488,663 km², o que representa aproximadamente 47,46% da área do Estado. Nesta Região destacam-se os rios Amambai Aporé, Iguatemi, Ivinhema, Pardo, Sucuriú e Verde à margem direita do rio Paraná. A bacia hidrográfica do Ivinhema é uma importante área do Estado de Mato Grosso do Sul e possui uma rede hidrográfica de grande importância estratégica para a manutenção dos recursos hídricos no Estado.

A rede hidrográfica da bacia em estudo possui padrão dendrítico e tem como rio principal o Rio Brilhante, que se caracteriza como rio formador, juntamente com o rio Vacaria, do rio Ivinhema. O rio Brilhante é o maior deles e tem 380 km de extensão, possuindo como principais afluentes os rios Dourados e Santa Maria, com nascentes no Planalto de Maracaju em altitudes que alcançam 600 metros - no divisor de águas com a bacia do rio Paraguai. O rio Brilhante percorre uma distância de 380 quilômetros desde o Planalto de Maracaju no sentido oeste-leste e segue para desaguar no rio Ivinhema.

O rio Brilhante possui boa disponibilidade em termos de quantidade de água, com várias nascentes afluentes dos rios menores e córregos, que contribuem para sua formação, tem como afluentes os rios Santa Maria, Peroba, Carumbé, São Domingos, Dois Irmãos e Felix Cuê e ainda dispõe de outros vários córregos.

A base cartográfica do limite da bacia hidrográfica do Rio Brilhante foi obtida no site da HidroWeb de acordo com a Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pela Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2003)

que subdivide em níveis as Regiões Hidrográficas. A bacia hidrográfica em estudo encontra-se na subdivisão Ottobacias nível 5.

A carta de hidrografia teve como base cartográfica um conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, gerados a partir da integração das folhas do mapeamento sistemático brasileiro, realizado pelo IBGE na escala 1: 250.000 atualizadas para 2015 (Figura 15). A toponímia e a legenda de cores utilizadas para esta categoria foi adotada com base no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) que utiliza a padronização internacional e referencia as informações adotando o padrão de cores R[153] G[194] B[230] para a classe de corpo d'água continental.

3.5. GEOLOGIA

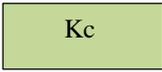
A bacia hidrográfica do Rio Brilhante situa-se na área referente ao domínio dos sedimentos fanerozóicos, da era mesozoica no período cretáceo. Apresenta formas de dissecação tabulares e de topo aplanado, geologicamente inseridas no Grupo São Bento - Formação Serra Geral e Grupo Caiuá (LACERDA FILHO et al., 2006).

A Formação Serra Geral (JKsg) tem ampla ocorrência na bacia hidrográfica do Rio Brilhante, abrangendo os municípios de Sidrolândia, Maracaju, Rio Brilhante, Dourados, Douradina e Itaporã. Caracterizada por uma unidade mesozoica constituída por rochas de basalto, intercalando com camadas de arenito da formação Botucatu. A presença de arenitos intertrapeados, sugerindo origem eólica, às vezes subaquosas, são evidenciados com frequência ao longo da faixa de domínio do basalto (IBGE, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2000).

O Grupo Caiuá (Kc) foi anteriormente considerado como uma das formações do Grupo Bauru. Foi elevado à categoria de Grupo por Fernandes e Coimbra (1992) e está presente em algumas áreas da bacia, especificamente nos municípios de Angélica e Deodápolis. É composto de arenitos arcoseanos vermelhos a roxos, bimodais (muito finos e grossos). “A estrutura sedimentar predominante são estratificações cruzadas tangenciais de pequeno a grande porte e, secundariamente, laminação planoparalela”, quanto ao ambiente de deposição “é interpretado como fluvial na base e eólico no topo (Ianhez et al., 1983 apud LACERDA FILHO et al., 2006, p. 53).

Os dados cartográficos geológicos foram obtidos no banco de dados – GEOBANK do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para o Estado de Mato Grosso do Sul na escala original 1:1.000.000. Posteriormente, o projeto *Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul* resultado do interesse do poder público estadual e federal por meio de convênio entre a Secretaria de Estado da Produção e do Turismo (SEPROTUR/MS), a Empresa de Gestão de Recursos Humanos e Patrimônio (EGRHP/MS) e o CPRM elaboraram uma reestruturação e realimentação das bases existentes no CPRM e uma organização de novas bases que permitem aplicação nas escalas 1: 250.000 e 1: 100.000 (Figura 16). A classificação de cores para a classe geológica corresponde à adotada pelo mapeamento do CPRM conforme a tabela abaixo:

Tabela 7. Unidades geológicas encontradas na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e padrão de cores correspondentes adotadas.

Unidades geológicas	Características	Cores correspondentes	Padrão de cores		
			R	G	B
Formação Serra Geral	Basalto e basalto andesito de filiação toléítica, Intercalam camadas de arenito.		71	207	139
Grupo Caiuá	Arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio, arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio. Ambiente continental desértico: dunas eólicas, interdunas e lagos efêmeros.		196	216	153

Fonte: CPRM (2006).

Organização: Ferreira (2016).

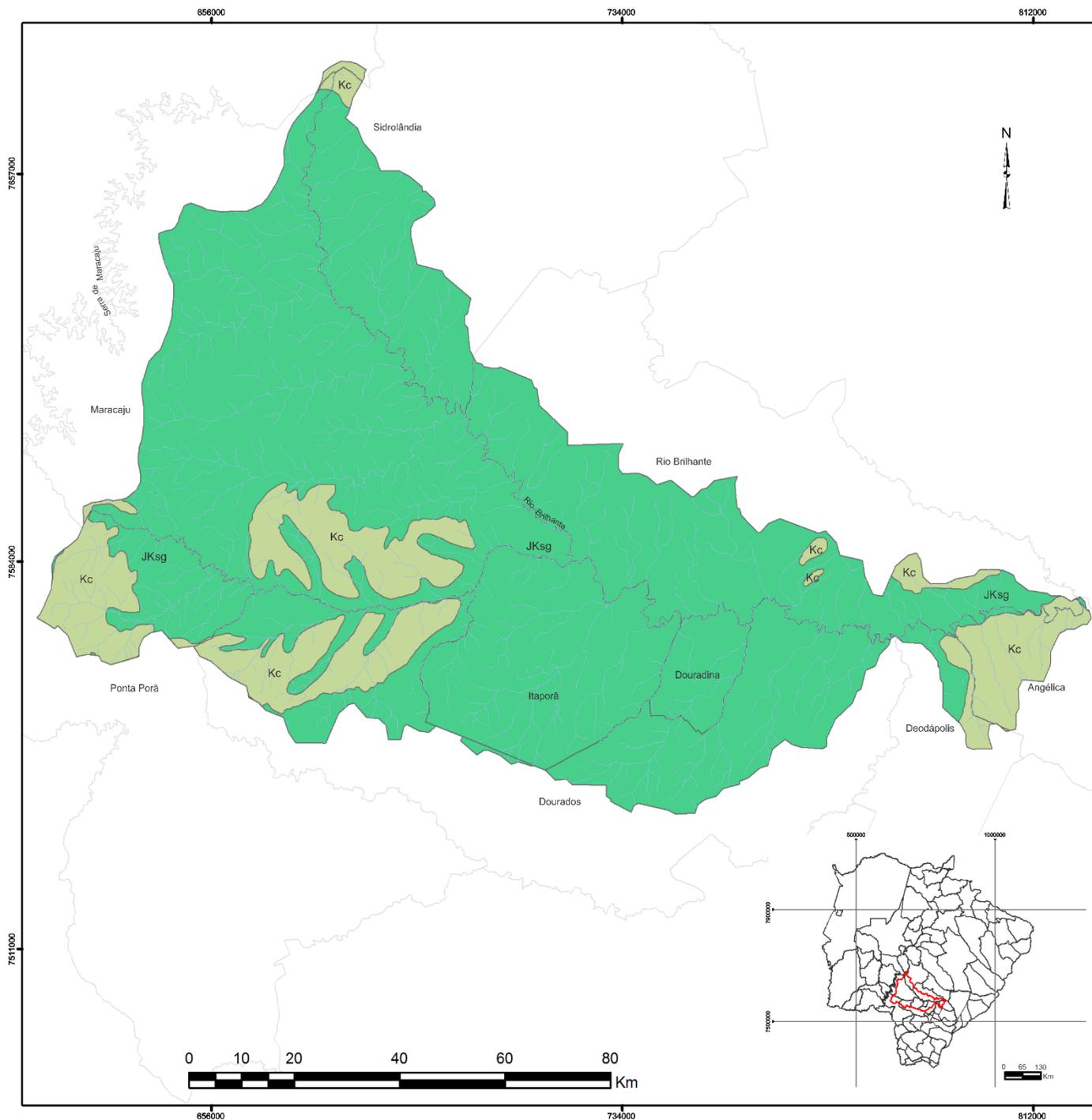


FIGURA 16: Geologia da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS

LEGENDA

I. Unidades geológicas

CLASSES GEOLÓGICAS DA BACIA DO RIO BRILHANTE	CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE
 Grupo Caiuá	É composto de arenitos arcoseanos vermelhos a roxos, bimodais (muito finos e grossos). A estrutura sedimentar predominante são estratificações cruzadas tangenciais de pequeno a grande porte e, secundariamente, laminação planoparalela, quanto ao ambiente de deposição é interpretado como fluvial na base e eólico no topo.
 Formação Serra Geral	Caracterizada por uma unidade mesozoica constituída por rochas de basalto, intercalando com camadas de arenito da formação Botucatu. A presença de arenitos intertrapeados, sugerindo origem eólica, às vezes subaquosas, são evidenciados com frequência ao longo da faixa de domínio do basalto.

II. Convenções cartográficas

-  Rede hidrográfica
-  Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
-  Limite municipal

Fonte de dados da base:

Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
 Unidades Geológicas
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84
 Escala original: 1:250000

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar
 Elaboração: Patricia Silva Ferreira
 Orientador: Charlei Aparecido da Silva



3.6. GEOMORFOLOGIA

As Regiões Geomorfológicas são identificadas pelo “conjunto de unidades com características comuns do ponto de vista das morfoestruturas, das feições do relevo e da altimetria e que sejam geograficamente reconhecidas segundo seus atributos regionais”. A região da bacia hidrográfica do Rio Brilhante está inserida na Região dos Planalto da Borda Ocidental da Bacia do Paraná (Planalto de Maracaju) e na Região dos Planaltos Areníticos- Basálticos Interiores (Planalto Dourados e os Divisores das Sub-Bacias Meridionais) (IBGE, 2009, p.136) (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

3.6.1. *Unidade Planalto de Maracaju*

O Planalto de Maracaju é esculpido em rochas basálticas da Formação Serra Geral, “que origina um relevo plano ou tabular nos principais interflúvios, e modelados convexos nas áreas de cabeceiras de drenagem e encostas”. Na região norte e noroeste limita-se com a Serra de Maracaju. A sudeste faz limite com a Depressão Aquidauana-Bela Vista. A leste limita-se com o Planalto de Dourados e ao sul com os Divisores das Bacias Meridionais, dando continuidade à sua área, a oeste, com a República do Paraguai. Nessa unidade de relevo da bacia, verifica-se que as maiores altitudes localizam-se em sua parte oeste, nesse local “o relevo plano constitui parte de um pediplano, herdado delimitado por escarpas, localmente designadas por Serra de Maracaju, cujas altitudes atingem 600m”. As disposições geográficas do relevo e da rede de drenagem “caracterizam essa Serra como um divisor de águas entre as drenagens que vertem para a calha do Paraná e as que vertem para a bacia do Paraguai” (OLIVEIRA, et al., 2000, p. 14); (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

3.6.2. *Unidade Planalto de Dourados*

O Planalto de Dourados está situada no centro-sul do Estado e é caracterizado como uma superfície rampeada, que configura um plano inclinado para sudeste. Em seu limite com o Planalto de Maracaju as altitudes estão por volta de 500m onde atingem, no limite com os Divisores das Sub-Bacias Meridionais, a cota de 300m refletindo a epirogênese na borda ocidental da bacia. Esta unidade é representada pelos rios Dourados, Brilhante, Vacaria e Anhanduí, a rede de drenagem é caracterizada por um grande número de afluentes e subafluentes, esse padrão modela o relevo através da erosão que originam formas planas elevadas nos grandes interflúvios. O relevo encontra-se desenhado em derrames basálticos da Formação Serra Geral, com ocorrência de algumas manchas de arenitos do Grupo Bauru. Nos derrames basálticos, os processos pedogenéticos

originaram os Latossolos Roxos, que se configuram de grande importância para agricultura da região. Todavia, nas manchas de arenito Bauru, as decomposições da rocha deram origem ao Latossolos Vermelho-Escuros (MATO GROSSO DO SUL, 1990). “São áreas de tensão ecológica, atualmente ocupadas pela agricultura e pecuária. Nas áreas onde predominava a Floresta Estacional Semidecidual, hoje está estabelecida uma agricultura cíclica” (OLIVEIRA, et al., 2000, p. 15).

3.6.3. Unidade: Divisores das Sub-Bacias Meridionais

Os Divisores das Bacias Meridionais situam-se no extremo sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, “trata-se de uma extensa superfície rampeada” (OLIVEIRA et al., 2000, p. 15), de um modo geral apresenta uma inclinação para o sudeste, alcançando altitudes mais elevadas a noroeste, que variam de 400-430m, decrescendo em direção ao Vale do Paraná, quando atingem a 230-240m. O seu limite com o Planalto de Dourados é resultado principalmente por “diferenças litológicas e pedológicas, havendo predomínio de basaltos com Latossolos Roxos naquela unidade e arenitos com solo de textura arenosa nesta (Podzólicos Vermelho-Escuros e Latossolos Vermelho-Escuros álicos)” (ibid.,16). Em sua maior extensão, o relevo encontra-se moldado em rochas areníticas da Formação Bauru (atualmente Grupo Caiuá), de idade cretácea, originando os Latossolos Vermelho-Escuros álicos (MATO GROSSO DO SUL, 1990), “originalmente recobertos pela Floresta Estacional Semidecidual e de Savana. O antropismo transformou essas regiões em áreas de agropecuária” (OLIVEIRA, op. cit., p. 16).

Os dados cartográficos geomorfológicos são produtos da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (CREN) - IBGE orientadas pelas Cartas Internacionais ao Milionésimo (CIM) subdivididos em 16 folhas 1:250.000, as folhas que correspondem a área da bacia são: SF21 e SF22. O levantamento das informações sobre recursos naturais é realizado através da interpretação de imagens de satélite, trabalho de campo e pesquisa bibliográfica, com nível de detalhamento compatível com a escala de 1:250.000. A paleta de cores adotada para as classes geomorfológicas é baseada no Atlas Multireferencial - MS (1999) para as unidades geomorfológicas da bacia (Tabela 8).

Tabela 8. Classes de geomorfologia presentes na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e cores correspondentes.

Unidades geomorfológicas	Cores correspondentes	Padrão de cores		
		R	G	B
Planalto de Maracaju	Dc	153	2	3
Planalto de Dourados	Dt	25	169	0
Divisores das sub-bacias meridionais	Aptf	251	45	4

Fonte: IBGE (2009).

Organização: Ferreira (2016).

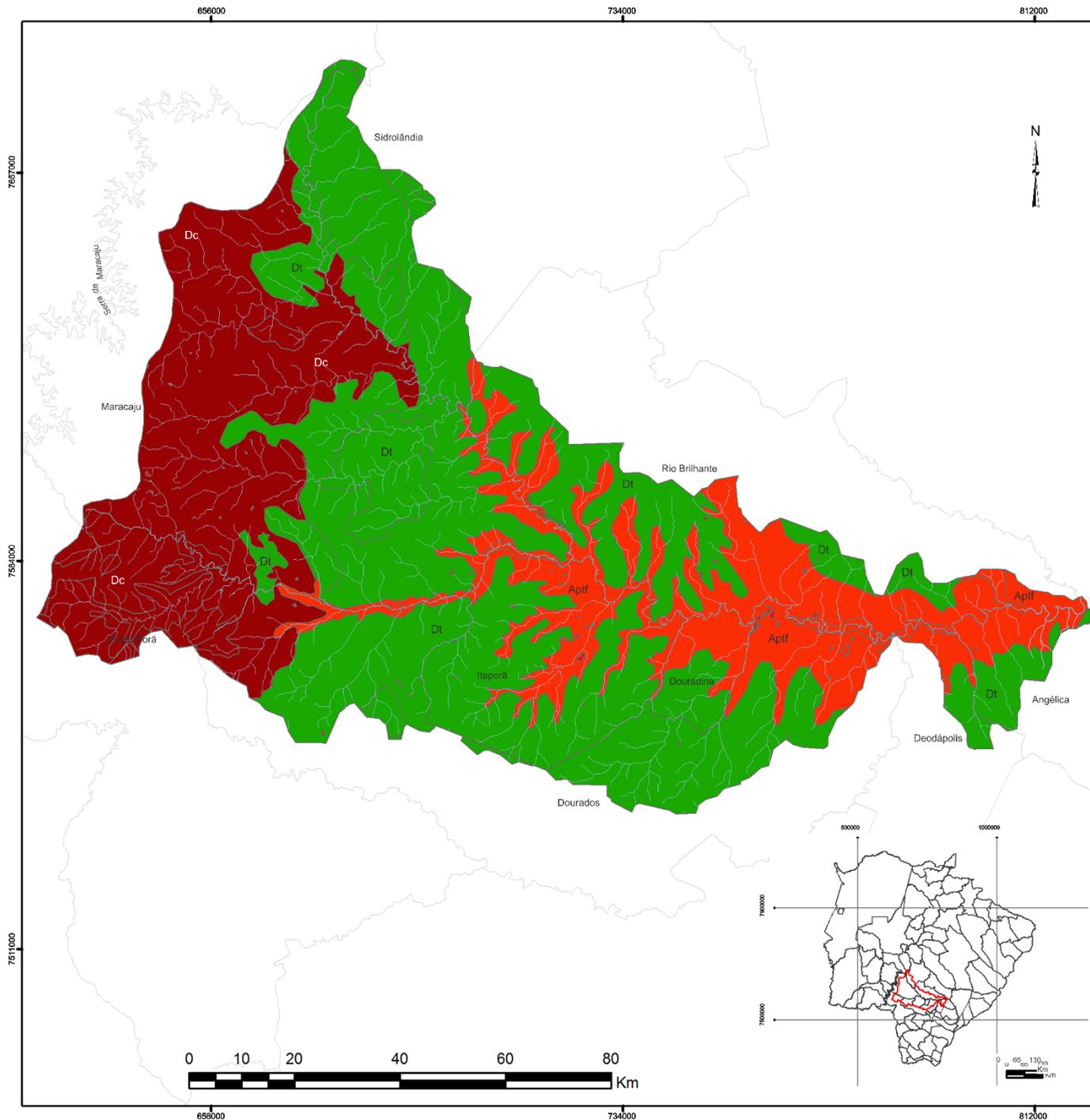


FIGURA 17: Geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS

LEGENDA

I. Unidades geomorfológicas

CLASSES GEOMORFOLÓGICAS DA BACIA DO RIO BRILHANTE	CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE
Dc Planalto de Maracaju	Esculpido em rochas basálticas da Formação Serra Geral, que origina um relevo plano ou tabular nos principais interflúvios, e modelados convexos nas áreas de cabeceiras de drenagem e encostas. O relevo plano constitui parte de um pediplano, herdado delimitado por escarpas, localmente designadas por Serra de Maracaju, cujas altitudes atingem 600m.
Dl Planalto de Dourados	Situado no centro-sul do Estado é caracterizado como uma superfície rampeada, que configura um plano inclinado para sudeste. O relevo encontra-se desenhado em derrames basálticos da Formação Serra Geral, com ocorrência de algumas manchas de arenitos do Grupo Bauru.
Aptf Divisores das Sub-Bacias Meridionais	Situam-se no extremo sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, "trata-se de uma extensa superfície rampeada" (OLIVEIRA et al., 2000, p. 15), de um modo geral apresenta uma inclinação para o sudeste, alcançando altitudes mais elevadas a noroeste, que variam de 400-430m, decrescendo em direção ao Vale do Paraná, quando atinge a 230-240m.

II. Convenções cartográficas

- Rede hidrográfica
- Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Bases e Referenciais IBGE
 Geomorfologia / Folhas: SF-21; SF-22
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84
 Escala original: 1:250000

Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira
 Orientador: Charlei Aparecido da Silva



3.7. CLASSE DE SOLOS

Na bacia do Rio Brilhante há a predominância da classe dos Latossolos, apresentando variação entre duas categorias diferentes, os Latossolos Vermelho distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho eutrófico (LVe). O Latossolos Vermelho distrófico com, 98,9% da área da bacia é a classe com maior expressividade, presente em todos os municípios da região hidrográfica. O Latossolo Vermelho eutrófico, com 0,78% da área, está presente em pequenos locais pontuais da bacia e o último tipo de solo encontrado é o Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (GXve), ocupando apenas 0,32% da área do território e tendo sua ocorrência restrita ao longo dos cursos d'água.

3.7.1. *Latossolos Vermelho (distróficos e eutróficos)*

Estes latossolos geralmente são solos muito intemperizados, profundos, fortemente drenados, muito poroso e permeável. São solos de coloração vermelho-escuro, sua estrutura é, na maioria das vezes, do tipo granular com aparência de “pó de café”. Geralmente têm baixa e alta fertilidade natural (são distróficos ou eutróficos, respectivamente) e muitas vezes apresentam relativa riqueza em micronutrientes. São extremamente importantes pelo seu elevado potencial agrícola, sendo responsáveis por grande parcela da produção agrícola nacional, podendo-se destacar a produção de cana-de-açúcar e uma grande variedade de grãos (IBGE, 2007), tais como soja, milho e feijão para a região.

A principal limitação ao uso agrícola do Latossolo Vermelho Distrófico refere-se à baixa fertilidade natural e a ocorrência de alumínio trocável em níveis tóxicos, o que requer aplicação de corretivos e fertilizantes para viabilizar sua exploração. Porém, “as condições geográficas em que ocorrem aliadas à grande espessura, elevada permeabilidade e ausência de impedimentos à mecanização, conferem-lhes excelente potencial para utilização intensiva”. Devido a estas características, as áreas de ocorrência destes solos encontram-se praticamente desprovidas de sua vegetação nativa, utilizadas principalmente com lavouras de soja, milho e pastagens (OLIVEIRA et al., 2000, p. 17).

3.7.2. *Gleissolos Háptico Ta eutrófico*

São solos minerais, hidromórficos e característicos de áreas sob a influência do lençol freático próximo a superfície ou na superfície intermitente (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.). Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, com variação em sua espessura dentro de 50 cm da superfície. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso.

Ocorrem em praticamente todas as regiões brasileiras, ocupando principalmente as planícies de inundação de rios e córregos (IBGE, 2007). De modo geral, a utilização destes solos é muito dificultada pelas condições de má drenagem e regime periódico de alagamento, (OLIVEIRA et al., 2000) não sendo indicados para exploração econômica devido a seu alto grau de fragilidade.

Para a confecção da carta de solos, as cores foram estabelecidas em consonância com o que já vem sendo praticado há um tempo, pela Embrapa Solos e outras instituições. A fim de padronizar as cores utilizadas na elaboração de mapas de solos adotou-se o sistema de convenção de cores do Manual Técnico de Pedologia – IBGE (2007) que para a área de estudo compreende as categorias descritas na tabela abaixo e na Figura 18.

Tabela 9. Tipos de solo encontrados na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e padrão de cores correspondentes.

Classes de solos	Cores correspondentes	Padrão de cores		
		R	G	B
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd	244	185	128
Latossolo Vermelho Eutrófico	LVe	247	209	166
Gleissolos Hápicos	GXve	182	216	238

Fonte: IBGE (2007).

Organização: Ferreira (2016).

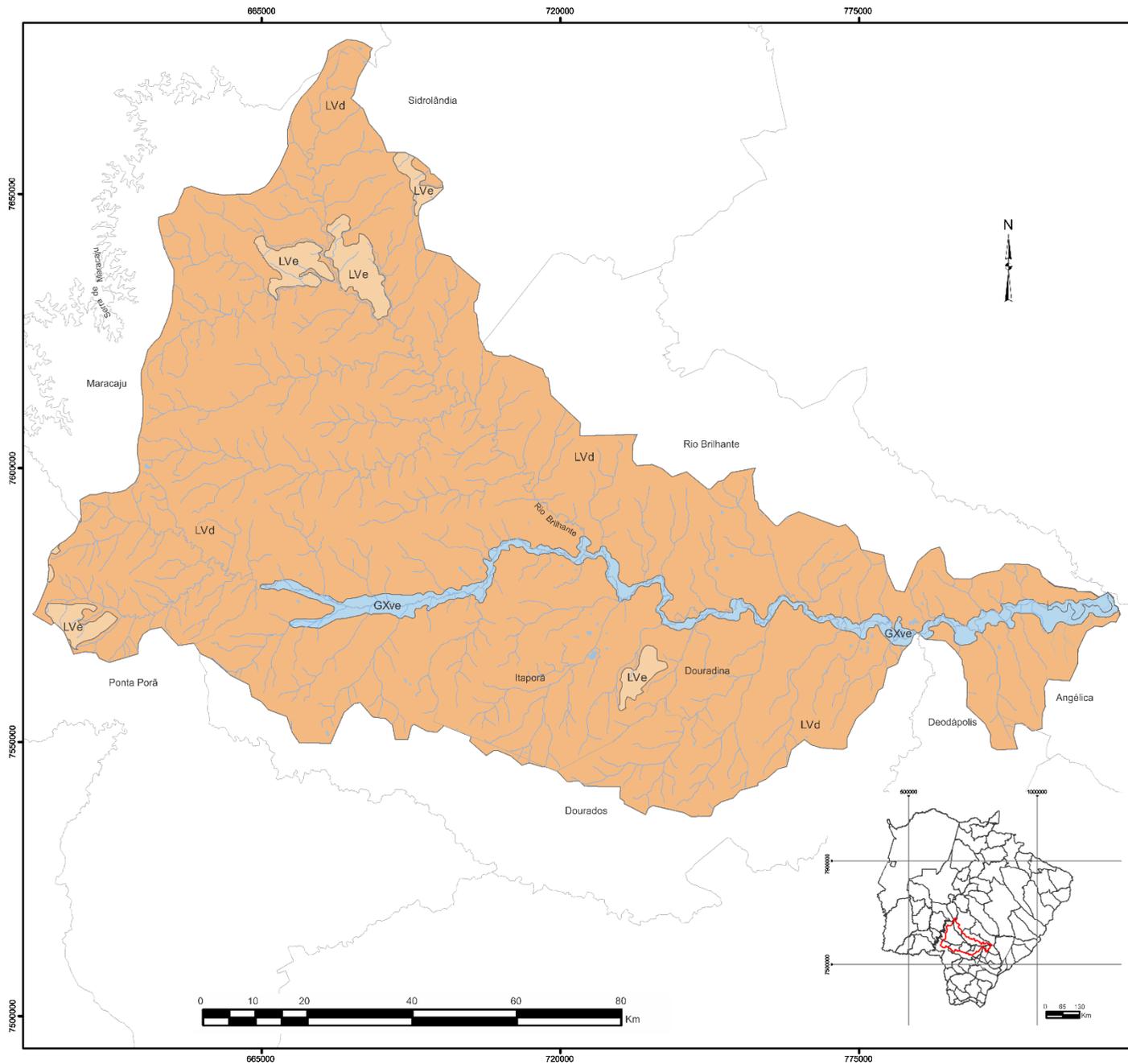


FIGURA 18: Classes de solos da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS

LEGENDA

I. Tipos de solo

CLASSES DE SOLOS DA BACIA DO RIO BRILHANTE	CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE
 Latossolo Vermelho Distrófico	Estes latossolos geralmente são solos muito intemperizados, profundos, fortemente drenados, muito poroso e permeável. Possui baixa fertilidade natural e para exploração agrícola requer aplicação de corretivos e fertilizantes.
 Latossolo Vermelho Eutrófico	Estes latossolos geralmente são solos muito intemperizados, profundos, fortemente drenados, muito poroso e permeável. Têm alta fertilidade natural e as condições geográficas em que ocorrem aliadas à grande espessura, elevada permeabilidade e ausência de impedimentos à mecanização, conferem-lhes excelente potencial para utilização intensiva.
 Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	São solos minerais, hidromórficos e ocorrem praticamente em todas as áreas sob a influência do lençol freático próximo a superfície ou na superfície intermitente. De modo geral, a utilização destes solos é muito dificultada pelas condições de má drenagem e regime periódico de alagamento, não sendo indicados para exploração econômica devido a seu alto grau de fragilidade.

II. Convenções cartográficas

-  Rede hidrográfica
-  Bacia hidrográfica do Rio Brillante
-  Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Bases e Referenciais IBGE
 Solos - Folhas: SF-21; SF-22
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84
 Escala original: 1:250000

Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patrícia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



3.8. VEGETAÇÃO

A Região Centro-Oeste de clima continental apresenta, comumente, dois períodos anuais bem marcados caracterizados por duas estações bem definidas: uma muito chuvosa no verão e outra bastante seca e fria, estas características condicionam dois tipos de vegetação, de acordo com a gênese e a fertilidade dos solos. “Em terrenos areníticos lixiviados e ricos em alumínio trocável, ocorre o Cerrado. Já nos solos de origem ígnea e/ou eruptiva, e logicamente mais férteis (latossolos eutróficos, nitossolos e argissolos), ocorrem os tipos florestais estacionais”. Estas formações vegetacionais são de modo eminente de origem amazônica, com espécies que se disseminaram por meio da rede hidrográfica (IBGE, 2012, p. 57).

Na região sul do Estado do Mato Grosso do Sul além da presença do Cerrado, há relações fitogeográficas com o Chaco, Amazônia, Floresta Atlântica e Floresta Meridional, o que resulta em uma paisagem florística bastante diversificada. Os cerrados abrangem 65% da cobertura vegetal, as florestas semidecíduais 8,9% e o Chaco 3,8% (MATO GROSSO DO SUL, 2002).

Utilizando como referência o trabalho desenvolvido pelo IBGE (2012) – o Manual Técnico da Vegetação Brasileira e a classificação de Ribeiro e Walter (1998), as fitofisionomias consideradas para a bacia do Rio Brilhante podem ser subdivididas em duas categorias: Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, a seguir é apresentada uma descrição sumária das principais classes de vegetação identificadas na região hidrográfica em estudo.

A cobertura vegetal natural dos municípios de Dourados, Itaporã, Maracaju, Sidrolândia, Ponta Porã, Rio Brilhante, Douradina, Angélica e Deodápolis revela o domínio da Floresta e do Cerrado, porém com o passar dos anos, essa vegetação natural foi sendo descaracterizada, como consequência das ações antrópicas a vegetação natural foi reduzida a resquícios da Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, assim, atualmente a predominância é a agricultura e a pastagem plantada (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

3.8.1. Floresta Estacional Semidecidual

O conceito ecológico da Floresta Estacional Semidecidual é estabelecido “em função da ocorrência de clima estacional que determina semidecuidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca

hibernal e por intensas chuvas de verão” (IBGE, 2012, p. 93). Essas florestas são constituídas por gêneros que expandiram suas espécies ao longo dos cursos de água, nascidos nos planaltos e nas serras cratônicas, que são os divisores das principais bacias hidrográficas brasileiras (IBGE, 2000, p. 59). São dois subgrupos de formações delimitadas para o Mato Grosso do Sul: Aluvial e Submontana, isso devido a descontinuidade desse tipo florestal e por estar sempre situada entre dois climas, um úmido e outro árido. Geralmente as áreas cobertas por esta floresta possuem solos férteis e têm grande relevância na economia regional (MATO GROSSO DO SUL, 2002).

3.8.1.1. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial

É a formação vegetacional encontrada com maior frequência na grande depressão pantaneira sul-mato-grossense margeando os rios da Bacia do Rio Paraguai e Bacia do Rio Paraná. Neste tipo de formação existem em abundância espécies do gênero *Handroanthus*, além dos ecótipos *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Tapirira guianensis* Aubl., *Inga sp.*, *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl., *Cedrela lilloi* C. DC., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, entre outros.

A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial se apresenta em uma estreita faixa que ocupa as margens dos cursos, sobretudo na parte alta da bacia do Rio Brilhante. A estrutura desta fitofisionomia é semelhante à da floresta ciliar de todos cursos de água, só diferente de acordo com a posição geográfica (MATO GROSSO DO SUL, 2002). As áreas agrícolas têm a maior representatividade na área da bacia e o restante da área se apresenta com pastagem plantada (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

3.8.1.2. Floresta Estacional Semidecidual Submontana

Esta formação distribui-se desde o Estado do Espírito Santo, sul da Bahia até os Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, norte e sudoeste do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul, adentrando pelo sul de Goiás pelo Rio Paranaíba alcançando os Estados de Mato Grosso e Rondônia. Em uma das formas de disjunções, pode ser encontrada, ainda, entremeada a formações savânicas especialmente na Região Centro-Oeste, como é o caso da bacia em estudo. O gênero dominante que a caracteriza, principalmente no planalto do Estado de Mato Grosso do Sul é a *Aspidosperma*, especificamente a *Aspidosperma polyneuron* (Peroba-rosa) (IBGE, 2012).

A floresta estacional semidecídua submontana cobre as áreas de encosta do Planalto Meridional, principalmente onde houve derrame basáltico. As principais espécies

encontradas desta fitofisionomia são, *Tabebuia* spp. (Ipês amarelo e roxo), *Aspidosperma* sp. (Peroba-rosa), *Cedrela fissilis* (Cedro), entre outras (MATO GROSSO DO SUL, 2002). São encontradas algumas formações desta fitofisionomia nos municípios de Rio Brillhante, Sidrolândia, Itaporã e Angélica, porém se restringem a alguns poucos fragmentos isolados.

3.8.1.3. *Floresta Estacional Semidecidual Montana*

As áreas ocupadas por esta formação florestal são poucas, já que tal tipo se estabelece acima de 500m de altitude. Na área de estudo ocorre em áreas relativamente pequenas ou situadas em pontos culminantes dos planaltos areníticos. Os gêneros de ampla dispersão que mais dominam são *Chamaecrista*, *Parapiptadenia*, *Astronium* e outros (IBGE, 2012).

No interior da bacia apenas o município de Dourados apresenta esta formação, restrita a um fragmento na parte oeste próximo à fronteira com o município de Ponta Porã. A fim de facilitar o entendimento da distribuição espacial das formações fitofisionômicas abordadas, a Figura 19 apresenta o perfil esquemático das diferentes fitofisionomias da Floresta Estacional Semidecidual.

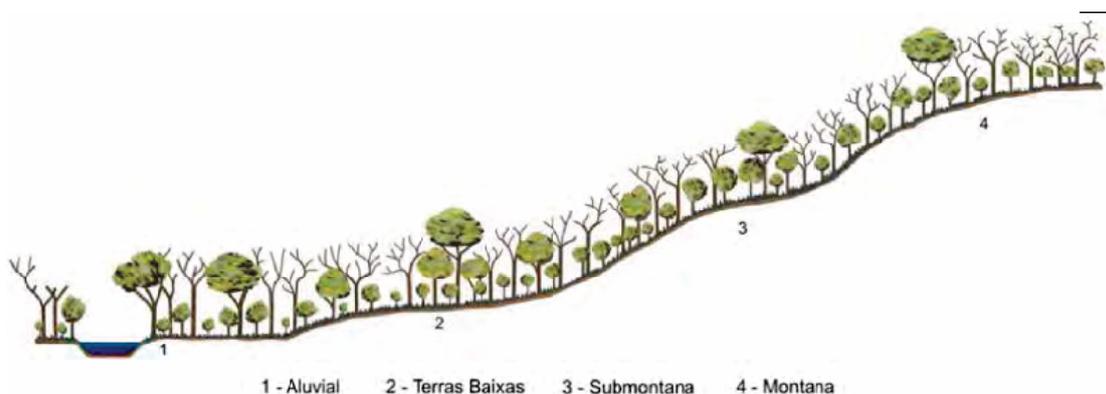


Figura 19. Perfil de fitofisionomias da Floresta Estacional Semidecidual.
Fonte: Veloso, Rangel Filho e Lima (1991) apud IBGE (2012, p. 96).

3.8.2. *Cerrado*

O Cerrado é conceituado como uma vegetação adaptada para climas secos, que ocorre sob distintos tipos de clima. Na Região Centro-Oeste, ocorre o clima continental estacional, dominando o Cerrado nessa área, que é um tipo de vegetação de clímax edáfico (IBGE, 2012).

O Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, é o tipo de bioma localizado em áreas onde predominam os latossolos. O mosaico vegetacional do Cerrado é influenciado diretamente pelo clima - que segundo Eiten (1994) tem efeitos sobre a vegetação -, pelas propriedades químicas e físicas do solo, pela disponibilidade da rede de drenagem e pela geomorfologia e relevo. A distribuição das fisionomias do Cerrado está vinculada a latitude, características do lençol freático, regularidade de queimadas e diversos fatores antrópicos, tal como a supressão de vegetação para atividades agropecuárias (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Em relação ao Cerrado restam apenas 32% de cobertura vegetal natural no Estado do Mato Grosso do Sul. A predominância é das fitofisionomias florestal (13%) e campestre (17%) da área total do Cerrado na porção estadual (MATO GROSSO DO SUL, 2002).

Existem dois sistemas de classificação de vegetação do Cerrado, o primeiro refere-se ao Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) em que o Cerrado foi subdividido em quatro subgrupos de formação: Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa. O segundo sistema proposto por Ribeiro e Walter (1998), indica a vegetação do Cerrado apresenta três tipos de fitofisionomias: as formações florestais que foram subdivididas em Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; as formações savânicas em Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda e as formações campestres comportam os subgrupos Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre.

A classificação elaborada por Ribeiro e Walter (1998) é amplamente utilizada em estudos que envolvem análise de imagens de satélite e mais indicada para estudos locais ou regionais. Os dois sistemas de classificações apresentados demonstram certo grau de semelhança, porém considerando a escala da área de estudo, optou-se por adotar a classificação de Ribeiro e Walter (1998) para classificar o Bioma Cerrado da bacia hidrográfica do Rio Brilhante.

3.8.2.1. *Cerradão*

Esta fitofisionomia é restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, tendo sua ocorrência associada a um clima tropical eminentemente estacional. Apresenta um dossel predominantemente contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50 a 90%. A altura média do estrato arbóreo varia de 15 metros, proporcionando condições de luminosidade que favorecem formação de estratos arbustivo herbáceo diferenciados. As espécies típicas dominantes que caracterizam esse fitofisionomia são: *Caryocar brasiliense* Cambess. (Caryocaraceae – pequi); *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Fabaceae Mimosoideae – angico-preto); e *Kielmeyera coriacea* Mart. e Zucc. (Calophyllaceae – pau-santo) (IBGE, 2012); (COURA et al., 2009).

Na região da bacia do Rio Brilhante a cobertura vegetal original dominante era o Cerrado aberto denso (Cerradão), atualmente estas formações deram lugar às pastagens plantadas e lavouras, há poucas áreas onde pode ser encontrado o Cerrado original (MATO GROSSO DO SUL, 2011).

3.8.2.2. *Cerrado sentido restrito (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre)*

As formações savânicas do Cerrado abrangem quatro tipos fitofisionômicos principais: o Cerrado sentido restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeira e a Vereda (RIBEIRO e WALTER, 1998)

O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela formação natural ou antropizada é caracterizado por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide contínua, sujeito ao fogo anual. Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas. Na época chuvosa o estrato subarbustivo herbáceo torna-se exuberante devido ao seu rápido crescimento (COURA et al., 2009).

As sinúsias dominantes formam uma fisionomia em terrenos degradados, ora mais abertas (Campo Cerrado), ora com a presença de um *scrub* adensado. A composição florística, apesar de semelhante à do Cerradão, possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado, tais como o *Handroanthus aureus* (Para-tudo).

3.8.2.3. *Campo Sujo, Campo Cerrado e Campo Limpo*

Este subgrupo é constituído por um estrato graminóide, possuindo de três a seis metros e formam uma cobertura vegetal de 5 a 20%. Esta formação campestre é

caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, por vezes até imperceptíveis, conhecidas como “murundus”, “monchões” ou “covoais” nesta área tem-se o Campo Sujo com Murundus. Os murundus são encontrados em áreas encharcadas e depressões periodicamente inundadas, onde os solos são hidromórficos e melhor drenados do que nas áreas planas próximas (RIBEIRO e WALTER, 1998); (IBGE, 2012).

O campo limpo, quando natural, é predominantemente herbáceo, com arbustos entremeados por plantas lenhosas e total ausência de árvores. Está presente em diferentes posições topográficas, com diversas variações no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Possui uma composição florística bastante diversificada, quando manejados através do fogo ou pastoreio desenvolvem colmos subterrâneos, deste modo se tornam mais resistentes a ação do fogo e pisoteio do gado (RIBEIRO e WALTER, 1998); (IBGE, 2012).

Remanescentes destas fisionomias são encontradas nos municípios de Maracaju e Ponta Porã, apesar de pouco expressivos, ainda integram a cobertura vegetal dos municípios (MATO GROSSO DO SUL, 2011). Para o entendimento da distribuição espacial das fitofisionomias abordadas, a Figura 20 apresenta o perfil esquemático das distintas fitofisionomias do Cerrado.

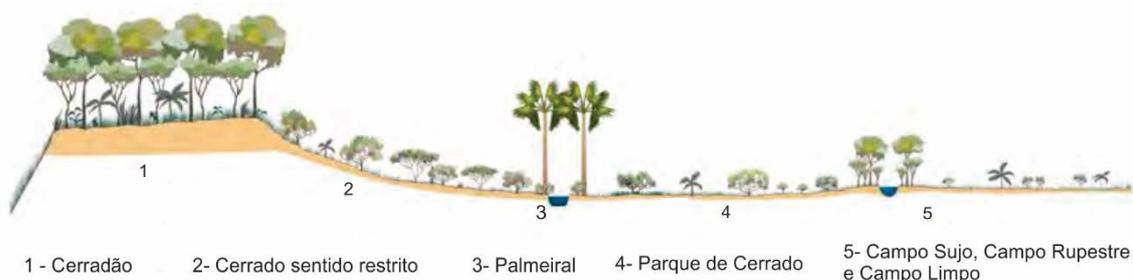


Figura 20. Perfil das fitofisionomias do Cerrado.

Fonte: Adaptado de Veloso, Rangel Filho e Lima (1991) apud IBGE (2012, p. 119).

A base para classificar a vegetação disponível do IBGE inclui classes que não foram consideradas nesse âmbito (Figura 21), uma vez que se pretende identificá-las por técnicas mais detalhadas no próximo capítulo. Considerando que estas informações são baseadas em estatísticas oficiais vale lembrar que em alguns casos, necessitam de atualização, uma vez que a dinâmica dos processos socioeconômicos da região ocorre em

uma velocidade que os censos normalmente não acompanham, porém cabe tecer algumas informações dessas classes. A definição do padrão de cores das classes foi subsidiada pelo IBGE (2012), conforme se verifica na Tabela 10.

Tabela 10. Tipos de vegetação presentes na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e cores correspondentes.

Tipos de vegetação	Características	Cores correspondentes	Padrão de cores		
			R	G	B
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Formação natural. Vide item 3.7.1.1	Fs	230	230	153
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Formação natural. Vide item 3.7.1.2	Fa	194	230	153
Floresta Estacional Semidecidual Montana	Formação natural. Vide item 3.7.1.3	Fm	190	205	137
Cerradão	Formação natural. Vide item 3.7.2.1	Sd	255	168	168
Cerrado sentido restrito	Formação natural. Vide item 3.7.2.2	Sas	255	214	168
Formação pioneira	As áreas sazonais de influência aluvial revestidas por esta vegetação distribuem-se em locais úmidos, periódica ou permanentemente alagados, facultando sucessivas alternâncias fisionômicas.	Pahs	168	214	255
Agricultura	Agricultura com culturas cíclicas (soja, trigo, feijão, arroz e cana-de-açúcar). Áreas onde a cobertura vegetal original foi substituída para dar lugar à atividade agrícola.	Acc	253	223	158
Agropecuária	Nas escalas regional e exploratória devido a dificuldade de mapear áreas com pastagem separando-as da agricultura cíclica, o método mais conveniente adotado é incluí-las no item Agropecuária.	Ag	233	233	233
Pecuária	Áreas onde a cobertura vegetal natural foi substituída para dar lugar à atividade pecuária	Ap	212	240	207
Influência urbana	Abrange outras formas de interferência humana e incluem as áreas de influência urbana	Iu	178	178	178

Fonte: IBGE (2012).

Organização: Ferreira (2016).

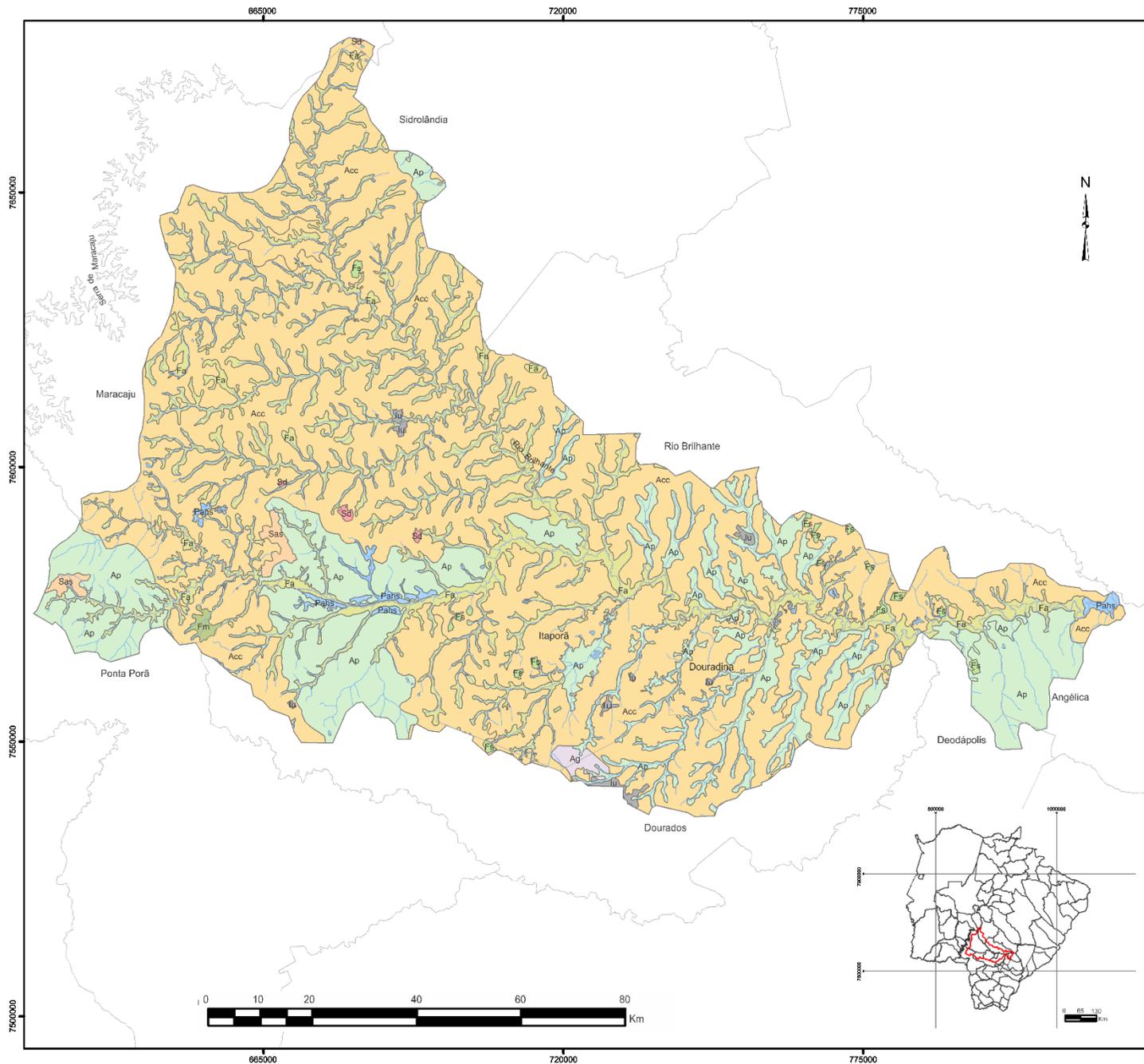


FIGURA 21: Tipos de vegetação da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS

LEGENDA

I. Tipos de vegetação

- | | |
|---|---|
| Fa Floresta Estacional Semidecidual Aluvial | Acc Agricultura |
| Fs Floresta Estacional Semidecidual Submontana | Ap Pecuária |
| Fm Floresta Estacional Semidecidual Montana | Pahs Formação pioneira |
| Sd Cerradão | Ag Agropecuária |
| Sas Cerrado sentido restrito | Iu Influência urbana |

II. Convenções cartográficas

- Rede hidrográfica
- Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Vegetação / Folhas: SF-21; SF-22
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84
 Escala original: 1:250000

Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



3.9. HIPSOMETRIA

Para confecção das cartas de hipsometria e declividade foram utilizadas imagens de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM, 2014), essa missão foi realizada em conjunto pela agência espacial norte-americana NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) a *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e as agências espaciais alemã (*Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt* - DLG) e italiana (*Agenzia Spaziale Italiana* – ASI) para mapear o relevo da área continental da Terra (GROHMANN, et al., 2008).

Os resultados das técnicas empregadas na missão SRTM é a geração de MDEs. Estes dados são passíveis de extrair uma série de produtos na interpretação do relevo de determinada área, como classes de declividade, sombreamentos, densidade de drenagem entre outros.

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) contém informações relacionadas as feições topográficas refletidas pelo radar, por exemplo, pelo dossel vegetal em áreas de grande densidade florestal e não pelo terreno subjacente (GROHMANN et al., 2008). O autor ainda ressalta a diferença entre os termos Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Numérico de Terreno (MNT) que são reservados para os casos onde o modelo é produzido a partir de valores de altitude do nível do solo, como em mapas topográficos (curvas de nível), levantamentos por GPS ou por altimetria a laser.

As imagens SRTM utilizadas foram obtidas na página Earth Explorer do USGS e possuem resolução espacial de 30 metros. Foram utilizadas 6 folhas para recobrir a área da bacia do Rio Brilhante. O tratamento dos dados consistiu na reprojeção das imagens de SRTM para UTM Sirgas 2000 no software QGIS 2.12, a fim de obter as cotações em coordenadas planas (metros). Para as operações de correção de falhas foi realizada através da ferramenta *Fill* do ArcToolbox no software ArcGIS.

O mapa hipsométrico permite a identificação das áreas planas, dos topos e das áreas de maior ou menor movimentação topográfica (OLIVEIRA, 2003). A partir dos dados SRTM foi elaborado o mapa hipsométrico da área da bacia hidrográfica do Rio Brilhante, com dez classes, cuja equidistância corresponde a 50 metros, este valor foi obtido após algumas tentativas e se demonstrou com maior eficiência para interpretar as classes topográficas existentes na bacia. Os intervalos das classes hipsométricas são expressos na Tabela 11, com a respectiva descrição da adoção da rampa de cores estabelecidas para

representações altimétricas. Para melhorar a visualização da superfície de análise foi elaborado um arquivo no formato *.tif de um relevo sombreado (*hillshades*), esse arquivo raster foi aplicado como um efeito para conceder uma perspectiva de elevação para os valores determinados (Figura 22).

Tabela 11. Intervalo e cores correspondentes as classes dos níveis altimétricos na bacia hidrográfica do Rio Brilhante.

Classes hipsométricas	Cores correspondentes	Padrão de cores		
		R	G	B
Menor que 300 metros	Verde claro	209	250	177
De 300 a 350 metros	Verde	136	204	88
De 350 a 400 metros	Verde escuro	42	133	60
De 400 a 450 metros	Oliva	204	175	29
De 450 a 500 metros	Marrom dourado	189	70	2
De 500 a 550 metros	Marrom	117	19	4
De 550 a 600 metros	Marrom selá	105	48	13
De 600 a 650 metros	Marrom claro	148	114	95
De 650 a 700 metros	Cinza	194	194	194
Acima de 700 metros	Branco	255	255	255

Fonte: Ferreira (2016).

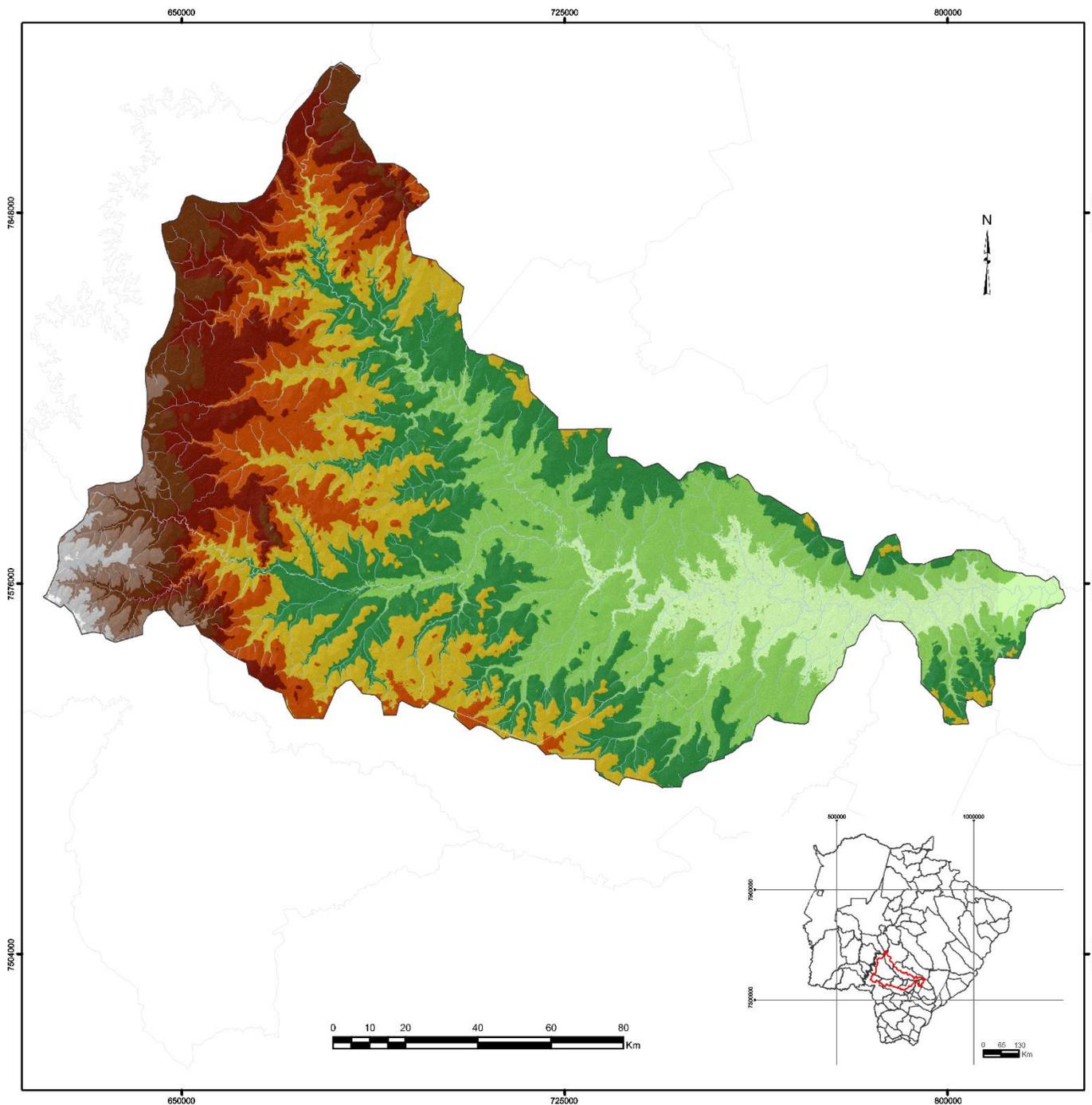


FIGURA 22: Hipsometria da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS

LEGENDA

I. Classes hipsométricas

- Menor que 300 metros
- 300 a 350 metros
- 350 a 400 metros
- 400 a 450 metros
- 450 a 500 metros
- 500 a 550 metros
- 550 a 600 metros
- 600 a 650 metros
- 650 a 700 metros
- Acima de 700 metros

II. Convenções cartográficas

- Rede hidrográfica
- Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

United States Geological Survey (USGS)
 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) / Folhas: S22_W054;
 S22_W055; S22_W056; S23_W054; S23_W055; S23_W056
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84N
 Resolução espacial: 30m

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

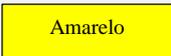
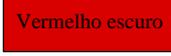
Orientador: Charlei Aparecido da Silva



3.10. DECLIVIDADE

Para as análises do relevo, elaborou-se ainda a carta de declividade da área. Através da análise estatística percebeu-se que a declividade do terreno não ultrapassava 25% não sendo necessário definir intervalos maiores no fatiamento das classes. A representação cartográfica da declividade do relevo é expressa com agrupamentos de intervalos que podem variar de acordo com o objetivo que o trabalho se propõe a realizar ou adaptação às condições físicas da área de estudo. Deste modo, por não se caracterizar como uma região de grande declividade e para ressaltar as áreas com maior declive, foram estabelecidos intervalos de classes distribuídos em 0 – 3% para a bacia do Rio Brilhante (Tabela 12 e Figura 23). O padrão de cores atribuído as classes de declividade procurou evidenciar as diferenças de declive da bacia que não são muito acentuados. A tabela a seguir apresenta os intervalos atribuídos as classes e as características do relevo segundo Silva (2006) e adaptadas para a área da pesquisa.

Tabela 12. Declividade do relevo da bacia hidrográfica do Rio Brilhante com atributos relevantes e cores associadas

Classes de declividade		Atributos do relevo	Cores correspondentes	Padrão de cores		
				R	G	B
Plano	0 -3%	Constitui-se de áreas planas ou quase planas com escoamento superficial lento. Com presença de áreas inundáveis sem restrições aos tipos de uso, exceto aquelas previstas em lei, como as áreas de preservação permanente		0	97	0
Suave Ondulado	3 – 6%	Formada por áreas com declives suaves e escoamento superficial, predominantemente lento ou médio. Não oferece impedimento para ocupação antrópica.		139	209	0
Moderadamente Ondulado	6 – 9%	Áreas com leve inclinação, suscetíveis aos processos erosivos. O relevo ondulado facilita o escoamento superficial, que se caracteriza como médio ou rápido. Estas áreas necessitam de adoção de práticas conservacionistas, a fim de evitar o comprometimento do quadro ambiental		255	255	0
	9 – 12%			255	128	0
Ondulado	12 – 15%	Abrangem áreas muito inclinadas ou colinas, onde o escoamento superficial é caracterizado como rápido. São áreas que tendem à ação dos processos erosivos e a ocupação deve ser acompanhada de medidas conservacionistas		255	0	0
	15 – 18%			217	0	0
	18 – 21%			150	0	0
Forte Ondulado	21 – 24%	Compreende áreas de forte inclinação, cujo escoamento superficial é bastante acelerado. A ocupação urbana é recomendada até 30% e deve ser monitorada para que não ocorra comprometimento do quadro ambiental		105	48	13
	24 – 27%			64	33	33

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Silva (2006).

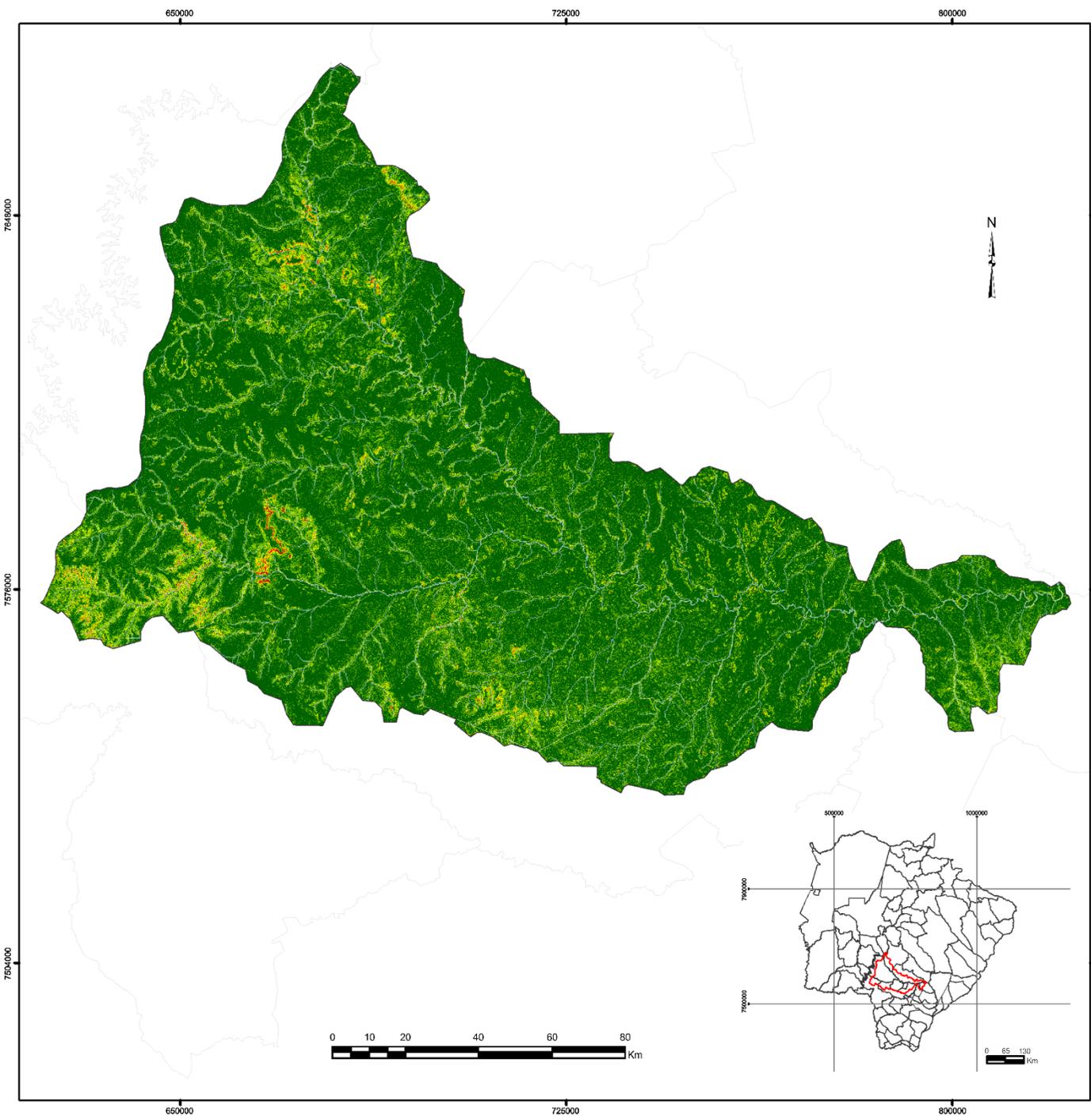


FIGURA 23: Declividade da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS

LEGENDA

I. Classes de declividade

- 0 a 3%
- 3 a 6%
- 6 a 9%
- 9 a 12%
- 12 a 15%
- 15 a 18%
- 18 a 21%
- 21 a 24%
- > 24%

II. Convenções cartográficas

- Rede hidrográfica
- Bacia hidrográfica do Rio Brillante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

United States Geological Survey (USGS)
 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) / Folhas: S22_W054; S22_W055; S22_W056; S23_W054; S23_W055; S23_W056
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: WGS84N
 Resolução espacial: 30m

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patrícia Silva Ferreira
 Orientador: Charlei Aparecido da Silva

Instituição: Grupo de Pesquisa: Apoio / Financiamento:

Observa-se que praticamente toda a área da bacia encontra-se em locais com baixas declividades de até 3% e em seguida pela classe de até 6%. Dessa maneira, pode se notar que as características do relevo plano a suavemente ondulado e de baixas declividades não oferecem nenhum impedimento para o uso econômico, nem tampouco à implantação de infraestruturas para expansão da agricultura, principalmente do cultivo da cana-de-açúcar.

Nesta etapa foram levantados dados cartográficos existentes disponíveis no site do IBGE e nas instituições congêneres, bibliografias que versassem sobre os aspectos abordados da área de pesquisa e ainda foram elaboradas informações de ordem primária. Assim é apresentado um levantamento e mapeamento das características ambientais da bacia hidrográfica do Rio Brilhante em forma de textos analíticos e mapas temáticos sobre o meio físico e biótico (geologia, geomorfologia, relevo, solos, clima e vegetação).

Estas informações fornecem elementos básicos necessários a análise geossistêmica. Mediante a estes estudos é possível identificar a dinâmica natural da bacia e os elementos fundamentais que garantem seu equilíbrio dinâmico.

O capítulo IV correlaciona as informações físicas da área de estudo com os estudos sobre o histórico de ocupação das terras e os atuais tipos de usos da terra na região da bacia a partir da análise espacial para compreensão da problemática ambiental inserida na área da pesquisa. Neste contexto, os SIGs constituem importante ferramenta para análise e diagnósticos ambiental, onde são agregados diversos níveis de informação. A partir do tratamento e manipulação desses dados é possível avaliar as mudanças temporais e compreender os principais condicionantes políticos, agrícolas e econômicos que determinam o arranjo produtivo da região, que muitas vezes, se configura de acordo com o tipo de produção mais rentável em determinado momento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DAS TERRAS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE

4.1. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE IMAGENS

Este capítulo se destina a aplicação de métodos e técnicas cartográficas orientadas a elaboração de mapas temáticos que contribuam no entendimento das questões presentes na bacia (Figura 24). O objetivo deste capítulo é analisar com propriedade o sistema ambiental da bacia hidrográfica do Rio Brilhante, apoiada na teoria geossistêmica, com vistas a indicar as características naturais e antrópicas existentes, bem como demonstrar as potencialidades e fragilidades, condição dada a partir dos resultados dos produtos cartográficos obtidos.

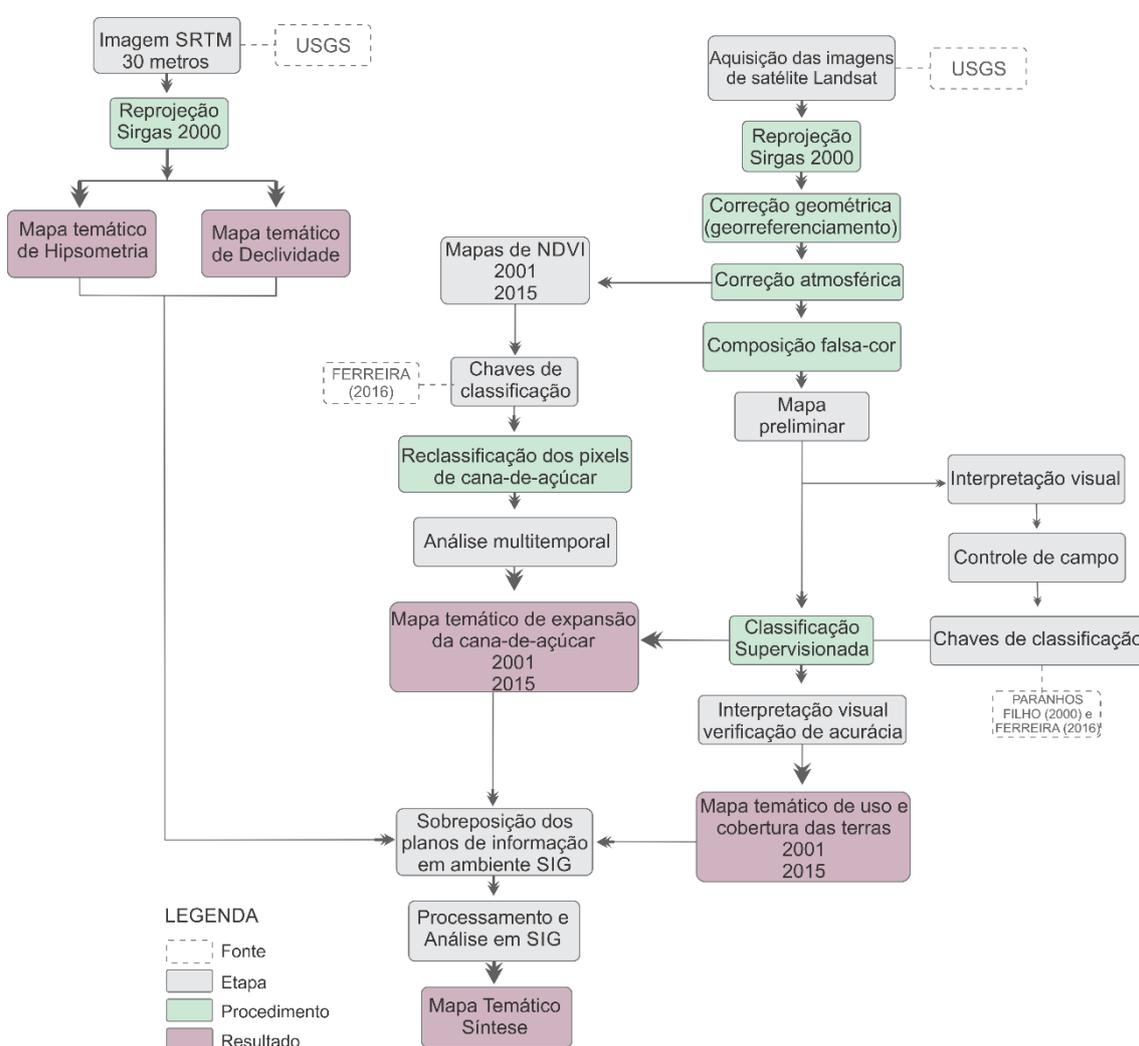


Figura 24. Etapas envolvidas nos procedimentos de elaboração de mapas para análise multitemporal. Fonte: Ferreira (2016).

Após definida a área de trabalho, selecionou-se com base na resolução espacial e sensor correspondente compatível, a escala de trabalho adotada. Para tanto empregou-se como orientação os valores de 0,2mm (erro gráfico) a 0,5mm na escala (conforme o

Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 e Decreto 5.334 de 6 de janeiro 2005 (BRASIL, 1984) que regula as técnicas da cartografia nacional), dependendo da resolução geométrica do sensor. A escolha da projeção a ser utilizada também obedeceu aos critérios da cartografia brasileira que estabelece como novo sistema de referência geodésico – Decreto nº 5.334/2005 – (BRASIL, 2005) o Sistema de Referências Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) em sua realização do ano 2000 (SIRGAS2000) e dá como providências que um período de transição não superior a dez anos os trabalhos de natureza primária sejam obrigados a elaborar sua base de dados ao referido sistema.

A primeira etapa de alimentação do banco de dados correspondeu a aquisição das imagens de sensores orbitais a ser utilizadas. As imagens passaram por um refinamento criterioso em relação a todas as cenas disponíveis e necessárias para recobrir a área a ser trabalhada. Entende-se que, para uma imagem ser passível de ser utilizada, de acordo com IBGE (2000) devem ser adotados alguns critérios como, a visibilidade da cena (com uma atmosfera livre da presença de nuvens), a qualidade do imageamento do sensor (sem ruídos) e a homogeneidade do período da captura da cena. Vale ressaltar que mesmo para a construção de cenários a cena mais atual deve ser o mais recente possível, dada a dinâmica de uso e cobertura das terras.

Antes de realizar o mapeamento propriamente dito é necessário fazer o processamento digital das imagens. Refere-se de um conjunto de técnicas aplicadas às imagens digitais a fim de facilitar e aferir uma precisão maior das informações dos alvos na superfície terrestre. O processamento digital permite ainda que sejam realizadas operações aritméticas entre imagens, que são utilizadas em análise multiespectrais (a mesma imagem em diferentes cenas) e em análises multitemporais (a mesma imagem em diferentes datas), como foi aplicado neste estudo.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas imagens obtidas a partir do satélite Landsat-5, sensor TM (USGS, 2015a) e imagens do sensor OLI/Landsat-8 (USGS, 2015b), disponibilizadas gratuitamente pelo *United States Geological Survey* - USGS. As imagens Landsat para ambos os sensores, têm resolução espacial de 30m e resolução temporal de 16 dias e recobrem uma área de 185 km, todas as características de cada sensor da série Landsat são descritas na Tabela 13. A localização das cenas acontece por meio da identificação do número da órbita/ponto, para a área de estudo foram utilizadas duas cenas correspondentes à órbita/ponto 224/75 (USGS, 2015a) e 225/75 (USGS, 2015b).

Cabe aqui ressaltar que foram levantadas informações sobre a área plantada com cana-de-açúcar, no site do IBGE com informações quantitativas e por interpretação visual das imagens de satélite para as décadas anteriores e assim, constatou-se que a expansão da cana na área que abrange a bacia do Rio Brilhante ocorreu com maior expressividade a partir dos anos 2000, neste sentido verificou-se que os cenários de 2001 e 2015 subsidiariam as hipóteses da pesquisa.

Tabela 13. Características dos sensores TM do Landsat 5 e OLI e TIRS do Landsat 8.

Sensor	Satélite	Bandas Espectrais	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
TM	LANDSAT 5	1 (Azul)	0,45 – 0,52	30	16 dias	185 km
		2 (Verde)	0,50 – 0,60			
		3 (Vermelho)	0,63 – 0,69			
		4 (Infravermelho Próximo)	0,76 – 0,90			
		5 (Infravermelho Médio)	1,55 – 1,75	120		
		6 (Infravermelho Termal)	10,4 – 12,5	30		
		7 (Infravermelho Distante)	2,08 – 2,35	30		
OLI	LANDSAT 8	1 (Costeira/Aerossol)	0,43 – 0,45			
		2 (Azul)	0,45 – 0,51			
		3 (Verde)	0,53 – 0,59			
		4 (Vermelho)	0,64 – 0,67			
		5 (Infravermelho Próximo)	0,85 – 0,88			
		6 (SWIR 1)	1,57 – 1,65			
		7 (SIWIR 2)	2,11 – 2,29			
		8 (Pancromática)	0,50 – 0,68		15	
TIRS	LANDSAT 8	9 (Cirrus)	1,36 – 1,38	30		
		10 (Infravermelho Termal 1)	10,60 – 11,19	30/100		
		11 (Infravermelho Termal 2)	11,50 – 12,51	30/100		

Fonte: USGS (2013).

Faz-se importante destacar que a escolha destas datas favorecia a classificação de uso e cobertura das terras, já que nesse período predominam área de cana-de-açúcar em máximo desenvolvimento e homogêneas próximas da época de colheita e ainda, considerando alguns fatores limitantes como, imagens sem cobertura de nuvens e aquisição das cenas referente ao mesmo muito próximas, para que não houvesse discrepâncias entre uma cena e outra.

4.1.1. Correção Geométrica

As imagens geradas por sensores orbitais estão sujeitas a várias distorções que podem ser corrigidas através de técnicas denominadas de correção geométrica. A correção da precisão remove os erros residuais e produz o georreferenciamento propriamente dito (IBGE, 2000). A vinculação da imagem ao SIG deve estabelecer uma relação geométrica entre os pixels da imagem e um sistema de coordenadas conhecido correspondente a área de estudo, por meio deste processo de referenciar a imagem a um sistema de projeção cartográfica, a imagem adquire propriedades de um mapa.

Para a correção das imagens Landsat-5 utilizou-se o método de pontos de controle do terreno (GCP). Os pontos de controle devem ser feições bem definidas e visivelmente identificáveis. Para localizar os pontos de controle na imagem, a fim de ajustá-la utilizou-se um mapa de referência.

As imagens Landsat-8 disponibilizadas pelo USGS já são disponibilizadas com a correção geométrica, de modo que não é necessário realizar o processo de georreferenciamento, como confirmado Duarte et al., (2015) por que afirma que a correção geométrica realizada pela NASA/USGS alcança classes de mapeamento entre as escalas 1:50.000 e 1:100.000. Porém antes da utilização desses dados é preciso reprojeter as imagens já que são concedidas pelo USGS na Projeção UTM Datum WGS84 orientadas ao hemisfério Norte, deste modo as imagens do sensor OLI foram reprojeteradas para o hemisfério Sul e local da área da pesquisa, tal operação foi realizada no QGIS através da ferramenta raster *Transformar/Reprojeter*.

4.1.2. Composição colorida de bandas

No intuito de interpretar da melhor maneira os padrões de tom e de textura, faz-se uso também das composições das bandas espectrais das imagens, sendo a composição tradicionalmente utilizada a do filtro RGB (*Red Green Blue*) em falsa cor. Para a composição das imagens foram utilizadas a composição clássica para o sensor TM R[4]G[5]B[3] e a combinação para o sensor OLI sendo R no infravermelho próximo (banda 5), G no vermelho (banda 4) e B no verde (banda 3). Nesta composição são realçadas as características da água (tons de azul), do solo e de áreas urbanizadas (tons azul-esverdeado) e a vegetação apresenta coloração em vermelho, permitindo identificar diferentes tipos de formações vegetais.

4.1.3. Correção atmosférica

Ao atravessar a atmosfera, a energia eletromagnética é parcialmente absorvida, refletida ou espalhada. O espalhamento ou dispersão (*scattering*) é a re-irradiação da energia emitida em todas as direções pela atmosfera. Nesse sentido o sinal que é registrado pelo sensor para cada pixel pode não corresponder verdadeiramente à radiância de determinado objeto, seja porque o sinal é atenuado pela absorção, proporcionada pela presença de elementos como gases, aerossóis e vapor d'água ou desviado pela dispersão provocada pelos componentes da atmosfera. Outras distorções podem ser ocasionadas devido à geometria da iluminação (elevação e azimute do Sol), declividade do terreno e direção das cristas de serras (IBGE, 2000); (FITZ, 2008). As correções dos efeitos da atmosfera são importantes para várias aplicações.

As condições atmosféricas variam de uma data para outra, por isso essa técnica é empregada quando se pretende analisar o comportamento espectral de uma cultura ao longo do tempo, ou ainda, quando é necessário realizar a comparação de imagens de diferentes sensores, em diferentes datas ou períodos do ano (estudos multitemporais). Esse processo consiste em duas etapas: a conversão dos valores de Número Digital (DN) para radiância espectral e, posteriormente para valores físicos no Topo da Atmosfera (TOA). Chander et al., (2009) apresenta o desenvolvimento de um procedimento com métodos e parâmetros para converter os dados da imagem, números digitais para dados de refletância no topo da atmosfera. Estas conversões, segundo Mercante (2007) fornecem uma melhor base para realizar a comparação entre os dados das imagens adquiridas em diferentes datas. Para converter valores DN para dados de reflectância no TOA são utilizadas as seguintes equações:

Landsat-5

Para as imagens Landsat-5, a radiância é obtida utilizando a Equação 1 disponibilizada pela NASA (1998) e explicada por CHANDER et al., (2009):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{QCALMAX - QCALMIN} \right) (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

Em que:

L_{λ} : radiância espectral na abertura do sensor [$W / (m^2 \text{ sr } \mu m)$];

$QCAL$: valor em números digitais para cada pixel;

$LMIN_{\lambda}$: radiância espectral escalonada para $QCALMIN$ [$W / (m^2 \text{ sr } \mu m)$];

$LMAX_{\lambda}$: radiância espectral que é dimensionada para $QCALMAX$ [$W / (m^2 \text{ sr } \mu m)$];

QCALMIN: valor mínimo quantizado calibrado de um pixel (correspondente à $L_{MIN\lambda}$) em nível de cinza;

QCALMAX: valor máximo quantizado calibrado de um pixel (correspondente à $L_{MAX\lambda}$) em nível de cinza igual a 255.

Para converter os dados de radiância em reflectância é usada a Equação 2:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\Pi * L_{\lambda} * d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s}$$

Em que:

ρ_{λ} : reflectância;

Π : constante matemática igual a $\sim 3,14159$ (adimensional);

L_{λ} : radiância espectral na abertura do sensor;

d : distância entre a Terra e o Sol em unidades astronômicas;

$ESUN_{\lambda}$: irradiância solar na exoatmosfera;

θ_s : ângulo zenital solar.

Landsat-8

A equação demonstrada a seguir é usada para converter valores DN para reflectância no TOA para os instrumentos imageadores OLI, disponibilizada pelo USGS Earth Explorer no guia do produto Landsat-8 (USGS, 2015c):

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

Em que:

ρ_{λ}' : reflectância planetária no TOA, sem correção para o ângulo solar. Note que ρ_{λ} não contém uma correção para o ângulo solar;

M_{ρ} : fator multiplicativo redimensionado da radiância para a banda específica disponibilizados nos metadados;

A_{ρ} : fator aditivo redimensionado da radiância para a banda específica disponibilizados nos metadados;

Q_{cal} : valores de pixel padrão quantizado e calibrado.

Reflectância do TOA com a correção do ângulo solar é dada pela seguinte equação:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})}$$

Em que:

ρ_{λ} : reflectância planetária do TOA;

θ_{SE} : ângulo de elevação solar local;

θ_{SZ} : ângulo solar zenital local ($\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$).

Os coeficientes de redimensionamento da reflectância para os sensores TM e OLI são fornecidos nos arquivos de metadados dos produtos (arquivo MTL). O procedimento de correção atmosférica das imagens foi realizado no *software* QGIS, utilizando a ferramenta *Calculadora Raster*. Para executar o cálculo é necessário substituir na equação os valores fornecidos pelos metadados de cada banda, esse processo deve ser repetido para todas as bandas necessárias para calcular o índice de vegetação.

As conversões descritas foram realizadas nas imagens a fim de adequá-las na comparação temporal de dados de imagens adquiridas em datas diferentes com os dados de produtividade da cana-de-açúcar.

4.2. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE CULTURAS AGRÍCOLAS

O sensoriamento remoto é apontado como uma ferramenta que permite a obtenção de dados ou imagens da superfície terrestre sem contato direto com os objetos que compõem a superfície da Terra. As atividades desenvolvidas por esse método envolvem a “detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos” (MORAES, 2002 p. 7).

Os objetos interagem de maneira diferenciada a incidência da radiação eletromagnética (REM) nos diversos comprimentos de onda. O registro gráfico da reflectância ao longo do espectro eletromagnético fornece uma curva que descreve as propriedades radiométricas de um determinado objeto. Essa curva faz com que cada alvo terrestre tenha sua própria assinatura espectral, que constitui um padrão que permite a sua identificação, localização, caracterização e diferenciação de outros objetos (IBGE, 2000).

Os mais variados tipos de cobertura do solo, como cultivos, florestas, afloramentos rochosos, corpos de água absorvem uma porção específica do espectro eletromagnético, o que determina sua assinatura espectral particular. Portanto conhecer o comportamento espectral dos objetos terrestres é fundamental para a escolha das bandas espectrais sobre a qual se pretende adquirir dados para determinada aplicação (MORAES, 2002).

A vegetação, por exemplo, possui um pico de absorção no comprimento de onda do infravermelho, a elevada reflectividade de energia nessa região do espectro é atribuída, por vários autores, à estrutura interna das folhas (FORMAGGIO, 1989).

A associação de todos os componentes da vegetação acima da superfície do solo é denominada dossel vegetal. Contudo, mesmo que as propriedades de reflectância de folhas individuais são fundamentais para o entendimento do comportamento espectral de uma planta ou dossel inteiro (FORMAGGIO, 1989), Figueiredo (2005) ressalta que o comportamento espectral de uma cobertura vegetal possui uma série de diferenças quando comparada a uma folha isolada, devido a influência de diversos fatores, como as condições climáticas, características do solo, índice de área foliar (cobertura vegetal por unidade de área), estado de desenvolvimento da planta, biomassa (densidade de massa verde), etc. Por fim Jackson e Huete, 1991 concluem que a estrutura do dossel vegetal é um dos principais determinantes do seu comportamento espectral.

No que se refere a indicadores espectrais das culturas agrícolas Formaggio (1989) afirma que o ciclo de uma cultura pode ser subdividido em três fases fenológicas diferentes: na primeira fase, há atuante domínio do solo nas interações com a REM, fase que abrange o plantio, a germinação e o desenvolvimento inicial, em que a cultura não recobre completamente a superfície do solo. Na segunda fase, ocorre o domínio da cobertura vegetal nas interações com a REM e a terceira fase e último ciclo fenológico/espectral acontece a maturação e a senescência.

Em geral, as técnicas baseadas nas regiões espectrais do visível e do infravermelho têm sido utilizadas para estimar as propriedades das plantas, definir áreas agrícolas, realizar estudos de geologia, geomorfologia e de solos, e diferenciar certos tipos de vegetação. Compreende-se que a radiação infravermelha está associada à emissão de calor (radiação térmica) por parte dos objetos. Desde modo, essa radiação tende a apresentar respostas específicas de acordo com a temperatura dos objetos (FITZ, 2008), já que a vegetação responde muito bem nesse intervalo de comprimento de onda.

Eventualmente o índice de vegetação mais utilizado seja a Razão Simples, ou seja, a razão entre a reflectância (ou radiância) em uma banda espectral do infravermelho próximo e a de outra banda espectral no visível. FORMAGGIO (1989) ao citar Tucker (1979) constata que ele reviu os índices de vegetação formados a partir de várias combinações das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e revelou que tais regiões espectrais são úteis para monitorar a fitomassa fotossinteticamente ativa de dosséis vegetais.

4.3. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Os índices de vegetação são resultados das combinações lineares de dados de bandas do espectro eletromagnético, melhorando o sinal da vegetação enquanto minimiza a irradiância solar e os efeitos do substrato de dosséis vegetais esparsos (JACKSON e HUETE, 1991).

Moreira e Shimabukuro (2004) ressaltam que na literatura são encontrados mais de cinquenta índices de vegetação, sendo que os mais frequentemente utilizados são: o RVI (*Ratio Vegetation Index*) e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). SINGH et al., (2006) destaca a ampla e frequente utilização do NDVI em dados de sensoriamento remoto para indicar a vivacidade da vegetação, em alguns estudos este índice ainda tem sido empregado na estimativa do coeficiente de cultivo das culturas, na análise da degradação ambiental, na identificação de áreas degradadas e na classificação de cobertura das terras.

O NDVI é resultado de processos de realce por operações matemáticas que tem como variáveis as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. É um parâmetro em que seus valores para um determinado pixel sempre variam entre -1 a 1, sendo que valores mais elevados estão associados a uma maior densidade de cobertura vegetal. Dessa forma o NDVI pode ser determinado pela equação a seguir:

$$\text{NDVI} = \frac{(\rho_{\text{ivp}} - \rho_{\text{v}})}{(\rho_{\text{ivp}} + \rho_{\text{v}})}$$

Em que:

ρ_{ivp} = refletância no comprimento de onda referente ao infravermelho próximo;

ρ_{v} = refletância no comprimento de onda referente ao vermelho.

O cálculo do índice foi realizado em *software* QGIS por meio da ferramenta *Calculadora Raster*, utilizando as bandas 3 e 4 correspondentes ao vermelho e infravermelho próximo, respectivamente, para o sensor TM a bordo do satélite Landsat-5, para o OLI/Landsat-8 equivale as bandas 4 e 5.

4.4. INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS

Considerando que a obtenção das imagens livre de nuvens e no estágio de maior crescimento da cana-de-açúcar era um fator limitante, as imagens adquiridas apresentavam áreas de plantio em que a colheita já havia sido realizada, nesse sentido,

percebeu-se a necessidade de uma subsequente edição para inclusão dessas áreas e correção de erros utilizando técnicas de interpretação visual das imagens.

A interpretação visual das imagens é baseada, exclusivamente na percepção do intérprete, o qual é requerido estar familiarizado com a área de pesquisa, neste sentido o levantamento das características geográficas do local e conhecimento prévio de aspectos como vegetação predominante, relevo, clima, principais tipos de cultivo são fundamentais para evitar problemas futuros (FITZ, 2008).

Para classificar objetos por interpretação visual é importante destacar elementos que possam ser utilizados para caracterizar porções da superfície terrestre no que diz respeito a *forma*, por exemplo, estradas são apresentadas como linhas, em geral, bem definidas e regulares, já os cursos d'água apresentam aspectos mais sinuosos, além de agregar outros aspectos vinculados a presença de mata ciliar, vales, etc. O *tamanho* do objeto está diretamente ligado à escala da imagem, um loteamento residencial (pequeno porte) é facilmente distinguido de uma área constituída por indústrias (grande porte). A análise da *textura*, também é influenciada pela escala adotada, mas trata-se pelo agrupamento dos diferentes objetos que estão na cena, diferencia-se elementos de texturas mais suaves (um vasto campo) ou ásperas (uma floresta nativa), grosseiras (um relevo mais acidentado) ou finas (planícies). A textura ainda pode apresentar um aspecto homogêneo ou heterogêneo, uma cultura plantada (soja, milho, cana, eucalipto) em geral possui uma textura mais uniforme por ser plantada na mesma época, mesma espécie e com crescimento semelhante diferente de uma área com floresta nativa que apresenta textura bastante variável (diferentes espécies, alturas e tonalidades). O *padrão* e a *localização* dos objetos no terreno podem diagnosticar suas características e um elemento que deve ser destacado é a *tonalidade*, que se trata da resposta da radiação absorvida ou refletida pelo alvo (FITZ, 2008).

Com o intuito de auxiliar no trabalho de interpretação visual foram utilizados recursos como: o mapeamento realizado pelo Projeto CANASAT para o ano safra 2012/2013, levantamento de campo de áreas próximas com plantio de cana-de-açúcar, imagens disponibilizadas pelo Google Earth e nas imagens Landsat eram considerados aspectos baseados nos elementos supracitados (cor, textura, tonalidade, forma, etc.). Desse modo as áreas que estivessem com solo exposto e em fase de desenvolvimento fisiológico na data das imagens adquiridas eram editadas como pertencentes a classe de “áreas ocupadas com cana-de-açúcar” utilizando a função de edição vetorial do QGIS.

Esses recursos considerados como potenciais para o processo de interpretação visual visavam garantir que o alvo correto estava sendo mapeado e que representasse a realidade no campo.

Para auxiliar na interpretação visual foi elaborada uma chave de interpretação das áreas ocupadas com cana-de-açúcar nas imagens, para tanto foi realizado um trabalho de campo na área da bacia hidrográfica, onde foram obtidas fotos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar em diferentes estágios de crescimento juntamente com a captura das coordenadas geográficas (Figura 25).

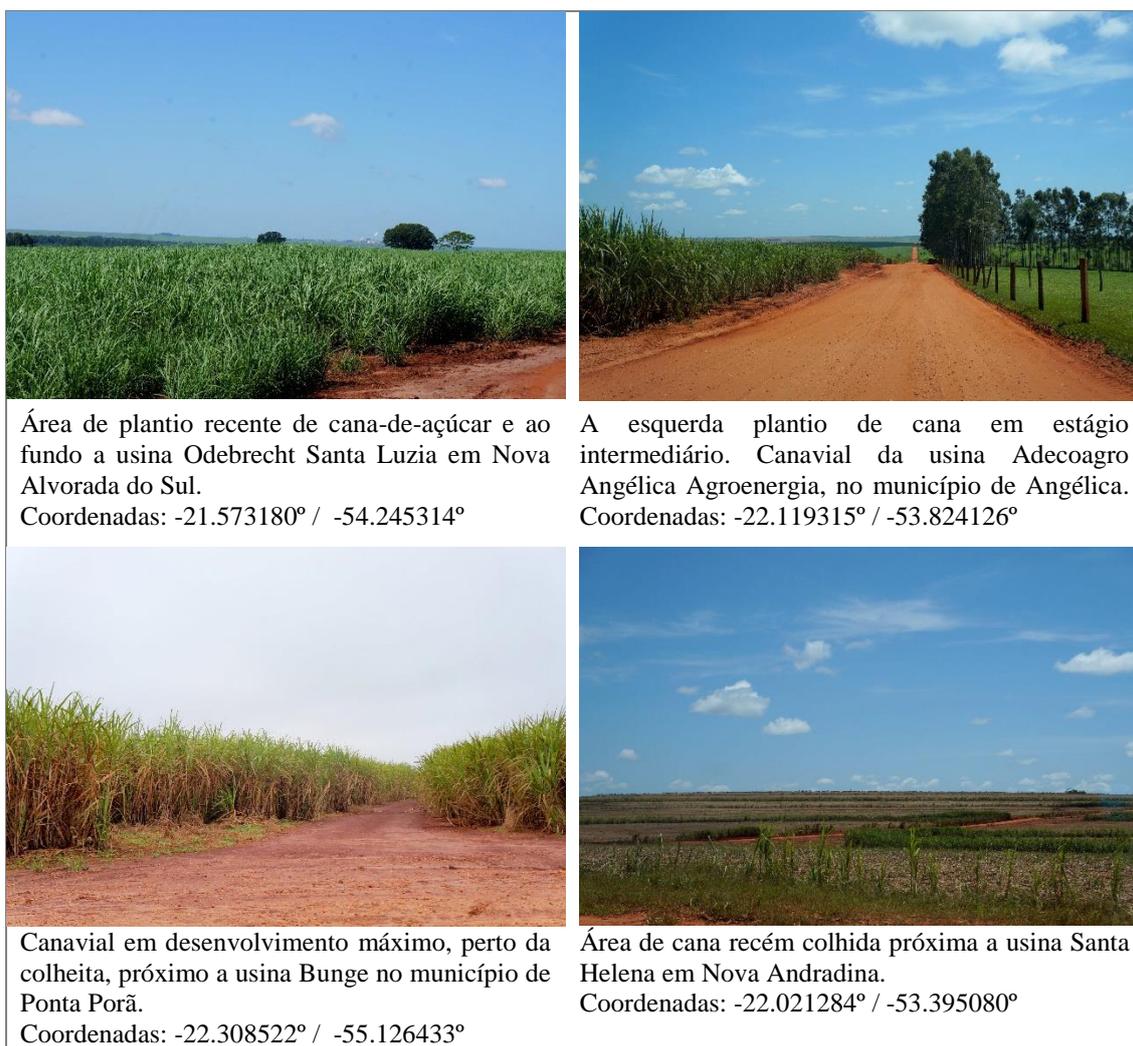


Figura 25. Áreas com plantio de cana-de-açúcar em diferentes estágios e suas localizações em coordenadas UTM Datum WGS84.

Fonte: Ferreira (2016).

A chave de classificação das áreas com cultivo de cana-de-açúcar foi elaborada com o intuito de orientar a análise das imagens Landsat durante o processo de interpretação visual, sendo considerados aspectos de cor, textura, forma, padrão e localização para os quatro estágios classificadas da cultura como apresentado na Figura 26:

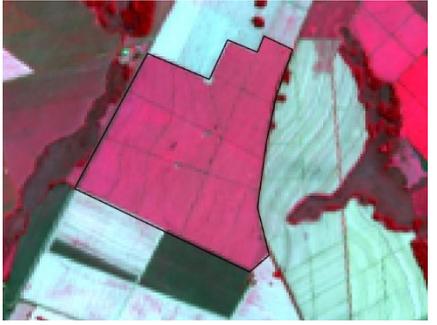
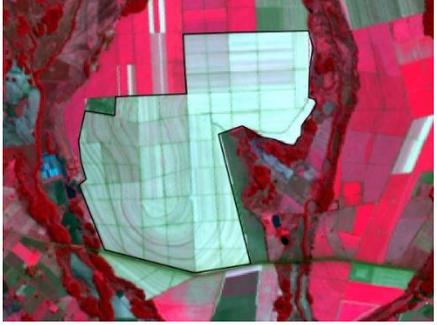
Classes de cobertura da cana-de-açúcar	Padrões característicos de interpretação	Exemplo em composição colorida OLI/Landsat-8 R(5)G(4)B(3)
Estágio inicial de crescimento	Apresenta cor vermelho claro; textura lisa e forma geométrica regular	
Estágio intermediário crescimento	Apresenta cor vermelho escuro; textura suavemente lisa e forma geométrica regular	
Estágio máximo de crescimento	Apresenta cor vermelho brilhante; textura uniforme e forma geométrica regular	
Cana recém colhida	Apresenta cor branca brilhante; textura lisa e linhas de cultivo evidentes	

Figura 26. Chave de interpretação das imagens OLI/Landsat obtidas entre os meses de julho e agosto, para a bacia hidrográfica do Rio Brilhante.

Fonte: Ferreira (2016).

4.4. NDVI DAS IMAGENS TM/LANDSAT-5 EM 2001 e OLI/LANDSAT-8 EM 2015

Como confirmado por Rudorff et al., (2010) um dos aspectos principais que possibilita o uso de imagens de satélite para mapear as áreas de cana-de-açúcar é o fato de que esta é considerada uma cultura semi-perene e que atinge seu crescimento máximo em abril, seguida por uma época de colheita que se estende até dezembro na região Centro-Sul, portanto a cana-de-açúcar possui um longo tempo de permanência no campo o que aumenta as chances de identificar as áreas cultivadas.

O mapeamento das áreas de cana-de-açúcar foi obtido mediante a aplicação da técnica de NDVI, ratificado por FERREIRA e SILVA (2014); FERREIRA et al., (2015) e FERREIRA e SILVA (2015) como a melhor técnica a ser empregada para este estudo, uma vez que se pretende conhecer o comportamento espectral da cana-de-açúcar através da radiação eletromagnética refletida. A escolha desta técnica é a mais indicada nos estudos de vegetação posto que os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo obtêm maior resposta da cobertura vegetal.

Para as imagens do TM/Landsat-5 (USGS, 2015a) as bandas correspondentes ao vermelho e ao infravermelho próximo são as bandas 3 e 4 e para o OLI/Landsat-8 (USGS, 2015b) são as bandas 4 e 5, respectivamente. Os valores de NDVI variam de -1 a 1, deste modo quanto mais próximo de 1 maior a densidade de cobertura vegetal, áreas com vegetação rala e esparsa pode apresentar valores próximos a zero, valores de NDVI obtidos de 0 a -1 correspondem a áreas de solo nu.

A partir das imagens dos sensores TM-5 (USGS, 2015a) e OLI-8 (USGS, 2015b) do Landsat e mediante o processamento digital das imagens foram realizadas as estimativas das áreas ocupadas com cana-de-açúcar para cada imagem ao longo de dois cenários (2001 e 2015). Ao término desse procedimento foram obtidas duas imagens de NDVI e outras duas disponibilizando a área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar em cada cenário.

As imagens de NDVI geradas são apresentadas em tons de falsa-cor, o que permite identificar a resposta espectral dos diferentes estágios do ciclo da cana-de-açúcar. Neste sentido a Figura 26 apresenta a sequência de uma imagem multiespectral [R(5)G(4)B(3)] Landsat-8 e a mesma imagem com realização do NDVI para demonstrar os exemplos de identificação da cana-de-açúcar baseados no comportamento espectral dessa cultura. A Figura 27.1.a) apresenta um campo com recente plantio de cana e em estágio inicial de

crescimento (em laranja e verde, respectivamente na imagem de NDVI). A Figura 27.1.b) exibe uma área de cana em seu estágio intermediário de crescimento, apresenta um tom mais escuro em relação a figura anterior. Na figura 27.1.c) é demonstrada uma área com plantio de cana onde esta cultura encontra-se em seu estágio de crescimento máximo, é possível verificar que nesta fase a cana responde em uma cor mais intensa e uma textura mais uniforme. A Figura 27.1.d) ilustra uma área com solo exposto logo após a colheita da cana-de-açúcar, isso pode ser constatado já que as linhas de cultivo ainda estão evidentes, destaca-se que essas áreas apresentam cor mais clara (cor branca para a imagem Landsat-8) por refletir grande parte da energia eletromagnética emitida.

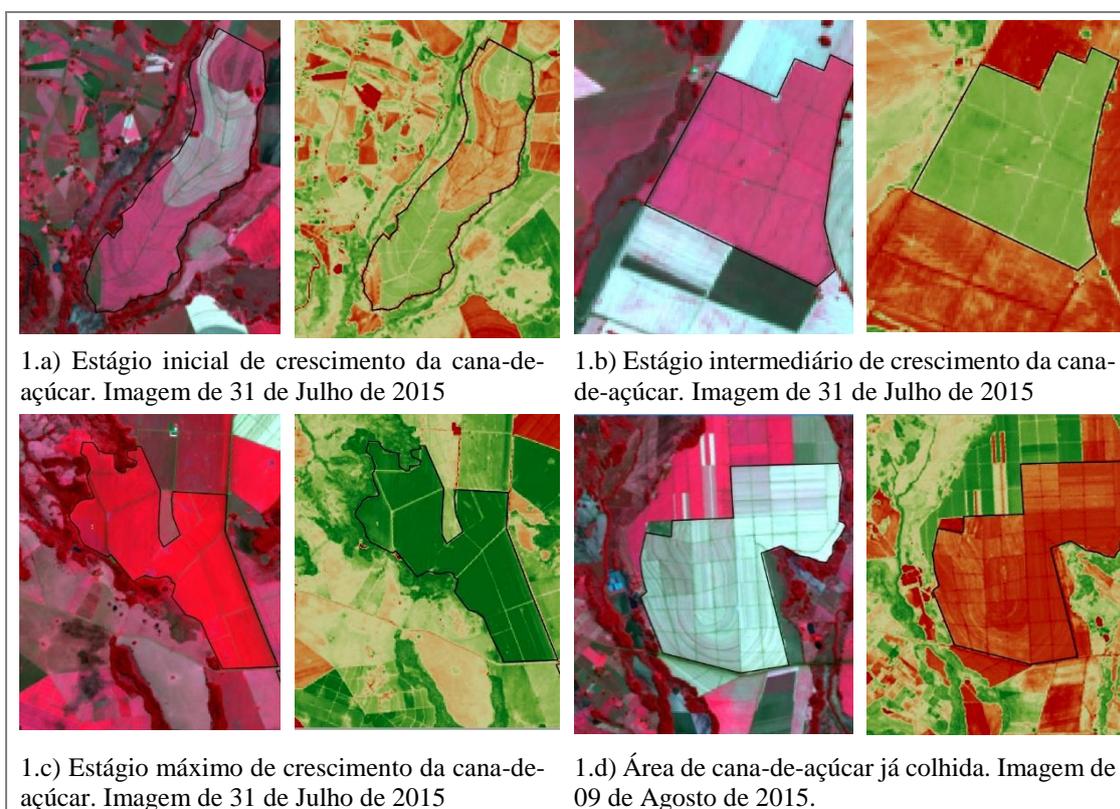


Figura 27. Imagem multiespectral [R(5)G(4)B(3)] Landsat 8 que exemplifica o procedimento de identificação das áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Fonte: Ferreira (2016).

Deste modo as informações da figura acima serviram de referência para identificar os padrões e delimitar as amostras de pixels de cana-de-açúcar nas cenas Landsat. Como já mencionado os valores de NDVI variam de -1 a 1, deste modo quanto mais próximo a 1 maior a densidade de cobertura vegetal, áreas com vegetação rala e esparsa apresentam valores próximos a zero e valores obtidos de 0 a -1 correspondem a áreas de solo exposto.

Os resultados indicam que os valores de NDVI podem ser classificados em três categorias. Áreas sem vegetação: valores de NDVI entre -1 a 0,20 correspondem a

superfície de corpos d'água, áreas ocupadas por centros urbanos e áreas de solo nu e/ou em preparação para o cultivo. Áreas de vegetação esparsa: compreendem valores intermediários entre 0,20 a 0,47 e estão associadas principalmente as áreas destinadas à agricultura com cultivo em estágio inicial de crescimento. Nesta categoria ainda se enquadram as fitofisionomias típicas do Cerrado (Campo Cerrado, Cerrado Ralo e Cerrado Típico). Áreas de vegetação densa: os valores máximos de NDVI obtidos que variam entre 0,47 a 1 correspondem às áreas de plantio (sobretudo, cana-de-açúcar, soja e milho) com a estrutura bem desenvolvida, em estágio próximo a colheita, e ainda são inclusas nessa categoria as áreas protegidas pelo Código Florestal como as Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e Unidades de Conservação. Esses remanescentes florestais são compostos por resquícios da Floresta Estacional Semidecidual formada por espécies de médio a grande porte estrutural, predominante ao longo das nascentes, lagos e cursos d'água (Figura 28 e 29).

No cenário de 2015 é possível constatar mais áreas classificadas com índice entre 0,37 a 1, porém estas áreas não podem ser associadas exclusivamente à vegetação nativa, haja vista que quando comparadas a verdade terrestre a maior parte destas áreas correspondem a campos de cultivo em estágio máximo de crescimento.

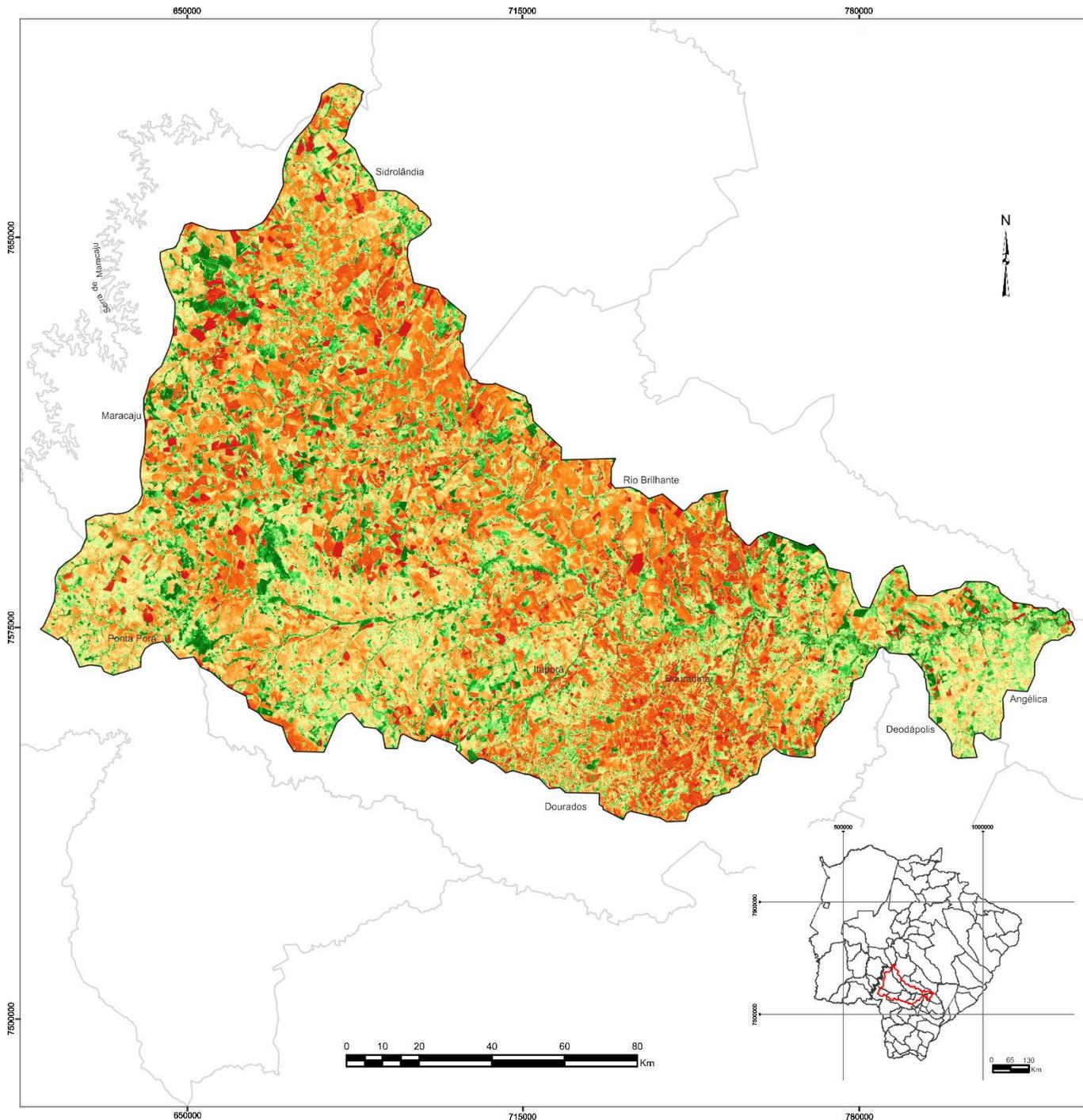


FIGURA 28: NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS para o ano de 2001

LEGENDA

I. Classes de NDVI

Valores de NDVI	Características
 -1 a 0,17	Áreas sem vegetação
 0,17 a 0,22	Áreas de vegetação rala e/ou esparsa
 0,22 a 0,37	Áreas de vegetação intermediária
 0,37 a 1	Áreas de vegetação densa

II. Convenções cartográficas

-  Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
-  Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Malha municipal digital, 2010
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000
 Fonte: TM/Landsat-5 (bandas 3 e 4)

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



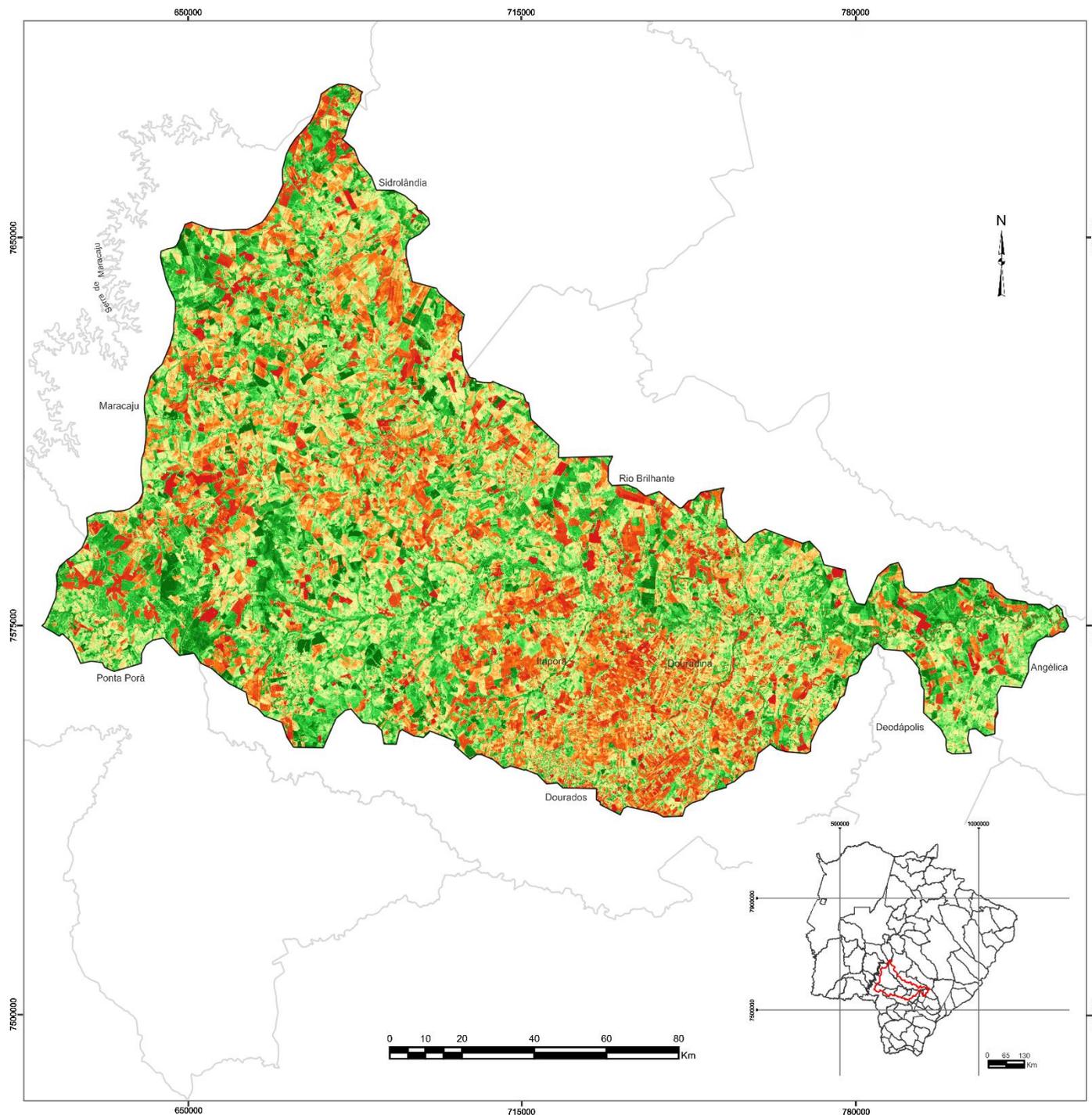


FIGURA 29: NDVI da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS para o ano de 2015

LEGENDA

I. Classes de NDVI

Valores de NDVI	Características
 -1 a 0,20	Áreas sem vegetação
 0,20 a 0,33	Áreas de vegetação rala e/ou esparsa
 0,33 a 0,47	Áreas de vegetação intermediária
 0,47 a 0,60	Áreas de vegetação densa

II. Convenções cartográficas

-  Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
-  Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
 Malha municipal digital, 2010
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000
 Fonte: OLI/Landsat-8 (bandas 4 e 5)

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

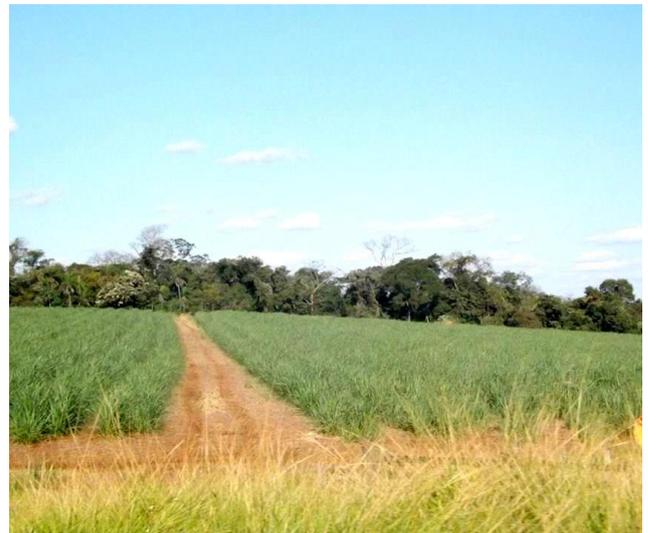
Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



As imagens de NDVI obtidas a partir da série Landsat para o ano de 2001 e 2015 indicam mudanças significativas de cobertura das terras na área de estudo, sobretudo no que diz respeito à diminuição dos fragmentos de vegetação natural para inserção da cana-de-açúcar, atividade que se apresenta crescente e intensa nessa região.

As imagens abaixo ilustram a cana-de-açúcar competindo espaço com a vegetação natural. Percebe-se que a o cultivo da cana é muito próximo a borda dos fragmentos florestais, esse contato imediato tem interferência direta nos blocos de vegetação natural agravada pelo efeito de borda, onde há maior incidência de luminosidade, temperatura e umidade.



Fonte: Ferreira (2016).

4.5. MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE A PARTIR DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Segundo Silva e Pereira (2007), os métodos de classificação podem ser divididos em dois tipos: supervisionado e não supervisionado. Para o mapeamento do uso e cobertura das terras na bacia do Rio Brilhante foi utilizado o software livre SPRING 5.3 desenvolvido pelo INPE. Para a classificação automática empregou-se o método supervisionado por máxima verossimilhança (MAXVER) com limiar de 99,9% de aceitação, nesse método Dutra et al., (1981) explica que o algoritmo utiliza amostras de treinamento, que devem ser representativas da imagem, para classificar a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma dada classe de acordo com atributos específicos, para tanto é necessário um conhecimento por parte do intérprete de alguns aspectos da área em estudo assim como da assinatura espectral dos objetos estudados.

Mediante as composições coloridas das imagens em falsa cor, foram coletadas uma série de amostras de pixels correspondentes ao uso e cobertura das terras na área da bacia. Esta fase foi efetuada considerando os tipos de usos observados em campo, onde foram espacialmente distribuídos de maneira homogênea por toda a imagem. As áreas de treinamento devem fornecer informações ao sistema quais são as classes a serem identificadas durante o processo de classificação automática supervisionada. Nesta etapa foram utilizadas 8 classes espectrais utilizando como base as chaves de interpretação elaboradas por Paranhos Filho (2000) e adaptadas aos objetivos dessa pesquisa.

A chave de interpretação de Paranhos Filho (2000) serviu como base para identificar os tipos de cobertura das terras na imagem TM/Landsat-5 e para interpretar a resposta espectral dos alvos na a imagem OLI/Landsat 8 na composição R5G4B3. Após as interpretações das chaves de classificação para as imagens foram coletas as amostras de treinamento que permitiu a escolha dos alvos mais representativos para indicar o uso e cobertura das terras nos cenários de 2001 e 2015, sendo apresentada na Figura 30.

É importante mencionar que as classes referidas nesse estudo podem, ainda, ser subdividas, optou-se por uma classificação mais geral visto que o principal interesse na carta de uso e cobertura das terras é o da caracterização das áreas naturais e as de uso antrópico.

Classes	Descrição	Exemplo da composição colorida R5G4B3	Padrão de cores		
			R	G	B
Área agrícola	Áreas agrícolas ocupadas indistintamente por culturas temporárias (soja, milho e cana-de-açúcar).		255	255	0
Área florestal	Áreas de vegetação densa e preservada, normalmente correspondem a áreas de mata ciliar e fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual e do Cerradão.		115	168	0
Pastagem	O primeiro tipo de pradaria com resposta em verde claro são campos e pastos baixos. O segundo tipo com resposta verde escuro são campos secos mais altos. Geralmente essas áreas correspondem a campos naturais ou plantado e são utilizados como pastagens.		205	137	0
Área urbanizada	Compreende porções de perímetros urbanos ocupados por loteamentos compostos de arruamento, infraestruturas e densidade lotes com áreas construídas.		255	168	192
Silvicultura	Áreas de reflorestamento destinadas a exploração econômica da madeira		205	173	0
Corpos d'água	Corresponde à superfícies de rios, lagos e represas		153	194	230
Áreas descobertas	Áreas de solo exposto, com refletância em todas as bandas, por isso a cor esbranquiçada. Geralmente são áreas de recente colheita ou terras aradas em preparo para o cultivo.		178	178	178
Área queimada	Corresponde a áreas de queimadas, geralmente essa prática ocorre nas áreas de cultivo da cana-de-açúcar onde a colheita ainda é realizada de forma semi-mecanizada		0	85	85

Figura 30. Chave de interpretação das imagens OLI/Landsat 8 composição colorida R5G4B3.

Fonte: Ferreira (2016).

Após a escolha dos alvos e coleta das diversas amostras de cada classe iniciou-se o processo de classificação propriamente dito, que procede de modo pixel-a-pixel sendo que o classificador de máxima verossimilhança a partir do conjunto de treinamento define o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de frequência de ocorrência na imagem, a distribuição dessas probabilidades é realizada de forma gaussiana para cada classe.

Em seguida foi aplicado o procedimento de *Pós-classificação*, que se constitui num processo de homogeneizar as matrizes digitais baseando-se em uma redistribuição de ocorrências uma classe ponderada por um peso e reclassificação segundo um limiar de limiar de presença. Para esta redistribuição foi adotado peso 2 e limiar 5. Posteriormente é realizado o *Mapeamento* em que as classes são atribuídas a matriz e, finalmente é realizado o processo de conversão de *Matriz – Vetor* para obter o mapa de classificação vetorizado, para que esses dados possam ser exportados e processados em outros SIGs.

As avaliações da exatidão dos mapeamentos foram realizadas a partir da matriz de confusão de cada classificação das imagens Landsat, conforme demonstrado nas tabelas 14 e 15. Os níveis de exatidão da classificação supervisionada para o mapa de uso e cobertura das terras permaneceram acima de 85% relativas a acurácia de cada classe. Segundo Congalton e Green (1998) estes resultados apontam para um excelente nível de acurácia das imagens.

Tabela 14. Acurácia obtida na classificação da imagem TM/Landsat 5 dos pontos amostrados segundo SPRING 5.3.

Classes temáticas	Exatidão (%)	
	Produtor	Usuário
Áreas agrícolas	95,32	85,38
Florestas	99,80	96,99
Pastagem	86,07	91,23
Silvicultura	98,99	99,83
Corpos d'água	99,51	97,74
Solo exposto	99,47	99,70
Outras estatísticas		
Desempenho geral: 92,14%		
Confusão média: 7,86%		
Abstenção média: 0,00%		
Estatística KHAT: 88,57%		
Variância KHAT: 4.161e-006		
Estatística TAU: 90,17%		

Organização: Ferreira (2016).

Tabela 15. Acurácias obtidas na classificação da imagem OLI/Landsat 8 dos pontos amostrados segundo SPRING 5.3.

Classes temáticas	Exatidão (%)	
	Produtor	Usuário
Áreas agrícolas	98,59	99,69
Florestas	99,76	97,77
Pastagem	87,87	92,48
Silvicultura	99,48	100
Corpos d'água	98,72	99,27
Solo exposto	90,67	100
Outras estatísticas		
Desempenho geral: 96,45%		
Confusão média: 3,55%		
Abstenção média: 0,00%		
Estatística KHAT: 95,20%		
Variância KHAT: 2,81e-006		
Estatística TAU: 95,95%		

Organização: Ferreira (2016).

Nas tentativas de classificação automática supervisionada das imagens Landsat observou-se que os pixels das áreas urbanas induziam a diversos erros nas regiões não urbanas (áreas agrícolas e solo exposto). Por isso, optou-se pela exclusão dessa classe, uma vez que a diversidade de pixels diferentes resultava em dificuldades na separação da área urbana. Para solucionar esse problema foi aplicada uma máscara das áreas urbanas consolidadas a fim de identificá-las e mapeá-las no resultado final da classificação.

Em relação a classe de áreas agrícolas é possível notar como o comportamento espectral da cultura da soja (tom esverdeado) se diferencia do comportamento da cultura do milho e da cana-de-açúcar (tom rosado). A interferência da refletância dos solos argilosos, como é o caso da área da pesquisa, é pequena como confirmado por Mercante (2007) e que converge ao encontrado na literatura especializada, de que solos argilosos tendem a refletir menos do que solos arenosos, em todas as bandas devido, principalmente a maior saturação hídrica e presença matéria orgânica.

Foram observadas algumas particularidades na classe de solo exposto, por exemplo, que apresenta uma cor azul-esverdeado devido a algumas características como o sistema de cultivo com o plantio direto, muito comum nessa região, que habitualmente deixa no campo restos vegetais ou palhada da cultura colhida, tal situação provoca alteração nas curvas características do solo exposto.

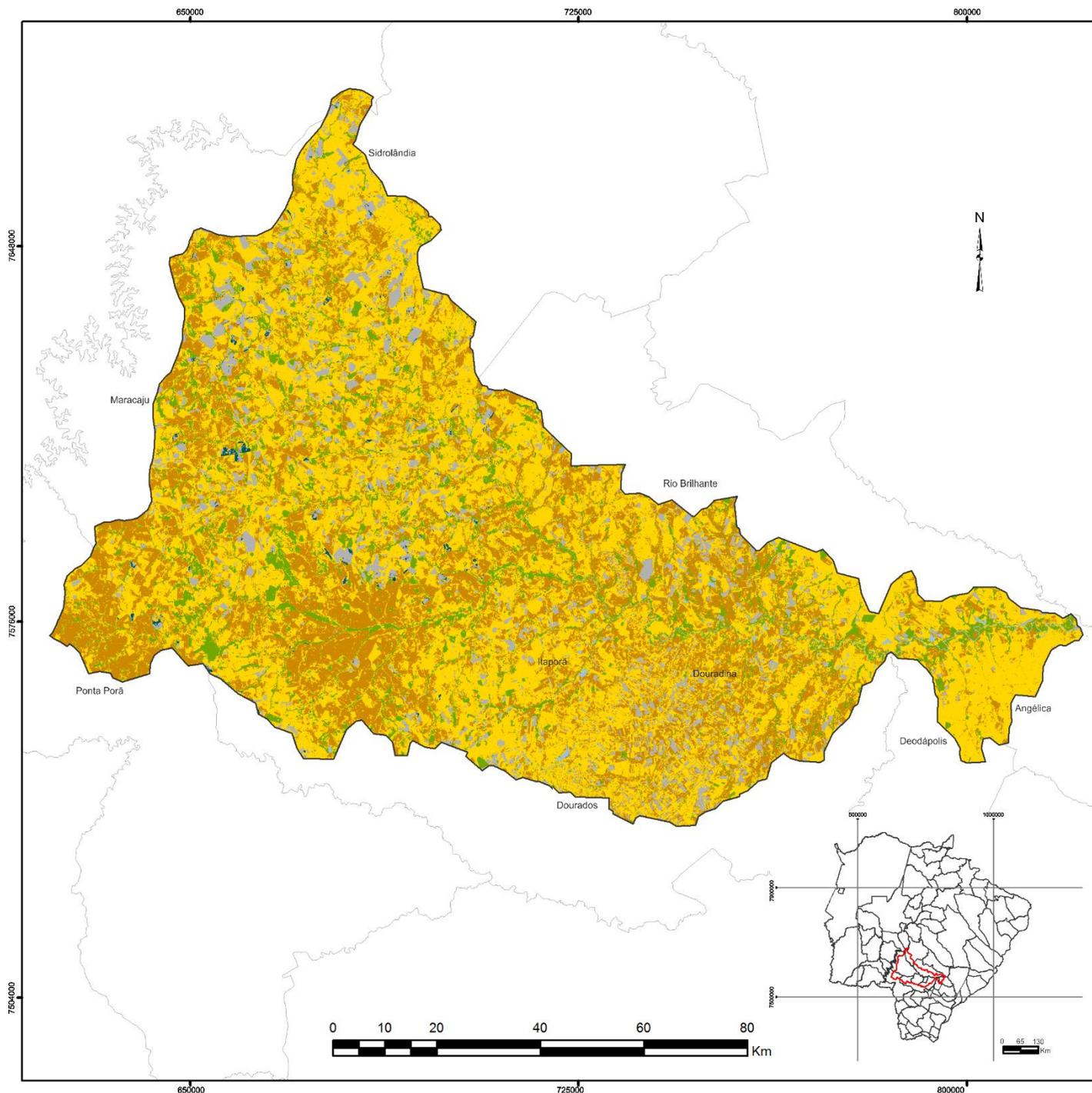


FIGURA 31: Uso e cobertura das terras em 2001 na bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS

LEGENDA

I. Classes de uso e cobertura das terras

- Área agrícola
- Área florestal
- Pastagem
- Área urbanizada
- Silvicultura
- Corpos d'água
- Área descoberta
- Área queimada

II. Convenções cartográficas

- Bacia hidrográfica do Rio Brillante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016
 Fonte: TM/Landsat-5, 2001

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva

Instituição: Grupo de Pesquisa: Apoio / Financiamento:



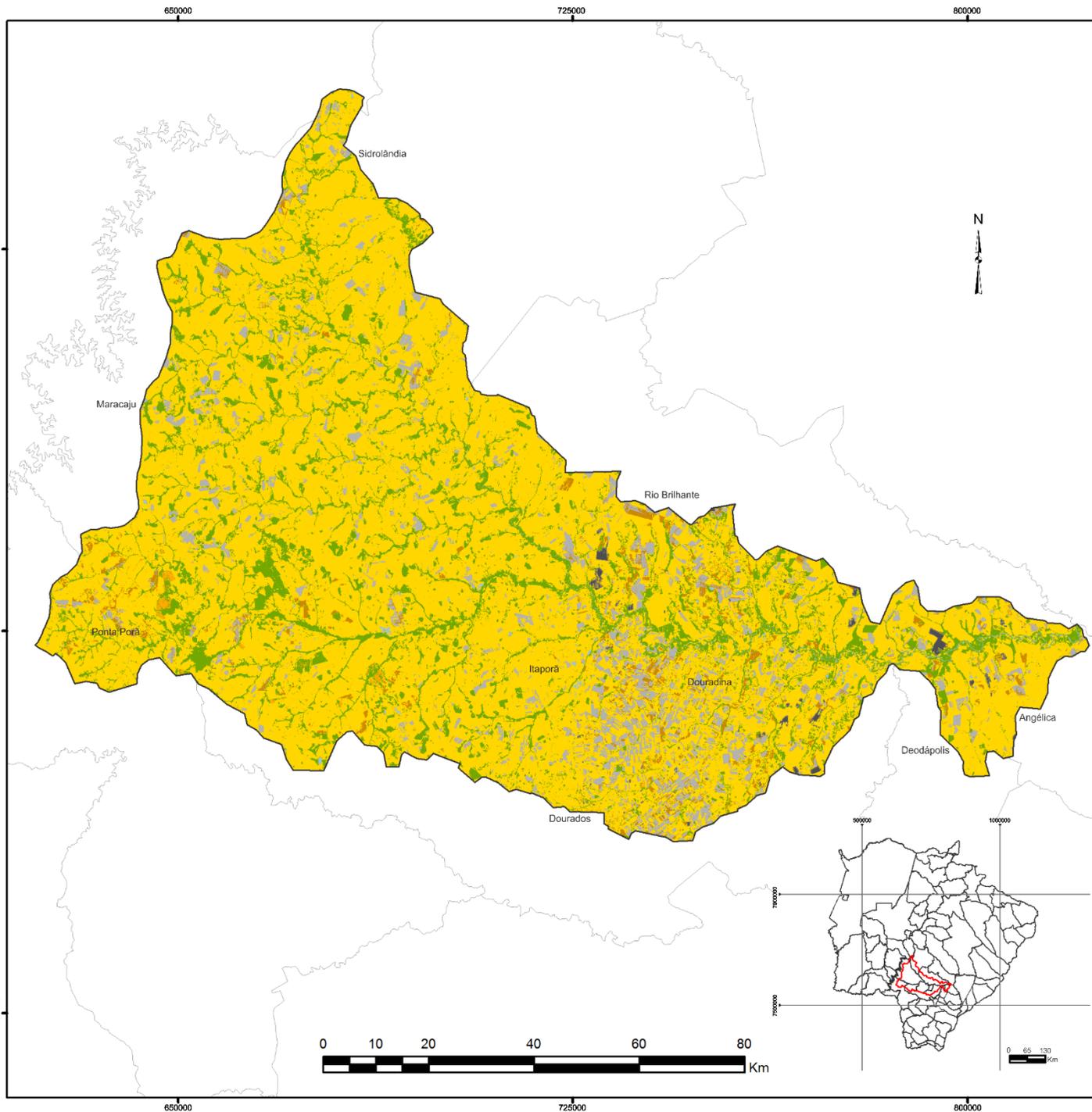


FIGURA 32: Uso e cobertura das terras em 2015 na bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS

LEGENDA

I. Classes de uso e cobertura das terras

- Área agrícola
- Vegetação nativa
- Pastagem
- Área urbanizada
- Silvicultura
- Corpos d'água
- Área descoberta
- Área queimada

II. Convenções cartográficas

- Bacia hidrográfica do Rio Brillante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016
 Fonte: OLI/Landsat-8, 2015

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



Em termos gerais os dados para análise do desempenho da classificação do uso e cobertura das terras obtido para os anos de 2001 e 2015 apresentam um ótimo nível de 93,06% de acurácia da classificação das imagens.

O cálculo de área realizado por meio da tabela de atributos pela ferramenta *Calculate Geometry* do ArcGis indica que em 2001 55% da área da bacia do Rio Brilhante correspondia ao uso agrícola. Em 2015 houve um aumento de 99,8% e atualmente 77% da área da bacia é ocupada por cultivos agrícolas. Ao somar todas as categorias de uso antrópico (áreas agrícolas, pastagem, silvicultura, solo exposto e área queimada) verifica-se que o uso das terras por atividades econômicas já está consolidado em 86,9% de toda área da bacia (Tabela 16).

Tabela 16. Área de uso e cobertura das terras na bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS.

Classe de uso e cobertura	2001		2015	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Áreas agrícolas	756.266	55,11	1.057.491	77,98
Florestas	123.970	9,03	169.141	12,47
Pastagem	381.126	27,77	27.576	2,03
Silvicultura	832	0,06	2.156	0,15
Corpos d'água	10.276	0,74	6.703	0,49
Solo exposto	95.563	6,96	89.315	6,58
Área queimada	4.315	0,31	3.605	0,26

Fonte: Ferreira (2016).

O mapeamento e classificação dessas categorias de uso e cobertura das terras revelam o predomínio da classe de áreas agrícolas no interior na bacia do Rio Brilhante, contrapondo-se a uma pequena parcela de fragmentos de vegetação natural, representados pelos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual e do Cerrado. Pode-se constatar que esta redução de áreas preservadas está associada ao histórico processo de ocupação que foi marcado pela introdução de práticas de manejo do solo, que promoveram radicalmente uma transformação no uso da terra, sobretudo nas últimas três décadas por meio de supressão vegetal para introdução de pastagens para criação de gado e para o cultivo agrícola.

Esse modelo de distribuição espacial pautado no uso das terras quase exclusivamente para atividades antrópicas pode ser considerado reflexo das ações desenvolvimentistas priorizado pelos setores econômicos, com destaque para as

atividades do setor agropecuário, que decorreu na redução indiscriminada das áreas de vegetação nativa ao longo do tempo.

Prioritariamente o uso da terra tanto desta quanto de outras regiões está intrinsecamente ligado às relações socioeconômicas e políticas que o norteiam. As áreas de cobertura vegetal nativa ainda presentes podem ser atribuídas, principalmente às restrições legais pertinentes as áreas protegidas, sobretudo a APP (Áreas de Preservação Permanente), reserva legal, terras indígenas e, ainda a áreas de limitação das atividades agrícolas, como locais de baixa fertilidade do solo, alto nível de declive e em regiões alagadas ou sujeitas à inundação. É importante ressaltar que estas áreas com vegetação original se encontram fragmentadas, isoladas e em muitas situações bem próximas onde a atividade predominante é a agricultura, o que acarreta, portanto, grande pressão dessa atividade sobre os remanescentes florestais.

A supressão da mata ciliar apresenta-se como um fator de alto impacto na condição quali-quantitativa do quadro ambiental e induz a uma série de consequências como o assoreamento dos cursos d'água, uma vez que a exposição dos solos para práticas econômicas agrícolas resulta no agravamento dos processos erosivos e transporte de materiais através da rede de drenagem que são carregados até o final dos leitos dos canais fluviais.

A ocupação de áreas com aptidão incompatível à capacidade de uso, manejo inadequado e falta de medidas conservacionistas acarretam em um contínuo de degradação do solo, como a compactação e a erosão. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990) solos sem cobertura vegetal, compactados e em constante movimento através do preparo mecanizado do cultivo são mais susceptíveis a desagregação e diminuição da capacidade de infiltração da água, conseqüentemente ao aumento do escoamento superficial.

De acordo com o ZEE/MS (MATO GROSSO DO SUL, 2002) a área da bacia do Rio Brilhante está inserida na Zona Serra de Maracaju (ZSM) e no Eixo de Desenvolvimento do Agronegócio. Esta região corresponde a existência de solos com boa e regular aptidão agrícola e a potencialidade aparece, predominantemente na condição média para alta. Neste contexto a presença de um terreno com baixa vulnerabilidade e com alta potencialidade classifica-se esta ZSM como zona de consolidação.

Estes fatores promoveram e ainda vem ocasionando as maiores pressões nesta região, sendo considerada a área mais crítica em relação a preservação da vegetação nativa do Estado. Por se tratar de uma região com grande desenvoltura econômica no campo, deve-se observar que ao longo da história houve um intenso desmatamento com grande prejuízo as matas existentes, especialmente a Mata de Dourados exuberante até o final dos anos 1960 (MATO GROSSO DO SUL, 2002). A ocupação e exploração dessa área é admissível desde que adotados sistemas de manejos adequados, em especial com as matas ciliares, várzeas e fragmentos de vegetação nativa existentes.

4.6. ÁREAS DE EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE NOS CENÁRIOS DE 2001 E 2015

Ao final do processo de classificação foi obtido um Plano de Informação (PI) temático contendo os polígonos referentes a cana-de-açúcar para os cenários de 2001 e 2015. Mediante ao cruzamento desse PI com as classes de NDVI geradas foi estimada a área plantada com cana em cada município. A fim de inferir maior confiabilidade e aumentar a exatidão dos dados das áreas ocupadas com cana realizou-se o processo de interpretação visual sobrepondo os dois níveis de informação obtidos com a imagem referente a cada período para definir se o polígono classificado correspondia de fato a cultura da cana-de-açúcar.

Considerando que o objetivo desta pesquisa era mapear as áreas ocupadas com cana nos anos de 2001 e 2015, esta etapa foi a mais prolongada no processo de obtenção dos resultados, já que exigiu um grande período de tempo para análise visual de cada polígono resultante da classificação automática supervisionada e do NDVI para o tema cana. Este trabalho de interpretação foi realizado após um levantamento de campo que teve como finalidade suprir as dúvidas em relação a alguns polígonos que não estavam claramente definidos.

Foram observados diferentes tipos de comportamento espectral para a cana-de-açúcar, notoriamente devido aos fatores relacionados ao ciclo produtivo da planta, mas outros aspectos como forma, textura, localização e padrão foram essenciais para separar eventuais confusões da classe cana com outros alvos.

Os resultados apontam que a bacia hidrográfica do Rio Brilhante tem atualmente 160.285 hectares de cana-de-açúcar um contraste com os 14.183 hectares de área ocupada com cana em 2001. Na tabela 17 são apresentados os valores de área (hectares) cultivada

com cana-de-açúcar para cada município inserido no âmbito da bacia nos cenários de 2001 e 2015, esse quantitativo foi obtido por meio de cálculo de área pela ferramenta *Calculate Geometry* no ArcGIS.

Tabela 17. Produção agrícola municipal da cana-de-açúcar na bacia do Rio Brilhante referente ao ano de 2015.

Município	2001		2015	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Angélica	0	0	10.537	6,94
Deodápolis	0	0	2.418	1,59
Douradina	0	0	183	0,12
Dourados	0	0	18.016	9,06
Itaporã	0	0	9.512	6,26
Maracaju	14.183	100	38.563	23,49
Ponta Porã	0	0	26.812	17,65
Rio Brilhante	0	0	54.244	29,53
Sidrolândia	0	0	8.192	5,36
TOTAL	14.183	100,0	160.285	100,0

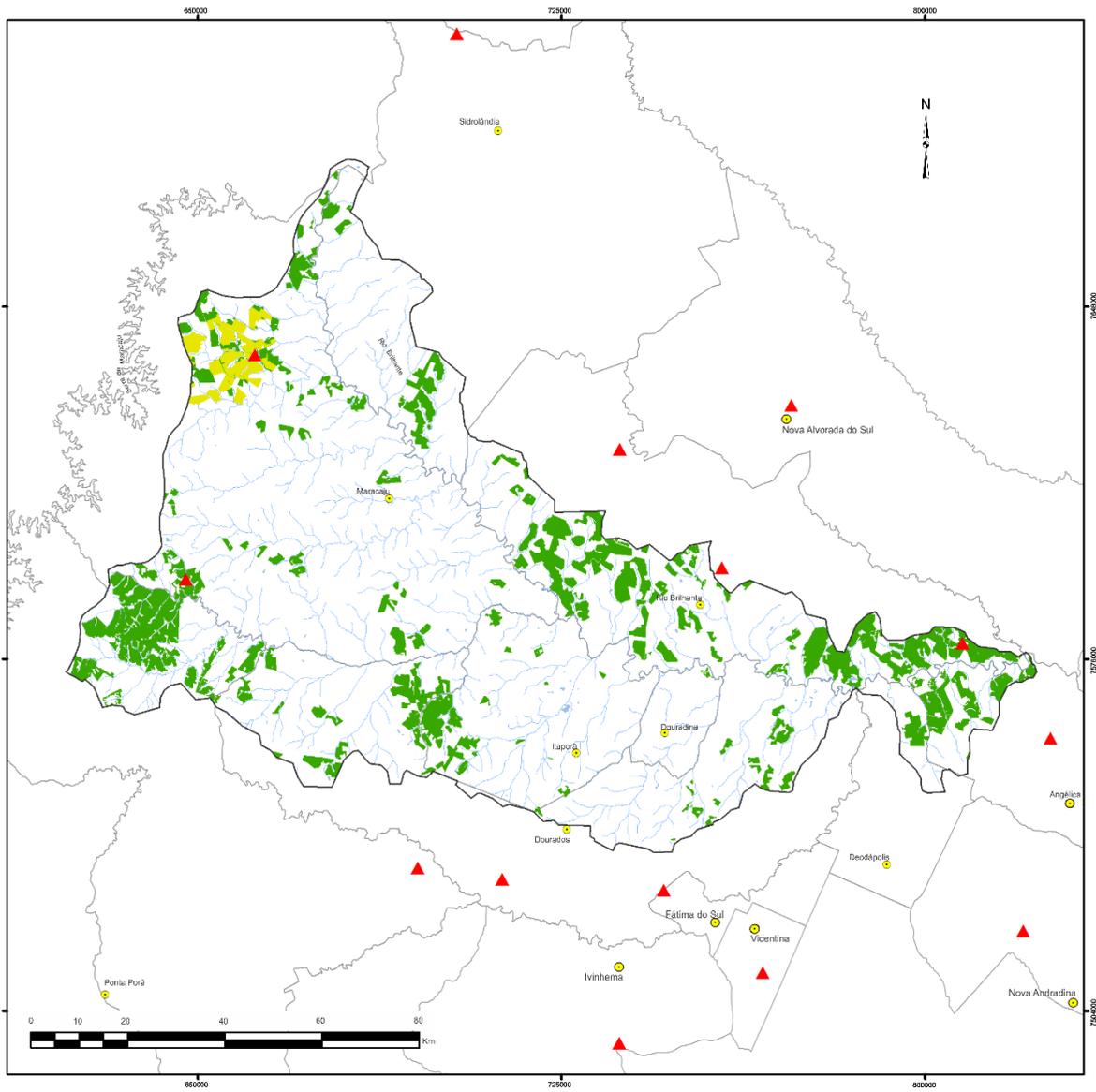
Fonte: Ferreira (2016).

Em 2001 os municípios de Rio Brilhante e Sidrolândia também contavam com áreas plantadas com cana-de-açúcar, mas fora da área da bacia, portanto só o município de Maracaju que apresentava área cultivada com cana no interior da área de pesquisa. Para o cenário de 2015 todos os municípios inseridos no âmbito da bacia possuem áreas cultivadas com a cultura.

Constata-se que os municípios que detêm maiores valores de área plantada na bacia são Rio Brilhante (29,5%), Maracaju (23,4%), Ponta Porã (17,6%) e Dourados (9%) respectivamente e juntos correspondem a quase 80% da área plantada desta bacia hidrográfica.

A integração e espacialização das categorias temáticas em ambiente SIG apresentaram-se como adequadas para atender aos objetivos da pesquisa, a utilização de imagens de sensoriamento remoto e o emprego das técnicas para obtenção do índice de vegetação foram fundamentais para identificar, mapear e quantificar as áreas de cultivo da cana-de-açúcar.

Após a sobreposição destas informações, foi gerado um mapa temático de ocupação cana para o ano de 2001 e as áreas de expansão da cultura no cenário de 2015. A Figura 33 apresenta a distribuição espacial da cana-de-açúcar nos para ambos os cenários na área da bacia do Rio Brilhante.

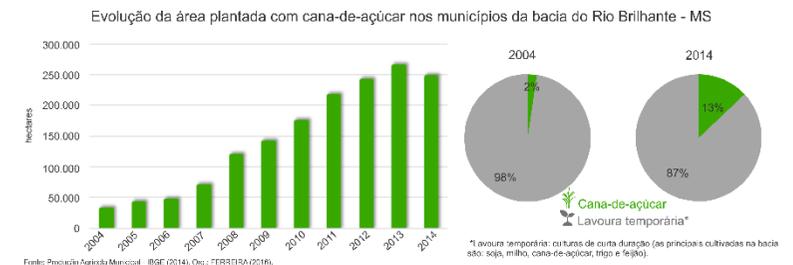
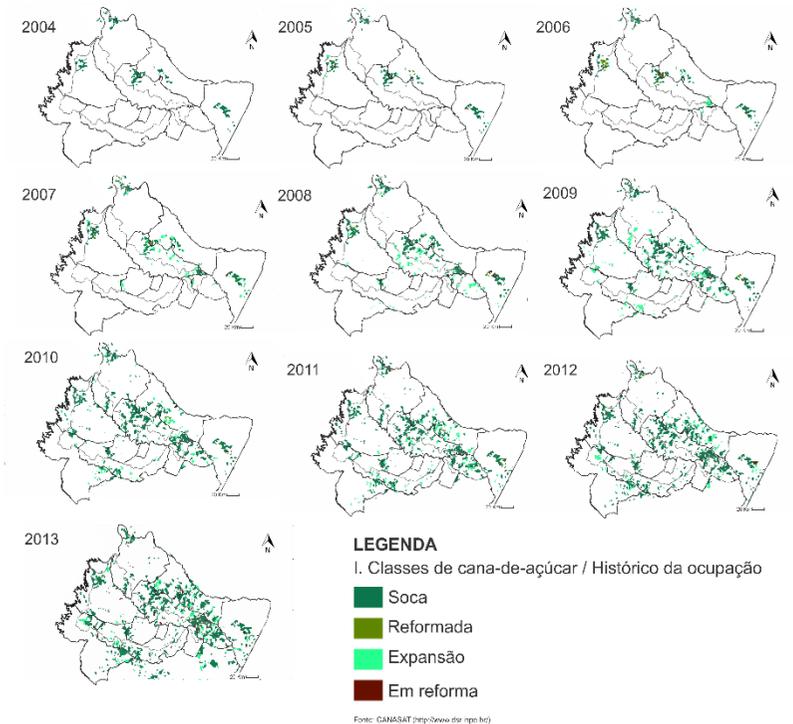


II. Área cultivada com cana-de-açúcar
 2001
 2015

III. Convenções cartográficas
 Rede hidrográfica
 Lagos
 Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
 Limite municipal



FIGURA 33: Ocupação da cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS em 2001 e 2015



Fonte de dados da base:
 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bases e Referenciais IBGE
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015. Escala original: 1: 250000
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator. Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016
 Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar
 Elaboração: Patrícia Silva Ferreira
 Orientador: Charlei Aparecido da Silva



4.7. FRAGILIDADE EMERGENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRILHANTE - MS

A bacia hidrográfica do Rio Brilhante considerada como uma unidade geossistêmica apresenta características intrínsecas (relevo, tipo de solo, cobertura vegetal, geologia e declividade) que revelam, de forma integrada, o aspecto denominado fragilidade ambiental. Inserindo a estes elementos naturais a ação antrópica, ou seja, incorporando-se fatores externos, é possível avaliar o nível de perturbação provocada por tais elementos. Neste sentido o resultado de fragilidade potencial ambiental da área constitui-se um importante estudo para demonstrar quais indicadores das dinâmicas sociais, econômicas e territoriais tem maior impacto sobre o geossistema e posteriormente subsidiar as ações para o planejamento ambiental.

Segundo Ross (1994) as fragilidades dos ambientes naturais são avaliadas no âmbito do planejamento territorial ambiental, baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Nesta concepção o meio é analisado sob a perspectiva geossistêmica, que parte do pressuposto de que “na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico” (ibid, p.65). No entanto este equilíbrio é frequentemente alterado pelas intervenções humanas nos mais diversos componentes naturais, acarretando em estado de desequilíbrio temporário e em alguns casos permanente.

Com base na fragilidade ambiental emergente pode-se obter um parâmetro para o grau de proteção que a cobertura vegetal existente oferece a determinadas áreas. O mapeamento da fragilidade ambiental determina as áreas mais vulneráveis a algum tipo de uso e ocupação, seja referente a determinado tipo de exploração econômica ou em decorrência de fatores naturais. Ghezzi (2003) corrobora afirmando que estudos de fragilidades ambientais permitem observar que determinado ambiente, que por natureza pode apresentar diferentes graus de fragilidade, se comporta ou pode conduzir-se com o advento da ação antrópica.

Para a análise da fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do Rio Brilhante foram considerados os aspectos relacionados ao tipo de solo, geomorfologia, geologia, declividade, cobertura vegetal e atual uso da terra. Após a elaboração dos produtos que subsidiaram direta e indiretamente a análise da fragilidade, o mapeamento dos aspectos citados, foram hierarquizados segundo os respectivos pesos de fragilidade para cada tema e cada classe para a derivação do mapa de fragilidade emergente.

Primeiramente foi necessário realizar a padronização dos *layers* (planos de informação) de cada critério utilizado, este procedimento consiste na transformação das informações básicas (solo, vegetação, uso da terra, geologia e geomorfologia) que estavam no formato vetorial (polígono) para o formato matricial (numérico), realizado por meio de equações lineares responsável pela modelagem da variação espacial das unidades, utilizando as rotinas de processamento inseridas no *ArcToolbox* o que permitiu a representação das informações de maneira contínua. Para a transformação dos dados em formato numérico (raster) obedeceram a uma tabela de ponderação que associa um determinado valor (peso) para cada categoria temática.

Ross (1994) hierarquizou em cinco categorias o aspecto pedológico, onde as classes de fragilidade basearam-se nas características dos solos, tais como: textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade dos horizontes. Para a área da pesquisa encontram-se presentes duas categorias apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 18. Classes de tipos de solos e respectivos graus de fragilidade.

Classes de Fragilidade	Tipo de solo	Peso
Baixa	Latossolos Vermelhos Distrófico e Eutrófico	1
Média	Gleissolo Háptico	2
Alta	Neossolo Litólico Eutrófico	3

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Ross (1994).

O fator de declividade também foi subsidiado pela hierarquização elaborada por Ross (1994) estabelecendo estes valores com base em estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola associados à riscos de erosão (Tabela 19).

Tabela 19. Classes de declividade e respectivos graus de fragilidade.

Classes de Fragilidade	Classes de Declividade (%)	Peso
Muito Baixa	até 3	1
Baixa	de 3 a 6	2
Média	de 6 a 15	3
Alta	de 15 a 20	4
Muito Alta	acima de 20	5

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Ross (1994).

Fundamentado na perda do solo por tipo de cultivo, Ross (1994) estabeleceu o grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal, em ordem inversa da fragilidade ambiental sendo 1 muito alta e 5 muito baixa. As áreas onde a cobertura correspondente à Floresta possui grau de proteção muito alto enquanto áreas de pastagens concedem proteção média aos solos e áreas de cultivo de culturas temporárias (como soja, milho e cana-de-açúcar) conferem baixa proteção aos solos favorecendo os processos erosivos e a instabilidade

ambiental. Corroborando com os estudos de Ross, Crepani et al., (2001) estabelece graus de fragilidade para cada tipo de cobertura vegetal (Tabela 20).

Tabela 20. Classes de tipos de vegetação e respectivos graus de proteção ambiental.

Grau de Fragilidade	Tipo de Cobertura Vegetal	Peso
Vulnerável	Áreas de desmatamento e queimadas, áreas com solo exposto, culturas de ciclo temporário, sobretudo sem práticas conservacionistas.	5
Moderadamente vulnerável	Culturas de ciclo temporário com cultivo em curvas de nível/terraceamento; áreas urbanizadas.	4
Medianamente Estável	Áreas de cobertura vegetal que apresentam formações de baixa densidade , como: pastagens com baixo pisoteio, cultivo de silvicultura recente e formações de Cerrado ralo.	3
Moderadamente Estável	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, , floresta secundária: Cerrado sentido restrito, plantio de Pinus e Eucalipto denso, pastagem cultivada e cultivo de culturas permanentes.	2
Estável	Áreas de vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual. Cerradão e Corpos d'água.	1

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Ross (1994) e Crepani et al., (2001).

As classes fragilidade para as unidades geológicas baseiam-se na hierarquização de Crepani et al., (2001) (Tabela 21) que constata que o Estado de Mato Grosso do Sul possui praticamente todo seu território dividido entre o Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná e a Planície do Pantanal Mato-Grossense. Segundo o autor as atividades econômicas desenvolvidas no interior destas duas grandes feições geomorfológicas são basicamente agropecuárias: pecuária e agricultura extensivas no Planalto e pecuária extensiva na Planície.

Tabela 21. Classes de unidades geológicas e respectivos graus de fragilidade.

Classes de Fragilidade	Classes Geológicas	Peso
Moderada	Formação Serra Geral	1
Média	Formação Caiuá	3

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Crepani et al. (2001).

Os valores da escala de fragilidade para as unidades relacionadas a geomorfologia são definidas por Crepani et al., (2001) onde são analisados a dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétricas e declividade, estes fatores morfométricos do terreno estabelecem a hierarquização das classes geomorfológicas, conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22. Classes de unidades geomorfológicas e respectivos graus de fragilidade.

Classes de Fragilidade	Classes Geomorfológica	Peso
Muito Fraca	Planalto de Maracaju	1
Fraca	Planalto de Dourados	2
Média	Divisores das Sub-Bacias Meridionais	3

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Crepani et al. (2001).

A variável de uso da terra foi definida a partir da análise da área estudada e atribuição de pesos, sendo que pesos mais altos expressam graus mais baixos de proteção ambiental e os pesos com valores baixos indicam ambientes em estado homeostático como indicado na tabela a seguir.

Tabela 23. Classes de uso da terra e atribuição de pesos.

Classes de Fragilidade	Classes de Uso da Terra	Peso
Muito Baixa	Floresta e Corpos d'água	1
Baixa	Cerrado	2
Média	Área urbanizada	3
Alta	Pastagem	4
Muito Alta	Agricultura	5

Fonte: Ferreira (2016).

Como pode-se perceber além de considerar os elementos naturais o fator antrópico também foi incluído para a determinação da fragilidade da bacia. Tal fator corresponde a forma que a ação antrópica utiliza a terra, sobretudo considerando a interferência que este componente exerce sobre o ambiente e as consequências dessa apropriação.

As áreas que correspondem a agricultura, sobretudo com o cultivo de culturas de ciclo curto (soja, milho e cana-de-açúcar) não asseguram a proteção devida aos solos, sendo incluídas na categoria de maior fragilidade. Considerando ainda que as condições do solo exposto pós-colheita representam uma condição vulnerável em relação ao escoamento superficial e abrem caminho para a ação intensificada dos processos erosivos, atribuiu-se para estas classes maior peso.

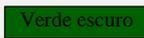
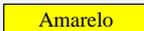
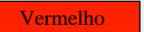
Apesar de se caracterizar como uso antrópico as áreas de pastagens fornecem o mínimo de proteção as áreas, uma vez que esta atividade não envolve o manejo do solo e assegura o recobrimento da cobertura vegetal rasteira. As áreas de maior proteção e fragilidade mais baixa estão relacionadas à categoria de Floresta, sobretudo, remanescentes da mata ciliar e fragmentos do Cerrado, as áreas de cobertura vegetal densa propiciam alta proteção em relação ao escoamento superficial e processos de erosão. Áreas recobertas por Cerrado com estrato arbóreo mais ralo e esparsos conferem um grau

mais baixo de proteção quando comparado à classe de Floresta, ainda assim asseguram alto grau de proteção destas áreas.

Depois de estabelecidos os critérios e os pesos de cada classe foi realizado o cruzamento das informações por meio da implementação da álgebra de mapas no ArcGis utilizando a ferramenta *Spatial Analyst Tools* e operações de análise no *Raster Calculator*, foi possível gerar o mapa de fragilidade emergente.

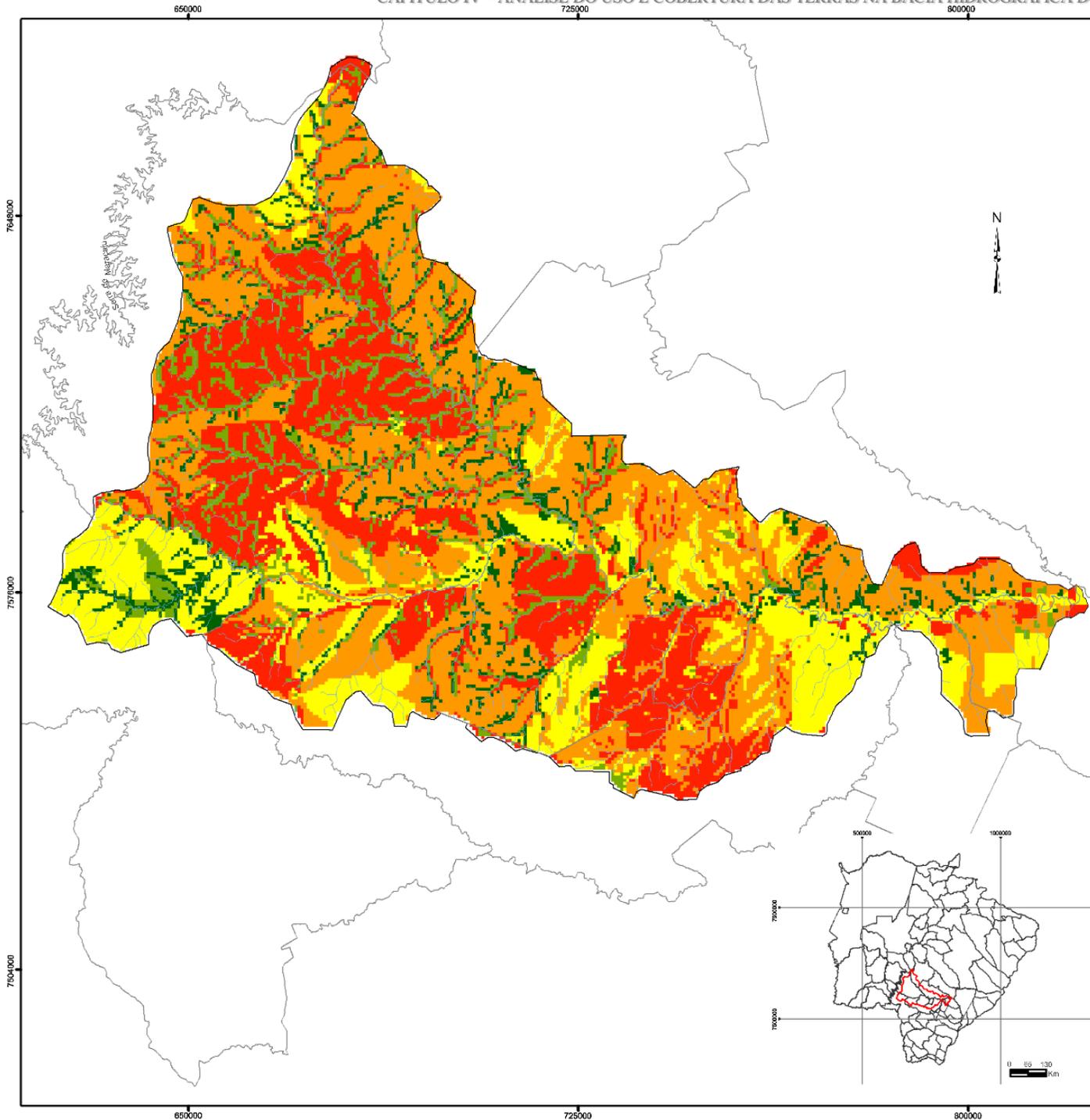
O mapeamento correspondente à fragilidade emergente, foi fatiada em intervalos de cinco classes temáticas gerando desta maneira, o mapa de fragilidade emergente, conforme nota-se na tabela apresentada a seguir.

Tabela 24. Áreas correspondentes a fragilidade ambiental na bacia do Rio Brilhante – MS.

Classes de Fragilidade	Características	Cores correspondentes	Padrão de cores		
			R	G	B
Muito Baixa	Áreas preservadas com elevado grau homeostático, possuem alto nível de resiliência, decorrente do tipo de ocupação, cobertura vegetal e das características do geossistema.		0	97	0
Baixa	Áreas que absorvem os impactos ambientais e pressões decorrentes do uso e ocupação. As características do geossistema implicam poucas restrições, exceto quando encontradas em locais protegidos por lei, o que acontece na maioria das vezes.		122	171	0
Média	Nestas áreas é possível identificar alguns tipos de uso e ocupação no limite aceitável para este nível de fragilidade. São áreas que necessitam da adoção de medidas mitigadoras para que o equilíbrio dinâmico não seja ainda mais comprometido. Faz-se necessário o monitoramento ambiental para acompanhamento do quadro ambiental.		255	255	0
Alta	Nestas áreas podem ser identificados impactos ambientais com alto grau de perturbação, cujo uso e ocupação não condiz com a organização e funcionamento do geossistema, desta maneira encontram-se significativamente afetadas e em desequilíbrio ambiental.		255	153	0
Muito Alta	Áreas com alto grau de saturação de impactos ambientais, possuem grau de resiliência extremamente baixo, com poucas chances de recuperação da estrutura inicial. Estas áreas são diretamente afetadas pelo uso e ocupação antrópico já consolidado, onde as características geossistêmicas estão profundamente comprometidas.		255	34	0

Fonte: Ferreira (2016) adaptado de Silva (2006).

FIGURA 34: Fragilidade emergente da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS



LEGENDA

I. Classes de Fragilidade

Níveis de fragilidade	Características
Muito Baixa	Áreas preservadas com alto grau homeostático e alto nível de resiliência.
Baixa	Áreas que absorvem os impactos ambientais e pressões decorrentes do uso e ocupação.
Média	Áreas que são identificados alguns tipos de uso e ocupação no limite aceitável para este nível de fragilidade.
Alta	Áreas que podem ser identificados impactos ambientais com alto grau de perturbação.
Muito Alta	Áreas com alto grau de saturação de impactos ambientais, possuem grau de resiliência extremamente baixo, com poucas chances de recuperação da estrutura inicial

II. Convenções cartográficas

- Rede hidrográfica
- Bacia hidrográfica do Rio Brilhante
- Limite municipal

Fonte de dados da base:
 Malha municipal digital, 2010 / Hidrografia, 2015
 Sistema de Projeção: UTM - Datum: Sirgas 2000
 Escala original: 1: 250000

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Datum: Sirgas 2000 - Data: 03/2016

MESTRADO / 2016

Dinâmicas territoriais: Uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do Rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar

Elaboração: Patricia Silva Ferreira

Orientador: Charlei Aparecido da Silva



Os resultados apontam que as classes de fragilidade média e alta se concentram na região da cabeceira da bacia próxima a região da Serra de Maracaju (Figura 34). Com relação as classes de fragilidade emergente encontradas, destaca-se a classe alta que corresponde a maior porção com 37,9% da área total e a muito baixa com a menor representatividade, correspondendo a 5,9% da área da bacia (Tabela 25). Constata-se ainda diversos pontos de conflito nas proximidades de dos corpos d'água superficiais, sobretudo onde a rede hidrográfica fluvial possuiu grande quantidade de afluentes e subafluentes, de fato o uso da terra para agricultura têm se aproximado exponencialmente das margens dos cursos d'água.

Tabela 25. Índices de avaliação da fragilidade emergente na bacia do Rio Brilhante – MS.

Classes de Fragilidade	Área (hectares)	%
Muito Baixa	71.350	5,9
Baixa	106.033	9,8
Média	212.604	18,8
Alta	426.016	37,9
Muito Alta	304.980	27,6
TOTAL	1.265.200	100,0

Fonte: Ferreira (2016).

De acordo com Silva (2006) as classes de fragilidade indicam quanto um ambiente é capaz de absorver de energia externa e é impactado por ações antrópicas, acarretando em estados de desequilíbrios ambientais que podem ser temporários e/ou permanentes. Neste sentido as classes de fragilidade apresentadas exprimem os diferentes níveis de resiliência de cada ambiente, ou seja, demonstram a capacidade de absorção dos impactos o que é fundamental para o estabelecimento de áreas onde deve-se restringir a ocupação de determinadas atividades econômicas com alto grau de perturbação do ambiente.

A ocupação de novas áreas caracterizadas com nível alto de fragilidade, sobretudo por atividades econômicas relacionadas a agricultura, sem o indispensável zoneamento ecológico - econômico que deveria anteceder-la, pode causar enormes problemas na forma de perda do solo e assoreamento de rios no planalto e elevação no nível de inundações por ocasião das cheias na planície. A continuidade desse uso do solo sem a adoção de técnicas que diminuam o impacto causado pelo desmatamento indiscriminado acelera brutalmente uma situação naturalmente preocupante devido à vocação para perda de solo apresentada pelo Planalto e de acumulação de sedimentos pela Planície.

4.8. ANÁLISE DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: OS DESAFIOS FUTUROS, A ARTICULAÇÃO DOS CENÁRIOS E AS POSSIBILIDADES QUE SURGEM

As cartas de uso e cobertura das terras para os cenários de 2001 e 2015 juntamente com as cartas das características geossistêmicas (relevo, hipsometria, declividade, clima, hidrografia, vegetação e fragilidade) foram elaboradas a fim de fornecer uma compreensão espacial das principais atividades econômicas desenvolvidas na região, o processo de expansão da cana-de-açúcar na área de estudo associado a isso quais as características físicas que mais favoreceriam a ocupação econômica da área objeto da pesquisa.

Os resultados apontam que uma das principais características desta bacia hidrográfica está relacionada à diversidade de usos. As múltiplas formas de ocupação são fomentadas por suas características físicas dominantes, assim como o seu potencial hídrico, constituído por uma significativa densidade da rede de drenagem, o que garante disponibilidade hídrica ao longo de todo período do ano, mesmo nas estações mais secas.

O perfil do relevo revela a predominância de fundos de vale planos, o que possibilita a constituição de extensões de acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas, ao longo de toda rede de drenagem. O relevo constituído por grandes extensões de áreas planas a suavemente onduladas associado ao baixo declive e a existência de um solo profundo, acentuadamente drenados e permeáveis asseguram uma alta capacidade de infiltração e recarga da água no interior da bacia, do seu talvegue principal contribuindo para existência de cursos d'água perenes e de escoamento lento em toda extensão de sua rede de drenagem, com maior índice de drenagem em sua margem direita.

O principal curso d'água da bacia é o rio Brilhante que se estende por aproximadamente 380 km, desde sua nascente, situada no interior da Serra de Maracaju, na porção noroeste da bacia, a jusante do município de Sidrolândia, até sua foz na margem esquerda do rio Ivinhema, à montante da bacia do rio Dourados, na divisa com o município de Deodópolis. De sua extensão total, aproximadamente 114 Km correspondente ao seu alto curso, 44 Km ao médio curso e 98 Km ao baixo curso.

A bacia do Rio Brilhante é constituída principalmente por propriedades rurais, ocupadas por agricultura comercial, onde predominam as culturas de soja e milho. Mais recentemente se observa o avanço da cultura da cana-de-açúcar nesta área. Deste modo, esta bacia apresenta potencial possibilidade para intensificação da atividade

sucroenergética já que a mesma se encontra na rota da expansão da cultura da cana-de-açúcar, motivada principalmente pelas condições físicas favoráveis desta unidade hidrográfica constituída, principalmente de um relevo basicamente plano e de baixa declividade, associada às características físico-estruturais do Latossolo Vermelho. Estas características levaram a bacia do Rio Brilhante a se configurar como grande atrativo à agricultura mecanizada. A influência desses fatores na promoção de transformações do uso e cobertura das terras no interior dessa bacia é premente para um período de curto a médio prazo.

Mesmo que estas características físicas da bacia indiquem para uma estabilidade morfológica das vertentes, a supressão da vegetação nativa, a implantação de vias de acesso e o manejo agrícola que promove a exposição do solo pós-colheita, são situações que contribuem para intensificação da erosão laminar em grandes extensões das áreas de ocupação econômica, especialmente em períodos de chuva, quando se concentram as colheitas de verão.

Os resultados obtidos demonstram que 160.285 hectares da área total desta bacia hidrográfica é cultivada com cana-de-açúcar, o que resulta num incremento de 1030% da área plantada desde 2001 até 2015 nos municípios que estão inseridos em seu interior, nesse estágio a atividade canavieira pode ser apontada como a atividade econômica mais crescente nesta bacia.

Percebe-se que esta região passou por um rápido crescimento econômico em um curto período de tempo, transformando-se, recentemente em um novo polo de produção de açúcar e álcool. Além dos aspectos físicos favoráveis para o cultivo da cana, há alguns fatores determinantes para a instalação das 14 usinas no interior e na área de influência (raio de 50km) da bacia do Rio Brilhante, como a infraestrutura de transporte que facilita o escoamento da produção, as redes de energia elétrica conectadas ao sistema nacional e a concessão de incentivos fiscais por parte do Estado.

A implantação de diversos empreendimentos agropecuários, sobretudo do setor sucroenergético, vem ocasionando a abertura de novas áreas para o cultivo, substituindo mais intensamente áreas de vegetação natural e já ocupadas por agricultura ao invés de áreas de pastagens, recomendadas por serem áreas em processo de degradação ou já impactadas, condição que desmitifica e vai ao contrário de falas governamentais e

empresariais de que a cultura está ocupando efetivamente as áreas de pecuária, locais com solos impactados.

Com a valorização dos biocombustíveis prevê-se o aumento e intensificação do uso do solo antrópico para o cultivo da cana-de-açúcar, também induzida pela implantação das unidades industriais de processamento e a melhoria na infraestrutura viária, esses fatores constituem-se como indutores na expansão desta cultura.

Sabe-se que grandes áreas de monocultura canavieira geram impactos ambientais de diversos níveis e intensidades, já constatado nos Estados de São Paulo e Goiás, grandes produtores de cana-de-açúcar. Tal condição expõe a necessidade da instituição e implementação de instrumentos de regulação que, partindo da premissa do planejamento ambiental, possam normatizar a ocupação exclusiva da cana-de-açúcar, precavendo-se dos potenciais danos desta atividade sobre o equilíbrio do quadro ambiental, especialmente na manutenção dos recursos hídricos e remanescentes florestais.

Além da importância implícita à proteção dos recursos naturais, essas medidas se tornam ainda mais pertinentes e primordiais, quando considerado que o avanço da cana-de-açúcar tem início e grande intensidade na parte alta da bacia onde se encontram o maior número de nascentes e o padrão da rede de drenagem é mais denso. Na parte baixa da bacia onde os rios Brilhante, Dourados e Vacaria se juntam para formar o rio Ivinhema também expõe várias áreas de cultivo da cana-de-açúcar, sobretudo na área de limite entre o município de Rio Brilhante e Angélica.

As atividades que se apresentam como potenciais tensores são aquelas que empregam frequentemente técnicas de tratamento químico do solo no cultivo das culturas aliado aos efeitos de lixiviação do solo convertem os cursos fluviais no principal condutor de nutrientes, poluentes e contaminantes para os subsistemas da bacia. As condições em que se encontram as APP por exemplo, são fundamentais no controle da entrada de sedimentos e defensivos agrícolas da parte alta das vertentes para o interior da rede de drenagem.

Em um cenário anterior a expansão da cana-de-açúcar, esta bacia já revelava diversas formas de ocupação e uso das terras, como já constatado, sem dispor de critérios e de instrumentos que possibilitassem ordenar e assegurar a manutenção do equilíbrio ambiental. Esta condição apresenta-se mais alarmante visto que a bacia está situada em

uma região de ligação entre a parte mais consolidada economicamente do Estado, delimitada pelo eixo Campo Grande/ Dourados/ Maracaju.

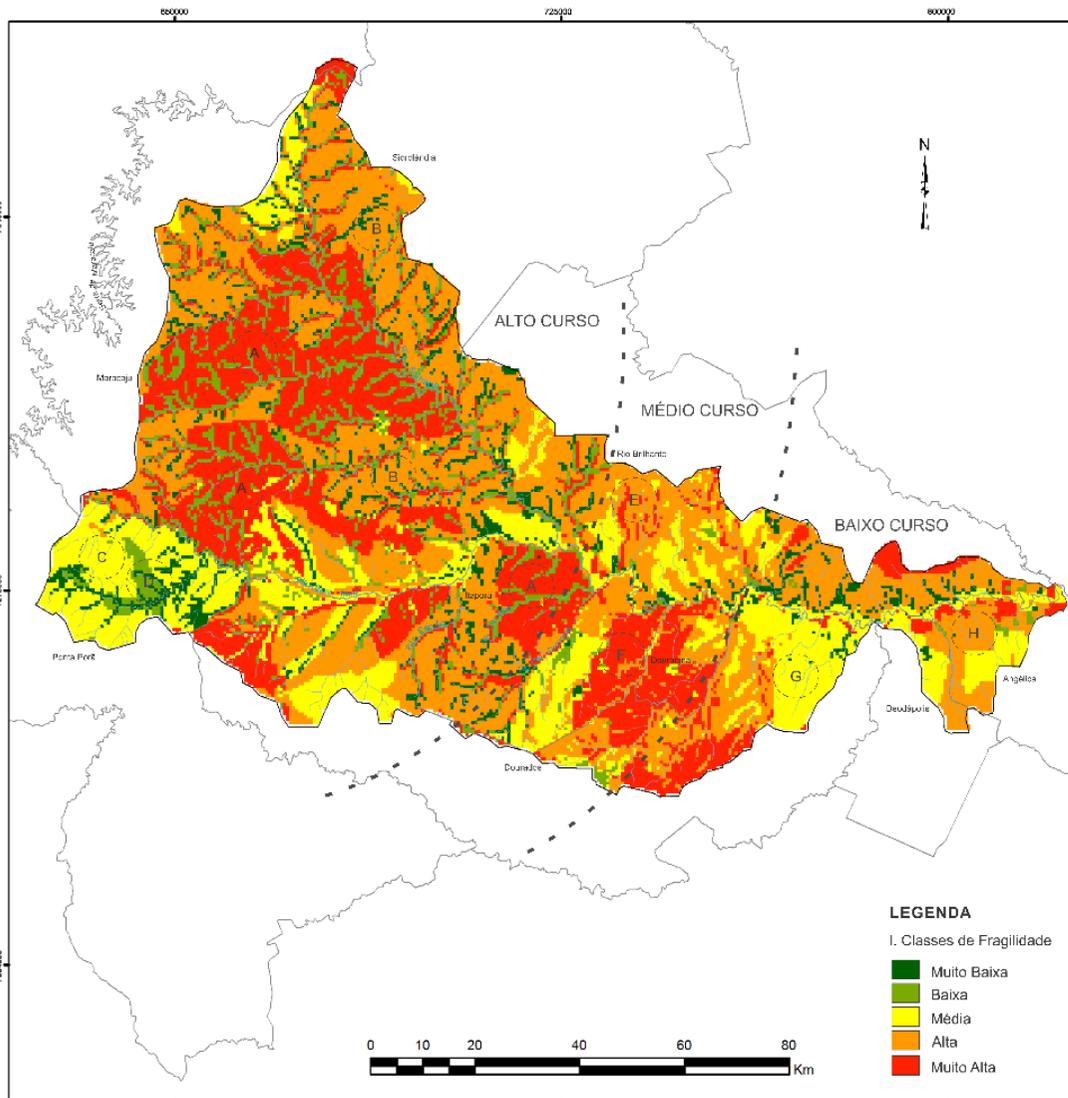
A projeção da ocupação da cana-de-açúcar, já prevista e regulamentada por lei suscita a preocupação quanto a fragilidade no planejamento das áreas de ocupação da cultura, em face da possibilidade de comprometimento do equilíbrio ambiental na bacia do Rio Brilhante ao longo do tempo, com o processo de expansão, precedente ao que se verificou no Estado de São Paulo, por exemplo.

A consolidação do processo de expansão da cana na parte alta e média da bacia ao longo do tempo, caso se exceda de planejamento e práticas conservacionistas poderia implicar no comprometimento dos processos que envolvem a dinâmica ambiental desta área.

Esta situação de expansão imposta à bacia e seu entorno, constitui um desafio para que se tenha em vista uma regulamentação que seja cumprida de maneira eficiente e que, assim, possibilitem a garantia do controle dos fatores potenciais de alteração do quadro ambiental da bacia.

A Figura 35 expressa uma primeira aproximação a fim de entender o sistema ambiental, quais as condicionantes que levaram ao uso e ocupação extensiva das terras pelas atividades ligadas, principalmente a agropecuária e mais recentemente ao setor sucroenergético. Em conjunto, as informações levantadas referentes as características geossistêmicas permitem identificar as interações entre natureza e sociedade. Posto isso, este mapa final síntese constitui-se em um ótimo instrumento para subsidiar o diagnóstico ambiental da área da pesquisa além de definir os elementos de pressão interna e externa deste território, tal produto é passível de ser utilizado para o ordenamento territorial nesta área, ao que se refere a tomada de decisões no âmbito das políticas públicas.

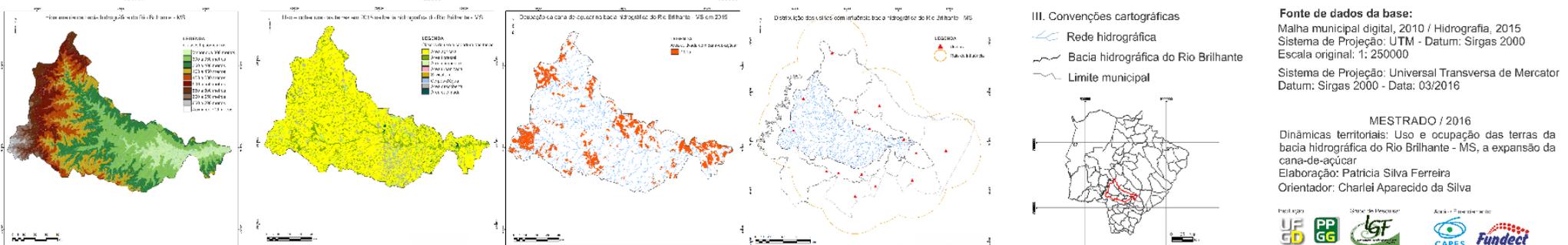
FIGURA 35: Mapa do sistema ambiental da bacia hidrográfica do Rio Brillante - MS em função de sua fragilidade ambiental



II. Síntese da bacia

A Áreas para análise

Divisão da bacia	Características	Uso das terras	Diagnóstico / Prognose
ALTO CURSO	Composto por modelos de dissecação tabulares e colinosos acompanhados de algumas áreas escarpadas em toda faixa noroeste a sudoeste. O ponto culminante é na Serra de Maracaju, com elevação máxima de 750 metros acima do nível do mar, o que dá uma inclinação do relevo de oeste para leste. Na porção centro-leste encontram-se áreas de relevo plano a moderadamente ondulado. A maior parte desta área é composta por declividades suaves, associada à área de acumulação nas proximidades das principais drenagens. Constituídas por rochas basálticas da formação Serra Geral e Caiua (Grupo São Bento), recobertas por Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa apresentando fertilidade natural variável (alta e baixa), profundos, acidentadamente drenados, muito porosos e permeáveis, com baixa suscetibilidade à erosão, favoráveis ao uso agropecuário. Junto a margem dos cursos d'água, especificamente no Rio Santa Maria verifica-se a ocorrência Gleissolo háplico, geralmente de elevada fertilidade natural. A precipitação varia entre 1.500 a 1.700 mm, bem distribuída durante o ano, com período seco inferior a 4 meses.	O principal uso e ocupação das terras na parte da cabeceira da bacia é caracterizado pela exploração econômica da agricultura (soja, milho, cana-de-açúcar e trigo) e da pecuária, principalmente para gado de corte. Esta se caracteriza como a principal atividade econômica desenvolvida nesta porção e se estende em todos os municípios da parte alta da bacia (Sídrolândia, Maracaju, Ponta Porã, Dourados, Itaporã e Rio Brillante), sendo o município de Dourados o principal polo industrial, comercial e de serviços da região. Devido ao fato de que esta região passou por um acelerado crescimento econômico neste setor restam hoje poucos fragmentos da cobertura vegetal original. No cenário atual esta região vem se transformando em polo de produção de açúcar e álcool no Estado. Das 25 unidades industriais desse segmento em operação atualmente em Mato Grosso do Sul e das 14 encontradas no interior e na área de influência da bacia, 5 unidades estão localizadas nesta porção e na zona de influência. É possível constatar que as características físicas fomentam o uso e ocupação agrícola, apesar de apresentar uma faixa com altitude mais elevada, tal condição não impediu a expansão da cana-de-açúcar nestas áreas já que em praticamente todas a porção a declividade das vertentes é inferior a 5% o que favorece as operações mecanizadas.	A classe mais representativa na porção alta da bacia é a de fragilidade alta (B). Em contrapartida as áreas mais estáveis e em equilíbrio dinâmico correspondem às classes de fragilidade muito baixa ou baixa (D) encontradas em locais mais preservados, seguida pela classe de fragilidade média (C). Os resultados apontam que a expansão do cana-de-açúcar vem ocorrendo nas áreas menos impactadas e com solos mais férteis, o que vai ao contrário das falas governamentais de que a cana está ocupando efetivamente as áreas do pastagem, solos mais degradados. As áreas caracterizadas com índice muito alto de fragilidade (A) atualmente correspondem a locais de solos saturados e com ocupação econômica extensiva que diminui as chances de recuperação para o estágio inicial. Portanto para a ocupação destas áreas é indispensável o uso de técnicas conservacionistas, que devem anteceder o uso e ocupação, sem o devido monitoramento estas áreas estão sujeitas a grandes problemas como a perda do solo por intensificação dos processos erosivos e comprometimento das áreas homeostáticas.
MÉDIO CURSO	O médio curso da bacia é considerado uma área estreita e de transição. Localizado no planalto esta área não ultrapassa 450 metros de altitude, contendo-se por um relevo levemente ondulado e em áreas de menor proporção ocorrem as áreas planas com declividades entre 0 a 5%. Verifica-se a predominância do Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa e caráter álico, portanto, baixa fertilidade natural, ao longo do Rio Brillante pode ser encontrada a classe dos Gleissolos hápicos de elevada fertilidade natural. As precipitações são regulares variando entre 1.500 e 1.700 mm e o período seco é inferior a 4 meses.	O uso e ocupação das terras no médio curso bacia é voltado a agricultura e pecuária, do fato a maior concentração do uso das terras desta área é para o cultivo da soja e do milho. Pode-se notar que as características do relevo plano a suave ondulado e de baixas declividades não oferecem nenhum impedimento para a exploração econômica, nem tampouco à utilização do maquinário para o manejo agrícola. Nesta região da bacia a ocupação da cana-de-açúcar é praticamente exclusiva ao município de Rio Brillante, mas vem se expandindo e ganhando espaço a partir da porção norte. São encontradas 3 unidades industriais do setor sucroenergético nesta área.	O médio curso possui maior abrangência da classe alta de fragilidade (E) que se estende por toda porção norte da bacia. Há uma mancha de fragilidade muito alta (F) que inclui quase toda área do município de Douradina e parte do município de Itaporã, nesta região ocorre grande parcelamento do solo para cultivos agrícolas e a criação do gado para corte é muito intensa. Prevê-se a aceleração e intensificação da expansão da cana-de-açúcar, haja vista que esta área possui boa aptidão para tal uso, induzida pelo avanço da cultura na margem direita do rio Brillante e pela presença de unidades sucroenergéticas instaladas nas proximidades, precedente ao que se verificou no baixo curso da bacia.
BAIXO CURSO	Há predominância dos modelos de dissecação, tanto tabulares como colinosos, assim como os relevos planos na sua porção central justificam sua declividade de 2 e 5%. São encontradas acumulações fluviais próximo dos cursos d'água mais significativos onde prevalece a formação de rochas sedimentares da unidade Serra Geral e Caiua. Quase toda extensão do baixo curso da bacia está localizada em altitude entre 250 e 300 metros, os pontos mais altos estão localizados na extremidade sul porém atinge até 450 metros de altitude. Ocorrência significativa de Latossolo Vermelho Distrófico, de textura média, com baixa fertilidade natural o que requer a aplicação de corretivos e fertilizantes para viabilizar sua exploração. A precipitação média encontrada entre 1.400 e 1.700 mm, sendo bem distribuída ao longo do ano.	Esta área apresenta alto potencial para atividades agropecuárias, principalmente por suas condições naturais de relevo, solo e clima. Apesar da limitação de fertilidade do solo as condições geográficas desta porção aliadas ao solo mais espesso e de elevada permeabilidade não inereem nenhum impedimento quanto à mecanização e conformam-lhes excelente potencial para utilização agrícola intensiva, o que explica a exploração extensiva da agricultura e o alto índice de ocupação da cana-de-açúcar nestas áreas. Considerando os municípios que estão inseridos no âmbito da bacia, Angélica foi o município que apresentou maior crescimento da área plantada com cana-de-açúcar durante os últimos anos. Tal informação é reforçada quando se verifica que há 7 unidades de processamento de cana-de-açúcar instaladas na região do baixo curso da bacia.	Nesta porção da bacia as áreas de fragilidade mais significativas correspondem às classes média (G) e alta (H). A distribuição espacial das principais atividades desenvolvidas na parte baixa da bacia está pautada no uso das terras quase exclusivamente por atividades antrópicas, priorizada pelo setor agropecuário, que decorreu na redução indiscriminada das áreas de vegetação nativa ao longo do tempo. Com a intensificação do uso do solo agrícola sem o emprego de medidas conservacionistas estas áreas tenderam a ação dos processos erosivos, presente em vários municípios desta região, como por exemplo o caso da ravina em Ivinhema (limite com Angélica e Decápolis), tal efeito sugere a perda da capacidade de suporte das áreas naturais.



A divisão da bacia em alto, médio e baixo curso não segue a densidade dos canais, como rotineiramente é empregado. Os elementos que foram considerados prioritários para definir esta classificação são: o uso e cobertura das terras, a hipsometria, a hidrografia e a declividade. O cruzamento destas informações resultou em áreas homologas, ou seja, que possuem semelhanças entre si. Neste sentido, a determinação destes compartimentos obedece ao critério de homogeneidade, o que facilita a caracterização das mesmas e auxilia no diagnóstico e prognóstico.

Cabe aqui ressaltar que o sistema ambiental é entendido a partir da Figura 36 de Silva (2003). Conduzindo a interação dialética dos três segmentos que norteiam o território: o geossistema, o subsistema sociocultural e subsistema político-econômico. Assim, é imprescindível conhecer as características das principais atividades econômicas desenvolvidas e as principais condicionantes de ocupação da área nas escalas política, econômica e ambiental.

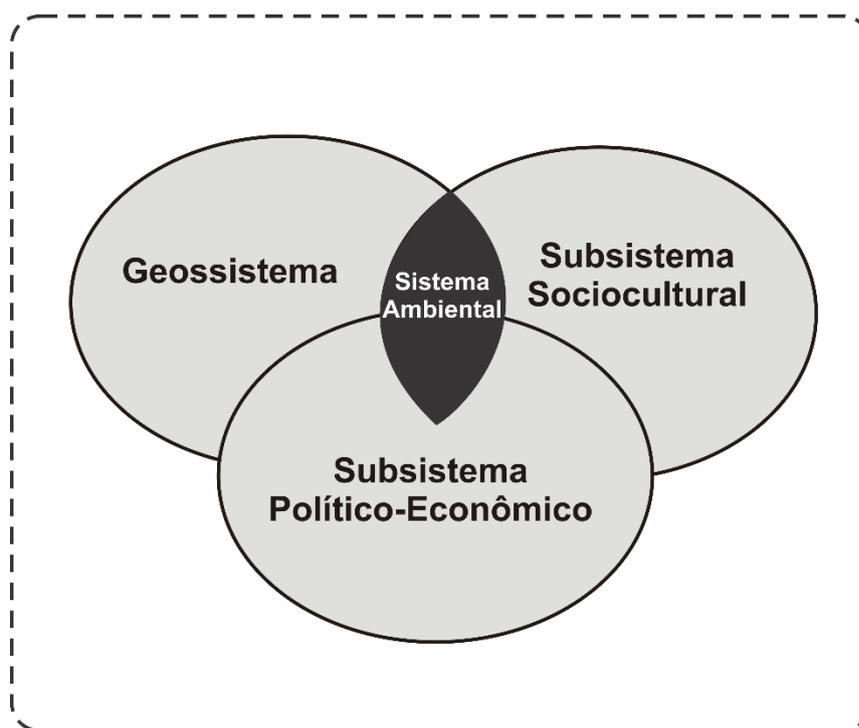


Figura 36. Processo de interação dos sistemas ambientais.
Fonte: Adaptado de Beni (2002, p. 51) apud Silva (2006).

Com base no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977) que definiu que os ambientes quando se encontram em equilíbrio são estáveis, quando em desequilíbrio são instáveis. É possível separar as classes de fragilidade em três níveis de utilização: *Estável* (baixa e muito baixa) quando as áreas estiverem protegidas, recobertas

por vegetação nativa ou corpos d'água; *Intermediário* (média), de modo que o uso esteja conciliado de acordo com as restrições ambientais; *Instável* (alta e muito alta) quando o uso for incompatível a capacidade de suporte e resiliência.

Neste mapa final foram avaliados como as dinâmicas do processo de ocupação das terras pressionam o meio natural e as consequências quanto aos impactos no estado de equilíbrio ambiental. Aqui são consideradas as transformações sofridas em função do modelo de desenvolvimento adotado ao longo dos anos associado a avaliação da situação ambiental atual destas áreas decorrentes das pressões antrópicas e ainda a fragilidade emergente das áreas e seus efeitos pelo uso e ocupação das terras já consolidado por atividades antrópicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho em nível de Mestrado constitui-se em um estudo a respeito da análise geossistêmica adotando como recorte espacial a bacia hidrográfica do Rio Brilhante – MS e teve como finalidade verificar as dinâmicas socioambientais postas e como a atividade canavieira vem pressionando e estabelecendo uma nova configuração no território. Para atender aos objetivos propostos foram necessários o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, destaca-se que tais habilidades foram sendo aprimoradas ao longo do período que compreende esta pesquisa e foram de suma importância para a elaboração da mesma.

O contato direto com o LGF e ainda, em algumas oportunidades, com outras instituições alavancou o desenvolvimento da pesquisa, a partir da troca de informações e da capacidade de trabalho em equipe. Acredita-se que esta dinâmica faz parte do processo de formação no âmbito da pós-graduação e se apresenta de grande valia para formação enquanto sujeito e pesquisador. No decorrer deste processo de formação percebe-se um amadurecimento pessoal e profissional que assegura a construção do arcabouço teórico-metodológico da análise geográfica de fato, necessária para conclusão no nível deste trabalho.

Nota-se que a criação de um banco de dados e o levantamento das informações sobre as características geossistêmicas, as principais atividades econômicas desenvolvidas, a quantificação das categorias da área da pesquisa quando trabalhadas integralmente permitiu a compreensão da distribuição espacial das principais atividades desenvolvidas na bacia e ainda assimilar a interdependência dos elementos do meio físico com as atividades antrópicas.

As atividades de campo foram desempenhadas a fim de qualificar e subsidiar a análise dos dados compilados, tal verificação in loco se destaca como uma etapa primordial a compreensão das inter-relações das formas de ocupação, bem como nas análises realizadas.

Grande parte da bacia ainda é constituída por propriedades rurais, ocupadas por áreas produtivas, onde predominam as culturas de soja, milho, cana-de-açúcar e feijão. Nas áreas rurais, o aumento crescente da devastação da vegetação original, como constatado por MATO GROSSO DO SUL (2002) ao indicar que até a segunda metade do século XX, o Estado apresentava-se coberto, em quase sua totalidade, por vegetação

nativa, associado ao uso intenso das terras para agricultura e pecuária pautado na exploração econômica vêm promovendo a perda gradativa das funções ambientais prestados por este geossistema.

Considerando que o uso predominante na bacia é para agricultura extensiva (soja e milho) e tendo em vista que esse tipo de atividade faz uso intensivo de agrotóxicos, avaliando, ainda, o grande déficit de mata ciliar que poderia servir de barreira para contenção de contaminantes, supõe-se que a carga de contaminantes proporcionada por esta atividade econômica aos cursos d'água seja significativo, por conseguinte carreados através da rede de drenagem por todo território da bacia. Cabe aqui ressaltar que este processo não é endógeno da bacia do Rio Brilhante e possui relação direta com os níveis em escalas menores, como a bacia do Ivinhema e em seguida com a bacia do Rio Paraná, por exemplo.

Verifica-se que a ocupação das terras desta bacia, sobretudo a partir dos anos 2000 conduziu através de diferentes ciclos de práticas rurais produtivas, a fragilidade ambiental desta área, afetando este geossistema e causando grandes alterações e danos permanentes. A degradação causada nesta região ao sistema ambiental, sobretudo ao solo, a vegetação e aos recursos hídricos pode ser identificada em praticamente todo seu território. A supressão da vegetação nativa e as práticas de manejo inadequado do uso da terra acarretaram na perda de biodiversidade, do solo, da qualidade das águas, entre outros problemas de cunho ambiental. Tais modificações, conseqüentemente atingem a população local no que diz respeito a qualidade de vida e na oferta dos serviços ambientais prestados. Fica claro que a forma de exploração deste território não considerou, de nenhuma forma a capacidade de suporte do meio físico, suas características geossistêmicas, potencialidades e fragilidades.

Neste contexto em um cenário anterior a expansão da cana-de-açúcar, esta bacia já revelava diversas formas de ocupação e uso das terras, como já constatado, sem dispor de critérios e de instrumentos que possibilitassem ordenar e assegurar a manutenção dos serviços ambientais. Esta condição apresenta-se mais alarmante visto que a bacia está situada em uma região de ligação entre a parte mais consolidada economicamente do Estado, delineada pelo eixo Campo Grande/ Dourados/ Maracaju.

Os resultados obtidos demonstram que 160.285 hectares da área total desta bacia hidrográfica é cultivada com cana-de-açúcar, o que resulta um incremento de 1030% da área plantada desde 2001 até 2015 nos municípios que estão inseridos em seu interior,

nesse estágio a atividade canavieira pode ser apontada como a atividade econômica mais crescente nesta bacia.

A integração e espacialização das categorias temáticas em ambiente SIG apresentaram-se como adequadas para atender aos objetivos da pesquisa, a utilização de imagens de satélite, o emprego das técnicas para obtenção do índice de vegetação e os levantamentos de campo foram fundamentais para identificar, mapear e quantificar as áreas de cultivo da cana-de-açúcar.

A combinação destes diversos níveis de informação agregados para compreensão da problemática inserida da bacia fundamentou-se na análise espacial e gerou mapeamentos temáticos, composto por áreas que representam sua fragilidade intrínseca e a capacidade de suporte em função dos mais variados tipos de usos da terra nesta bacia hidrográfica.

As pressões exercidas nesta bacia tendem a um patamar crescente de desequilíbrio ambiental e, portanto, recomenda-se que sejam implementados instrumentos de planejamento e gestão ambiental, a fim de que sejam empregados como dispositivos normativos de uso e ocupação das terras e mecanismo de prevenção e controle ambiental para a manutenção da qualidade do quadro ambiental da bacia.

Por fim, acredita-se que as hipóteses elencadas, os objetivos propostos e os métodos empregados para a realização desta pesquisa foram alcançados de maneira plena e eficiente e condizem com as exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. Durante pouco mais de dois anos me foi permitido trilhar o caminho da pós-graduação em nível de Mestrado e empenhar-se a entender a relação dinâmica entre homem e natureza e desvelar os desafios pertinentes ao ordenamento territorial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. C. **Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico social**. São Paulo: USP/FFLCH - GEO, 1994.

ARAÚJO, E. S.; SANTOS, J. A. P. **O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional**. FACIDER - Revista Científica, 2013. Disponível em: <<http://sei-cesucol.edu.br/revista/index.php/facider/article/view/37>>. Acesso em: 19 mai. 2015.

AZEVEDO, J. R. N. **Expansão da agroindústria canavieira no Mato Grosso do Sul: relação capital x trabalho e reconfiguração espacial**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2008.

BACKES, T. R. **O capital agroindustrial canavieiro no Mato Grosso do Sul e a internacionalização da produção**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009

BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas**. 3ª Edição. Petrópolis: Vozes, 1977.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTRAND, G. (1972). **Paysage et géographie physique globale: Esquisse méthodologique**. Ed. UFPR: Revista R.RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BRANCO, S. M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Editora Blücher, 1989.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SF.21 - Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1982. 416p. (Levantamento de Recursos Minerais, 28). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>.

_____. **Decreto Federal nº 89.817**, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

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

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/ResolucaoCNRH%2032.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2016.

_____. **Decreto Federal nº 5.334**, de 6 de janeiro de 2005. Dá nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

BRASIL. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Cana-de-açúcar: orientações para o setor canavieiro**. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural,

2007. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana-de-acucar_orientacoes_para_o_setor_canavieiro_000fipw96tk02wyiv80z4s4733kvhu6q.pdf > Acesso em 10 mar. 2016.

_____. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007b.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Anuário Estatístico da Agroenergia**. Brasília: MAPA, 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>

CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CAMPOS, Y. O. **Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica**. Tese (Doutorado) UFU, 2010. Disponível em: <http://www.btdt.ufu.br/>

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 2006a.

_____. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Editora Cultrix, 2006b.

CANASAT. **Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>. Acesso em: mai. 2015

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**. Remote Sensing of Environment, v. 113, p. 893-903, 2009. Disponível em: http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat_Calibration_Summary_RSE.pdf. Acesso em: 15 nov. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo, Editora Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1º Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2014/15**. Terceiro Levantamento. Dez. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf>. Acesso em 12 mar. 2015. Acesso em 15 mai. 2015.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2015/16**. Terceiro Levantamento. Dez. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_23_17_34_53_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf. Acesso em 14 fev. 2016.

CONGALTON, R. G; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** New York: Lewis Publishers, 1998.

COURA, S. M. C; SHIMABUKURO, Y. E; FREITAS, M. W. D. **Aplicação da fitogeografia ao mapeamento da cobertura vegetal em escala regional do Estado de Minas Gerais com uso de geotecnologias.** In: TORRES, F. T. P; DAGNINO, R. S; OLIVEIRA JR, A. (orgs). *Contribuições geográficas.* Ubá: Ed. Geographica, 2009.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (COPERSUCAR). **Recomendação de adubação para a cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba – SP: Centro de Tecnologia Copersucar, 1988

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: SAE/INPE. 2001.

DELGADO, J.A.- **El análisis sistémico y su proyección multidisciplinar.** Encuentros Multidisciplinares; Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid; Vol. VII; n. 20, p. 40 – 50. 2005.

DOMINGUES, A. T. **A territorialização do grupo agroindustrial canavieiro Louis Dreyfus no Mato Grosso do Sul.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

DIAKONOV, K.N. **La interacción de las direcciones estructural, evolutiva y funcional en las investigaciones sobre los Paisajes.** Revista de la Universidad Estatal de Moscú – Serie Geografía. Moscú: 2002, n. 1, p. 13-21.

DUARTE, G. S.; COSTA, G. E; OLIVEIRA, A. P; BARROS, R. S; CRUZ, C. B. M. **O uso da geometria do Landsat 8 como base para georreferenciamento semiautomático visando estudos espaço-temporais.** In: Anais XVII SBSR, João Pessoa, INPE: abril, 2015.

DUTRA, L. V.; SOUZA, R. C. M.; MITSUO, F. A.; MOREIRA, J. C. **Análise automática de imagens multiespectrais.** São José dos Campos - INPE, 1981. 40p.

EGLER, M., BUSS, D. F; MOREIRA, J.C., BAPTISTA, D. F. **Influence of agricultural land-use and pesticide on benthic macroinvertebrate assemblages in an agricultural river basin in southeast Brazil.** Brazilian Journal of Biology. São Carlos: vol. 72 n.3, agosto, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Precipitação esperada na Bacia do Rio Brillhante, MS.** Dourados, MS, Embrapa/Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

_____. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados.** Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2007.

_____. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.** MANZATTO, Celso Vainer et. al., (Org.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). *Software ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.2.2, 2014.*

FABRINI, J. E. **A posse da terra e o sem-terra no sul do Mato Grosso do Sul: o caso Itaquiraí**. Dissertação (Mestrado em Geografia). FCT/UNESP, Presidente Prudente. 1996.

FERNANDES, L. A; COIMBRA A. M. A. **Cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 506-508.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Brasília, 2005.

FERREIRA, P. S; SILVA, C. A. **Avaliação do uso e ocupação das terras associada à vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Brilhante**. In: Anais do VII Simpósio Latinoamericano de Geografia Física, IV Simpósio Iberoamericano de Geografia Física, 2014.

FERREIRA, P.S; SILVA, C. A; PARANHOS FILHO, A. C. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na caracterização da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Brilhante- MS**. Revista Equador, v. 4, p. 670-677, 2015.

FERREIRA, P. S; SILVA, C. A. **Caracterização do uso das terras da bacia hidrográfica do rio Brilhante - MS, a expansão da cana-de-açúcar**. In: Anais XI ENANPEGE, Presidente Prudente – SP, 2015.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FORMAGGIO, A.R. **Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e feijão**. Piracicaba. 161p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP. 1989.

FRATA, A.M, FARIA, A.B. **A cana-de-açúcar na região hidrográfica do rio Paraná e a produção de grãos, a pecuária e a cana na sub-bacia do rio Ivinhema**. Ecoa, Campo Grande – MS, 2008.

GROHMANN, C.H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S. S. **Aplicações dos Modelos de Elevação SRTM em geomorfologia**. Revista Geografia Acadêmica, v. 2, n. 2, p. 73-83, 2008.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

_____. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GHEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Xaxim, Baía de Antonina- PR, com o auxílio de geoprocessamento**. 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA (IBGE). **Introdução ao processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2000.

_____. **Manual Técnico em Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2. ed., 2007. 316 p.

_____. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2 ed., 2009. 175 p.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2012. 271 p.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 3 ed., 2013. 171 p.

_____. **População estimada 2014**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em 13 abr. 2015.

_____. (2015) **Censo Agropecuário**: Resultados preliminares. IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 abr. 2015.

_____. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Fevereiro 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201602_5.shtm. Acesso em 10 mar. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de imagens**. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 09 mar. 2015.

_____. **Climáanalise Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. INPE/CPTEC: São Paulo, v. 28, n.12, 2013.

_____. Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). São José dos Campos. Versão 5.3, 2014. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>.

LACERDA FILHO, J. V., et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. **Interpreting vegetation indices**. Preventive Veterinary Medicine, v.11, n.3-4, p.185-200, 1991.

LANDSAT TM 5. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. **United States Geological Survey (USGS)**: Landsat Archive. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em 22 out. 2015.

LANDSAT OLI 8. Canais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. **United States Geological Survey (USGS)**: Landsat Archive. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em 22 out. 2015.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. Métodos em questão, São Paulo, n. 1, 1971.

LIMA, J. A. G. **Relação sociedade/natureza e degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Coaçu – Região Metropolitana de Fortaleza/CE**: subsídios ao planejamento ambiental. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <http://www.uece.br/uece/>. Acesso em 10 abr. 2015.

LIMA, W. P; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. p.33-44

LOPES, L. G.N; SILVA, A. G; GOURLART, A. C. O. **Novos caminhos na análise integrada da paisagem: abordagem sistêmica**. *Natureza on-line* n.12, p. 156-159, 2014. Disponível em <http://www.naturezaonline.com.br/>.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 275 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível na biblioteca digital de teses e dissertações da USP: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em 10 mar. 2016.

MERCANTE, E. **Dinâmica espectral da cultura da soja ao longo do ciclo vegetativo e sua relação com a produtividade na região oeste do Paraná**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MARQUES NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. *Geografia*, v. 17, n. 2, jul./dez. 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/geografia>. Acesso em: 11 ago. 2014.

MATEO RODRÍGUEZ, J. M; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geocologia das paisagens**. In: FIGUEIRÓ, Adriano Severo; FOLETO, Eliane (org.). *Diálogos em geografia física*. Santa Maria: Ed. UFSM, 2011.

MATEO RODRÍGUEZ, J. M. **La cuestión ambiental desde una visión sistêmica**. *Revista Ideas Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia*. Sede Manizales, n. 2, nov. 2005. Disponível em: http://salonvirtual.upel.edu.ve/pluginfile.php/20399/mod_resource/content/0/LA_CUESTION_AMBIENTAL_DESDE_UNA_VISION_SISTEMICA.pdf

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande, 1990. 28p.

_____. **Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul** (2002). Disponível em: <http://www.semec.ms.gov.br/zeems/>. Acesso em 23 mai. 2015.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010. 194 p.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Caderno Geoambiental das Regiões de Planejamento do MS**. Campo Grande, 2011.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Estudo da dimensão territorial do Estado do Mato Grosso do Sul: Regiões de Planejamento.** Campo Grande, 2015.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2001.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2002.

MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. **Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR.** In: Ferreira, N. J. (Coord.). *Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIRO-N.* São Paulo: Oficina de Textos, cap. 4, p.79-101, 2004.

MORIN, E. **O Método 1: a natureza da natureza.** 2 Ed. Publicações Europa-América Lda, 1977.

NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2004/2005. Disponível em: www.uvanet.br. Acesso em: 20 mai. 2015.

NIMER, E.; **Climatologia do Brasil.** SUPREN/IBGE, 1979.

NOVA CANA. **Avaliação do potencial de produção de cana-de-açúcar do Mapito.** Curitiba, PR, fev. 2013. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/avaliacao-potencial-de-producao-de-cana-de-acucar-mapito/>.

NOVAES, M. R. de. **Análise da redução da queima na colheita da cana-de-açúcar por meio de modelagem dinâmica espacial.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. INPE: São José dos Campos, 2010.

NUNES JR, D. M. S. **Variedades de cana-de-açúcar.** In: Paranhos, S. B. *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.* São Paulo: Fundação Cargill, 1987. 856p. cap.2 v.1, p.187-259.

OLIVEIRA, H; URCHEI, M. A; FIETZ, C. R. **Aspectos físicos e socioeconômicos da bacia hidrográfica do rio Ivinhema.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000, 52 p.

OLIVEIRA, A; SOUZA, R. M. **Contribuições do método geossistêmico aos estudos integrados da paisagem.** Geoambiente on-line: Revista de Geografia da UFG, Jataí-GO, n. 19, jul-dez 2012.

PARANHOS FILHO, A. C. **Análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e bacia do Taquarizinho.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia. UFPR, 2000.

PEREIRA, M. C. **A expansão da cadeia sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul, dinâmica e determinantes.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Multiinstitucional em Agronegócios. Campo Grande, 2007.

PICOLI, M. C. A. **Estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar utilizando agregados de redes neurais artificiais: estudo de caso usina Catanduva.** Dissertação

(Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. INPE: São José dos Campos, 2007.

PINTO JUNIOR, S. **Análise têmporo-espacial dos casos de internação por doenças respiratórias, relações com a queima da palha da cana e características climáticas na Unidade de Planejamento e Gerenciamento Ivinhema (MS) no ano de 2002 a 2011.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

PINTO JUNIOR, S. C.; SILVA, C. A.; BEREZUK, A. G. **As transformações da paisagem na Unidade de Planejamento e Gerenciamento Ivinhema a partir da expansão da cana-de-açúcar.** Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 19, p. 28-55, 2014.

PRADO JUNIOR, C. **História econômica do Brasil.** São Paulo: Brasiliense, 1976.

QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM, 2015. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, Versão 2.12.3 “Lyon”. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998.

RODRIGUES, João Domingos. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Universidade Estadual Paulista. Botucatu – SP, 1995. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/catetoferraz1/fisiologia-da-cana-deaugar-45856343>. Acesso em 10 mar. 2016.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1991.

_____. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 08, 1994.

_____. **Análises e sínteses na abordagem geográfica do planejamento ambiental.** Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP, São Paulo, n. 9, p. 65-76, 1995.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ROSSETTO, R; SANTIAGO, A. D. **Plantio da cana-de-açúcar.** EMBRAPA: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html. Acesso em 09 mar. 2016.

RUDORFF, B. F. T. **Dados Landsat na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1985.

RUDORFF, B. F. T; SUGAWARA, L. M. **Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites.** Informe Agropecuário: Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 79-86, nov/dez, 2007.

RUDORFF, B.F.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F. **Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data.** Remote Sensing, Ottawa, v. 2, n.4, p.1.057-1.076, 2010.

SALES, V. C. **Geografia, sistema e análise ambiental: abordagem crítica.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 16, p. 125-141, 2004.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina dos Textos, 2004.

SEBRAE/MS. **Desenvolvimento econômico territorial no Mato Grosso do Sul: Rio Brillhante – Centro Sul.** Mapa de Oportunidades do município de Rio Brillhante: SEBRAE, MS, 2015.

SILVA, C. A. **Análise sistêmica, turismo de natureza e planejamento ambiental de Brotas: proposta metodológica.** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SILVA, M. L. da. **Paisagem e geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica.** Geoambiente on-line: Revista de Geografia da UFG, Jataí-GO, n. 11, jul-dez 2008.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão, São Paulo, n. 16, p.1-50, 1977.

SOUZA, J. C. O. de. **Identificação de geossistema e sua aplicação no estudo ambiental da bacia hidrográfica do rio São Miguel – Alagoas.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Recife, 2013.

STRAPASSON, A. B., JOB, L. C. M. A. **Etanol, meio ambiente e tecnologia: reflexões sobre a experiência brasileira.** Revista de Política Agrícola. Brasília. v. 15, n. 3, p. 51-63, jul. /set. 2006. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Revista%203%2006.pdf. Acesso em: mai 2015.

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J. L; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n. 20, 2007. Disponível em: <http://www.uniara.com.br>. Acesso em: 09 mar. 2016

TEIXEIRA, J. C.; HESPANHOL, A. N. **A expansão canavieira na bacia do rio Ivinhema no Estado de Mato Grosso do Sul.** In: Anais XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária, Uberlândia – MG, 2012.

TOWNSEND, C. R. **Recomendação técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia.** Embrapa CPAF Rondônia, nº21, p. 1-5, nov, 2000.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

TROPMAIR, H. **Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem.** Rio Claro: Edição do Autor, 2004.

TROPMAIR, H; GALINA, M. H. **Geossistemas**. Mercator: Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, ano 5, n. 10, p. 79-89, 2006. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/>. Acesso em: 23 jul. 2014.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VALERIO FILHO, M. **Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento**. In: TAUKE-TORNISIELO et al., (orgs). *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro, SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995.

VENTURI, L. A. B. (orgs). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

VICENTE, L. E; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e Geografia**. In: Geografia. Rio Claro, vol. 28, n. 03, set-dez, p. 323-344, 2003.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA) (2004). **Indústria brasileira de cana-de-açúcar: uma trajetória de evolução**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html#>> Acesso em 06 mar. 2016.

_____. **Relatório de sustentabilidade 2008**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

ZAVATTINI, J. A. **Dinâmica Climática no Mato Grosso do Sul**. Geografia. Rio Claro, p. 65-91, outubro de 1992.

USGS. **United States Geological Survey**. Frequently asked question about the Landsat Missions. 2013. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php.

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem LANDSAT 5. Sensor TM. Canais 1,2,3,4,5,6,7 e pan. Órbita 224 e 225 ponto 075. De 02 de agosto de 2001 e 09 de agosto de 2001. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. 2015. (a).

USGS. **United States Geological Survey**. Imagem LANDSAT 8. Sensor OLI. Canais 1,2,3,4,5,6 e pan. Órbita 224 e 225 ponto 075. De 09 de agosto de 2015 e 31 de julho de 2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. 2015. (b).

USGS. **United States Geological Survey**. Using the USGS Landsat 8 product. 2015. Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php>. (c).

7. APÊNDICES

O levantamento de campo teve uma primeira etapa realizada no mês de julho de 2015 seguindo na direção sudoeste iniciando no município de Dourados pela MS-162 até o Posto da PRF seguindo pela MS-270 até Ponta Porã depois se direcionando a saída pela MS-164 passando pelo distrito de Vista Alegre até chegar na BR-267 em Maracaju onde foi feito o retorno pela MS-157 sentido Itaporã e Dourados.

A segunda etapa foi realizada no mês de dezembro de 2015, saindo de Dourados pela BR-163, passando por Douradina até Rio Brilhante, depois seguindo até o município de Nova Alvorada do Sul, seguindo no sentido oeste na BR-267 direção à Bataguassu até alcançar a MS-145 à direita. Seguindo na direção sudeste até Angélica, continuando pela MS-141 até Ivinhema e Nova Andradina onde retornamos pela MS-141 até Ivinhema novamente e conduzindo à saída pela BR-376 até Deodópolis passando por Glória de Dourados, Jateí, Vicentina, Fátima do Sul até alcançar novamente a BR-163 para retorno a Dourados.

O registro fotográfico teve como objetivo além de verificar real utilização das terras na área de estudo, mapear a localização das usinas inseridas na bacia hidrográfica do Rio Brilhante e em sua área de influência. Tal procedimento foi subsidiado pela coleta de pontos de controle com GPS Garmin Etrex.

Foto 1. Usina Adecoagro localizada no município de Angélica – MS. Acesso pela Rodovia BR-276, Km 14.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

Foto 2. Usina Adecoagro Vale do Ivinhema localizada no município de Ivinhema – MS na MS-141.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

Foto 3. Biosev – Unidade Rio Brilhante localizada no município de Rio Brilhante – MS na BR-163.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

Foto 4. Bunge Brasil – Unidade Monteverde localizada no município de Ponta Porã – MS na BR-463.



Fonte: FERREIRA (2016). 06/07/2015.

Foto 5. Fátima do Sul Agro-energética localizada no município de Fátima do Sul – MS. Acesso pela BR-376.



Fonte: FERREIRA (2016). 18/12/2015.

Foto 6. Odebrecht - Unidade Eldorado localizada no município de Rio Brillhante – MS na MS-145.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

Foto 7. Odebrecht - Unidade Santa Luzia I localizada no município de Nova Alvorada do Sul – MS. Acesso pela BR-267.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

8. Tonon - Unidade Vista Alegre localizada no município de Maracaju – MS na MS-164.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/01/2016.



Foto 9. Energética Santa Helena localizada no município de Nova Andradina - MS. Acesso pela MS-134



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.



Foto 10. Safi Brasil Energia S.A localizada no município de Nova Alvorada do Sul na BR-267.



Fonte: FERREIRA (2016). 17/12/2015.

*Nota: Usina desativada desde a safra 2009.