

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE AQUIDAUANA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

LUCIMARA DOS REIS MACHADO

**MODELAGEM MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BARREIRO VERMELHO - MUNICÍPIO DE  
ANASTÁCIO - MS**

AQUIDAUANA, MS

2018

LUCIMARA DOS REIS MACHADO

**MODELAGEM MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISE DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BARREIRO VERMELHO - MUNICÍPIO DE  
ANASTÁCIO – MS**

Dissertação apresentada como exigência do Curso de Mestrado em Geografia, do Câmpus de Aquidauana, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob orientação do professor Dr. Jaime Ferreira da Silva.

AQUIDAUANA, MS

2018

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

Machado, Lucimara dos Reis  
M149 Modelagem matemática como instrumento de análise da bacia hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho – município de Anastácio-MS/ Lucimara dos Reis Machado. -- Aquidauana, MS, 2018.  
97 f., il. (algumas color.); 30 cm

Orientador: Jaime Ferreira da Silva  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Câmpus de Aquidauana.

1. Bacia hidrográfica - Mato Grosso do Sul. 2. Ecologia dos rios - Mato Grosso do Sul. 3. Desenvolvimento de recursos hídricos. I. Silva, Jaime Ferreira. II. Título.

CDD (22) 363.70098171

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: **Lucimara dos Reis Machado**

Dissertação defendida e aprovada em 19 de fevereiro de 2018 pela Comissão Examinadora:



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



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



Prof. Dr. **Valter Guimarães** (UFMS)

A Deus, meu refúgio nos momentos difíceis e aos meus amados pais, Atílio e Maria Hilda, que com muita honestidade, simplicidade e ensinamentos de amor me fizeram ser uma pessoa digna e íntegra. Dedico também à minha irmã Andréa e aos meus sobrinhos Rafael e Raquel, presentes que a vida me deu.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida.

A minha família por todo incentivo, compreensão e apoio.

A todos os professores do curso os quais foram fundamentais para a minha formação acadêmica e profissional.

Ao professor Jaime Ferreira da Silva, meu orientador, com quem compartilhei minhas primeiras intenções em desenvolver esta pesquisa. Obrigada pela orientação, apoio, paciência e, principalmente, pela disponibilidade em prestar todo esclarecimento necessário, durante a execução deste trabalho, tornando possível a sua conclusão.

Ao professor Valter Guimarães, pelas suas relevantes contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Elisângela Martins de Carvalho, pelas importantes contribuições durante a banca de qualificação.

À professora e Coordenadora do Curso, Eva Teixeira dos Santos, pelo incentivo, carinho e pelos empréstimos de materiais.

A Etelvino Barbosa de Freitas, pela contribuição e auxílio durante o trabalho de campo.

Aos meus colegas mestrandos, por todos os momentos de alegria e companheirismo compartilhados durante o curso.

Ao colega Ednilson Mendes Ferreira, pelo apoio na elaboração e organização dos mapas.

Aos colegas: Ercília Mendes Ferreira, Lucimara José da Silva e Valdecy Sousa de Oliveira, pelo incentivo e auxílio durante o processo de seleção do mestrado.

## RESUMO

As bacias hidrográficas desempenham uma importante função no que se refere ao planejamento e gestão ambiental, à tomada de decisões, bem como ao uso e ocupação da terra, uma vez que a caracterização das mesmas possibilita conhecer as dinâmicas importantes que atuam no ciclo hidrológico. A partir dos estudos e pesquisas em bacias hidrográficas, é possível conciliar e equacionar o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental. Sabe-se que a ação antrópica é capaz de causar alterações no meio ambiente que podem estar alterando drasticamente a conservação e, sobretudo, a qualidade dos recursos hídricos, nesse sentido, a análise morfométrica constitui um importante estudo, pois possibilita a caracterização de aspectos geométricos capazes de estabelecer indicadores quanto à estruturação dessas bacias. Nesse contexto, esta pesquisa tem o objetivo de analisar as variáveis físicas da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, município de Anastácio – MS, por meio da modelagem matemática ou modelo digital como também é chamada. A área de estudo dessa bacia está situada na área rural do Município de Anastácio - MS, as nascentes do referido córrego localizam-se no Assentamento São Manoel e a sua foz está situada na divisa entre as colônias Lageado e Reforma, desaguando na margem direita do Ribeirão Taquaruçu. Essa área é formada por pequenas propriedades rurais, que sobrevivem da produção agropecuária, sendo a pecuária a atividade econômica predominante. Para o desenvolvimento desta pesquisa aplicou-se a análise de alguns parâmetros morfométricos, além da elaboração de mapas que subsidiaram a análise dos resultados. A pesquisa está estruturada em quatro etapas principais: 1) geração de mapas de uso, rede de drenagem e relevo; 2) extração dos dados morfométricos; 3) análise dos dados morfométricos; 4) análise de sedimentos do leito do canal, por meio de peneiramento e pipetagem. Os resultados indicam uma bacia com formato mais alongado, com rede de drenagem de baixa ordem hierárquica, baixa densidade de drenagem e densidade de rios. O relevo é de predominantemente plano a suave ondulado e mais da metade da área da bacia é composta por pastagens. A análise dos sedimentos de fundo aponta para uma variação granulométrica ao longo do canal principal, variação na velocidade da água e topografia irregular. Os dados obtidos mostram poucas suscetibilidades aos efeitos naturais, como erosão dos solos e enchentes.

**Palavras-Chave:** Ação antrópica. Bacia Hidrográfica. Modelagem.

## ABSTRACT

River basins play an important role in relation to environmental planning and management, decision-making, as well as the land use and occupation, since their characterization enable to know the important dynamics that act in the hydrological cycle. Through studies and research on river basins, it is possible to conciliate and equate socioeconomic development and environmental preservation. It is known that anthropic action is capable of causing environmental modifications in the environment, which can drastically change preservation and, above all, the quality of water resources. In this sense, the morphometric analysis is an important study, because it allows the characterization of geometric aspects, capable of establishing indicators related to the structuring of these basins. In this context, this research aims at analyzing physical variables of Barreiro Vermelho stream river basin, in Anastácio – MS, through mathematical modeling, or digital model, as it is also called. The study area of this basin is situated in the rural area of Anastácio – MS, the springs of the referred stream are located in São Manoel settlement, and its mouth is situated on the border between the colonies of Lageado and Reforma, draining into the right bank of Taquaruçu creek. This area is formed by small rural properties that survive on agricultural production, with livestock being the predominant economic activity. For the development of this research, it was applied an analysis of some morphometric parameters, besides the elaboration of maps, which have subsidized the analysis of results. The research is structured into four main steps: 1) generation of use maps, drainage networks and relief; 2) morphometric data extraction; 3) morphometric data analysis; 4) channel bed sediment analysis, through screening and pipetting. The results indicate a longer shape basin, with a drainage network of low hierarquical order, low drainage density and river density. The relief varies from predominantly flat to soft wavy, and more than half the basin area is composed of pastures. The bottom sediment analysis points out to a particle variation along the main channel, speed variation of water, and irregular topography. Data obtained show little susceptibilities to natural effects, such as soil erosion and floods.

**Keywords:** Morphometric analysis. River basin. Modeling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação dos critérios para determinação do comprimento da bacia .....	25
Figura 2 - Pontos de coleta de sedimentos .....	42
Figura 3 - Local em que o Córrego Barreiro Vermelho deságua, na margem esquerda Ribeirão Taquaruçu.....	45
Figura 4 – Mapa de localização.....	47
Figura 5 - Curva de nível e respectivas áreas (ha).....	49
Figura 6 - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho.....	52
Figura 7 – Mapa de declividade .....	55
Figura 8 – Mapa de hipsometria.....	57
Figura 9 – Cerradão – localizado à margem direita do Córrego Barreiro Vermelho..	58
Figura 10 – Depósitos aluviais de margem convexa construída e em construção ....	59
Figura 11 - Floresta estacional semidecidual, localizada em áreas mais elevadas da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho .....	60
Figura 12 - Pastagens plantadas em área de relevo suave ondulado.....	61
Figura 13 – Mapa da Rede de Drenagem .....	63
Figura 14 – Definição de comprimento da Bacia.....	65
Figura 15 – Mapa de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica Barreiro Vermelho .....	68
Figura 16 – Um dos reservatórios de nascente do Córrego Barreiro Vermelho Fonte: A própria autora (2016) .....	70
Figura 17 – Ausência de vegetação ciliar na margem direita do Córrego Barreiro ...	71
Figura 18 – Caixa de canal desconfigurada (Ponto 3) .....	72
Figura 19 – Pastagem densa e baixa concentração de gado (Ponto 4).....	73
Figura 20 – Início de processo erosivo (voçoroca).....	75
Figura 21 - Ponto 1, alto curso do Córrego Barreiro Vermelho. ....	76
Figura 22 – Ponto 2, médio curso do Córrego Barreiro Vermelho.....	77
Figura 23 – Ponto 3, baixo curso do Córrego Barreiro Vermelho.....	78
Figura 24 – Ponto 4, baixo curso do Córrego Barreiro Vermelho.....	78
Figura 25 - Sedimentos em processo de descanso .....	80
Figura 26 – Sedimentos pipetados, após secagem.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da densidade de rios de uma bacia hidrográfica .....	23
Tabela 2 – Classificação da densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica .....	24
Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem .....	41
Tabela 4 – Classes de declividade da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho .....	48
Tabela 5 – Características morfométricas obtidas do estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho .....	62
Tabela 6 – Classificação do índice de rugosidade e sua relação com a forma de relevo. ....	66
Tabela 7 – Classes de uso e cobertura da terra.....	67
Tabela 8 - Composição granulométrica dos sedimentos transportados no fundo do canal, fevereiro/2017 .....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das formas de relevo mapeadas na Bacia do Córrego Barreiro Vermelho .....	51
Quadro 2 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 1) .....	81
Quadro 3 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 1) .....	82
Quadro 4 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 2) .....	83
Quadro 5 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 2) .....	83
Quadro 6 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 3) .....	84
Quadro 7 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 3) .....	84
Quadro 8 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 4) .....	85
Quadro 9 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 4) .....	85

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ALOS** – Advanced Land Observing Satellite

**ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica

**APP** – Área de Preservação Permanente

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DATUM** – Superfície de referência

**EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ha** – hectares.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**LANDSAT** – Land Remote Sensing Satellite

**SEMAC** – Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia

**SIRGAS** – Sistemas de Referências Geocêntrico para as Américas

**PALSAR** – Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar

**TIFF** – Tagged Image File Format

**TOPODATA** – Banco de dados Geomorfométricos do Brasil

## LISTA DE SÍMBOLOS

A – Área da bacia

$A_c$  – Área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada

C – Constante empírica que depende da gravidade e de outros fatores contribuintes para a força de fricção

CN – Comprimento total das curvas de nível

D – Diâmetro

$D$  – Equidistância vertical entre as curvas de nível

$D_d$  – Densidade de drenagem

$D_h$  – Densidade hidrográfica

$D_h$  – Diâmetro da bacia

$D_i$  – Profundidade do canal

$D_r$  – Densidade dos rios

F – Número de Froude

$F_b$  – Quantidade de rios da bacia

G – Gradiente do canal

g – Gravidade

$h$  – Altitude da foz

$H$  – Altitude da nascente

H – Amplitude altimétrica

I – Declividade média da bacia

$I_c$  – Índice de circularidade

$I_{co}$  – Índice entre o comprimento e a área

$I_d$  – Índice de dissecação

$I_r$  – Índice de rugosidade

$K_c$  – Coeficiente de compacidade ou índice de compacidade

$K_f$  – Fator forma

L – Comprimento do canal principal

$L_i$  – largura do canal

$L_t$  – Comprimento total dos canais

N – Número total de canais

P – Perímetro

R – Raio hidráulico

$R_{mp}$  – Relação de débito de margens plenas

S – Declividade do canal principal

V – Velocidade média

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Estrutura do trabalho</b> .....	17
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	18
1.2.1 Objetivo Geral: .....	18
1.2.2 Objetivos Específicos: .....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	19
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
<b>2.1 Modelos matemáticos</b> .....	19
<b>2.2 Bacia Hidrográfica</b> .....	29
2.2.1 Preservação dos Recursos Hídricos .....	32
2.2.2 Uso da terra.....	34
2.3 Geotecnologias .....	35
<b>CAPÍTULO III</b> .....	38
<b>3 METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</b> .....	38
<b>3.1 Metodologia</b> .....	38
<b>3.2 Caracterização da área de estudo</b> .....	45
<b>3.3. Geomorfologia e geologia</b> .....	50
<b>3.4 Declividade e hipsometria</b> .....	53
<b>3.5 Vegetação na área da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho</b> ...58	
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	62
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	62
<b>4.1. Análise morfométrica da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho</b> .....	62
<b>4.2 Uso e cobertura da terra</b> .....	67
<b>4.3 Análise granulométrica dos sedimentos de fundo</b> .....	71

<b>4.3.1 Ponto 1 .....</b>	<b>81</b>
<b>4.3.2 Ponto 2 .....</b>	<b>82</b>
<b>4.3.3 Ponto 3 .....</b>	<b>83</b>
<b>4.3.4 Ponto 4 .....</b>	<b>85</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos hídricos tem sido motivo de discussão nos últimos anos, principalmente nas grandes cidades brasileiras, onde se exige maior demanda de água para atender a população e o setor industrial. O Brasil, mais especificamente a partir de 2014, tem sofrido com a escassez de água, principalmente na região Sudeste, onde estão concentradas as maiores cidades. Em se tratando da preocupação com a preservação dos recursos hídricos, a análise morfométrica e o estudo de caracterização em bacias hidrográficas são procedimentos técnicos/científicos para o conhecimento dos aspectos que envolvem os processos hidrológicos e ambientais.

Tundisi (2003, p.12) afirma que “Uma nova ética é necessária para enfrentar a escassez de recursos hídricos no futuro e para tratar este recurso como um componente fundamental dos ciclos do planeta Terra”. Nesse sentido, é importante que haja avanço em gestão ambiental, monitoramento e avaliação dos recursos hídricos.

Tucci e Clarke (1997, p.138) argumentam que “a alteração da superfície da bacia tem impactos significativos no escoamento”. Esses impactos geralmente influenciam nas alterações das enchentes, bem como nas vazões e podem estar relacionados ao tipo de alteração, ao uso e ocupação da terra e ao método de alteração.

Barth e Pompeu (1987) ressaltam que a preocupação com o uso dos recursos hídricos torna-se ainda mais importante na medida em que a densidade demográfica é maior, sendo necessário um maior controle, levando em consideração que o crescimento desordenado pode afetar o ciclo hidrológico, por meio do desmatamento e urbanização.

Para Tucci (2002), um dos principais problemas, relacionados aos recursos hídricos é causado devido ao desenvolvimento urbano. Portanto, uma das maiores preocupações no que se refere à preservação dos recursos hídricos está associada à ocupação antrópica.

Para Santos (2000), uma das maiores preocupações em nível mundial é a degradação do solo rural, em virtude do seu uso intensivo e das práticas de manejo desordenadas, as quais promovem a perda da camada fértil do solo, que

consequentemente será corrigido com componentes químicos, ocasionando a poluição dos rios.

Sob essa ótica, Santos (2000, p. 3) ressalta que as atividades agropecuárias são fortes vetores de transformação do meio ambiente:

[...], as atividades agropecuárias são reconhecidas como principal vetor de transformações de maior amplitude, por constituírem fontes potenciais de distúrbios sobre o meio ambiente, fundamentalmente quanto às modificações de elementos componentes da estrutura física dos ecossistemas e das de paisagem como um todo.

Em análise convergente, Carvalho (2007) considera que a agricultura e a pecuária podem contribuir para a contaminação dos recursos hídricos. Segundo a autora, a agricultura e a pecuária podem causar contaminação por meio dos pesticidas, fertilizantes, entre outros produtos químicos que, se não passarem por manejo adequado, podem ocasionar a contaminação dos recursos hídricos. Essas atividades também são preocupantes, pois em geral necessitam de muito espaço para o cultivo e/ou criação, fazendo com que as matas ciliares sejam retiradas para dar espaço às pastagens e cultivares. De acordo com Vought (Apud Santos 2000, p.13), “em muitos países a agricultura já é considerada como a maior fonte de poluição difusa, responsável pela elevação da quantidade de sedimentos transportados e da concentração de nutrientes em rios e lagos”.

Conforme as pertinentes ideias de Carvalho (2007), até mesmo as estradas rurais podem ser fontes de risco, por proporcionarem um fluxo maior de automóveis, propiciando a ocorrência de vazamento de combustíveis e outros produtos que são altamente contaminantes.

No que se refere à contaminação dos recursos hídricos, Velozo (2006, p. 11) faz uma análise pertinente “Mesmo quando a água subterrânea não é utilizada diretamente (poços), deve ser feito um controle de contaminação, pois a maioria dos aquíferos (sic) aflora, recarregando os recursos hídricos superficiais, podendo contaminá-los”.

Barth e Pompeu (1987) defendem a ideia de que o controle dos recursos hídricos é essencial para a manutenção da qualidade da água. Nas áreas rurais, esse controle se refere ao tratamento de defensivos químicos utilizados na atividade agrícola e no controle de processos erosivos causados pelos desmatamentos.

É preciso incentivar a produção nas áreas rurais, mas sem deixar de planejar, para que os danos ao meio ambiente sejam o mínimo possível. Santana (2003) destaca a importância de um sistema de produção sustentável, que ele define como

sendo um sistema que satisfaça as necessidades do produtor e preserve o meio ambiente, mantendo a interação dos produtos naturais com os aspectos socioeconômicos e zelando pelo bem-estar da sociedade e das gerações futuras.

Da mesma forma, Santos (2000, p. 11) destaca que “É necessário obter o equilíbrio entre as atividades econômicas e sociais e a qualidade ambiental”. As atividades desenvolvidas em áreas rurais em geral contribuem bastante para a degradação do ambiente, inclusive no que se refere aos recursos hídricos, considerando que as atividades agropecuárias são comumente desenvolvidas nas proximidades dos córregos, rios e lagos.

A tendência no cultivo de plantações nas áreas mais baixas ocorre devido à fertilidade do solo e, principalmente, à facilidade na irrigação, deixando os canais ainda mais suscetíveis à poluição oriunda de defensivos químicos. Tucci (1987) explica que historicamente a instalação do homem se dá nas proximidades dos rios pela necessidade do uso dos recursos hídricos, seja para abastecimento doméstico, seja para transporte.

Para Santos (2000), a falta de planejamento pode causar danos irreparáveis ao ecossistema, sendo necessária uma avaliação do meio, para identificar a sua capacidade em suportar modificações, reduzindo assim os riscos de desequilíbrio e garantindo recursos hídricos para as gerações futuras.

Desse modo, como estudo de caso para a análise morfométrica, escolheu-se a Bacia do Córrego Barreiro Vermelho, localizada no município de Anastácio – MS, com área aproximada de 45 km<sup>2</sup>, compreendida entre as latitudes Sul 20°36'22" e 20°41'14" e longitudes Oeste 55°48'15" e 55°40'47".

A falta de planejamento nos assentamentos rurais é uma realidade cada dia mais presente, principalmente no que diz respeito às reservas legais ou reservas coletivas. Um dos motivos da escolha da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho foi o fato de não haver registros de trabalhos e/ou pesquisas científicas nessa área e por se tratar de uma área composta por parte do Assentamento São Manoel. Justifica-se a necessidade de estudos, em virtude de alterações ambientais que são percebidas ao longo do canal principal, mas principalmente, nas áreas de cabeceira.

O estudo e a pesquisa da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, no Município de Anastácio – MS, tem como premissa analisar as variáveis físicas da referida bacia, visando identificar tendências a enchentes, erosão e mudanças no comportamento do canal fluvial.

## 1.1 Estrutura do trabalho

O enfoque dessa pesquisa é a caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, no Município de Anastácio – MS, por meio da modelagem matemática, com ênfase na sua caracterização física.

A dissertação é estruturada em quatro capítulos descritos a seguir:

No Capítulo I, apresenta-se a introdução, abordando considerações sobre uso da modelagem matemática na análise e conservação ambiental, recursos hídricos, objetivo geral e objetivos específicos.

No Capítulo II, apresenta-se a revisão bibliográfica, envolvendo os modelos matemáticos, preservação de recursos hídricos, bacia hidrográfica, uso da terra e geomorfologia.

No Capítulo III, apresenta-se a área de estudo, dividido em duas etapas, sendo que a primeira descreve a metodologia utilizada, e a segunda apresenta a caracterização da área, com mapa da sua localização, mapa da hidrografia, mapa geológico, mapa de declividade, mapa de curva de nível e mapa de uso e cobertura do solo.

No Capítulo IV, incluem-se os resultados da análise ambiental e as considerações finais.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral:**

- ✓ Aplicar a modelagem matemática para análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, no município de Anastácio – MS.

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- ✓ Analisar as implicações das variáveis matemáticas no condicionamento físico na Bacia do Córrego Barreiro Vermelho.
- ✓ Determinar o uso e cobertura da terra.
- ✓ Analisar a granulometria dos sedimentos do leito do canal.

## CAPÍTULO II

### 2 REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos são geralmente divididos em determinísticos, probabilísticos ou estocásticos e de otimização.

Os modelos determinísticos são comumente baseados no conhecimento ou nas pressuposições das leis de processos físicos e químicos. Os modelos probabilísticos são expressões que envolvem variáveis, parâmetros e constantes matemáticas, juntamente com componentes resultados de observação ou de experimentos. Os modelos de otimização promovem a maximização ou minimização de alguma força ou critério. (CHRISTOFOLETTI, 1999)

De acordo com Machado (2002), cada vez mais os modelos hidrológicos e de qualidade de água estão sendo utilizados com o objetivo de prever os impactos da agricultura nos recursos hídricos.

A Hidrologia Aplicada está associada aos problemas relacionados à bacia hidrográfica, tanto na utilização dos recursos hídricos, como na preservação e ocupação antrópica. A utilização dos recursos hídricos envolve geração de energia, irrigação e transporte. A conservação do Meio Ambiente envolve alterações do uso do solo, qualidade da água, impactos gerados por obras, entre outros fatores. A ocupação da bacia hidrográfica gera tanto impacto do meio sobre a população como da população sobre o meio. (TUCCI, 2012)

A modelagem matemática permite fazer análises de fenômenos que ocorrem em bacias hidrográficas, compreender os processos que as envolvem, a dinâmica relacionada com o fluxo de água dessas bacias, os processos erosivos, as enchentes e o transporte de sedimentos. O estudo desses fatores possibilita fazer a previsão de situações futuras, como áreas suscetíveis a desastres de alagamentos e estimar áreas atingidas em caso de vazamento de poluentes em rios e lagos, entre outras situações.

Nesse sentido, os modelos matemáticos permitem a simulação de situações futuras, ou seja, é possível utilizar essa técnica para prever situações antes de serem executadas, no entanto não é possível resolver o problema. A utilização dos modelos matemáticos baseia-se em dados históricos, objetivos e metodologia do estudo. Os modelos matemáticos também são chamados de modelos digitais, pois utilizam sistemas computacionais. (TUCCI, 1987)

Existem várias fórmulas que podem ser aplicadas em bacias hidrográficas, com as quais é possível definir algumas variáveis, por exemplo, fluxo e velocidade da água, débito de margens plenas, carga de sedimentos, forma da bacia, densidade de rios, densidade de drenagem, comprimento do canal principal, entre outras variáveis físicas da bacia.

Na presente pesquisa faremos uma revisão bibliográfica, descrevendo algumas dessas fórmulas e detalhando sua aplicação em bacias hidrográficas, posteriormente utilizaremos algumas dessas fórmulas matemáticas para serem aplicadas na Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho.

A fórmula que determina se um fluxo é corrente ou encachoeirado é o número de Froude:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

“Onde V é a velocidade média, g é a força da gravidade e D é a profundidade da água”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 66). Quando o número Froude é menor que 1, o fluxo é corrente, se o número Froude for maior que 1, o fluxo é encachoeirado.

Os elementos que determinam a velocidade da água são: a declividade, o volume, a viscosidade, a largura, a profundidade, a forma do canal e a rugosidade do leito. A equação mais usada para se determinar a velocidade da água é a de Chèzy (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 69):

$$V = C\sqrt{RS}$$

Onde, V é a velocidade, R é o raio hidráulico e S a declividade. C é uma constante empírica que depende da gravidade e de outros fatores contribuintes para a força de fricção. A força de fricção, por sua vez, depende da rugosidade, retilinidade do canal e da forma e do tamanho do perfil transversal.

A fórmula para determinar o nível de margens plenas é:

$$R_{mp} = \frac{L_i}{D_i}$$

Onde  $R_{mp}$  é relação do débito de margens plenas,  $L_i$  é a largura do canal no nível considerado e  $D_i$  é a maior profundidade do canal no nível considerado. Acima do estágio de valor mais baixo, a largura aumentará rapidamente em relação à profundidade, enquanto abaixo desse valor, a profundidade diminuirá muito para larguras constantes. “O nível de margens plenas corresponde ao estágio das cheias que ocorrem com frequência (sic) de 1,58 anos de intervalo”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.69)

Pequenas bacias hidrográficas podem ser caracterizadas pela sua forma e para a caracterização dessa forma usamos o coeficiente de compacidade, também conhecido como Gravelius ( $K_c$ ), que faz uma relação entre o perímetro e a circunferência de um círculo com área igual ao da bacia. Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de compacidade, mais arredondada será a bacia e quanto mais arredondada for a bacia, maior será o risco de enchentes. (VALENTE; GOMES, 2011)

A fórmula para o cálculo do coeficiente de compacidade é dada por:

$$K_c = \frac{P}{\pi D}$$

Onde,  $K_c$  é o coeficiente de compacidade,  $P$  é perímetro da bacia (em metros ou quilômetros) e  $D$  é o diâmetro do círculo de área igual ao da bacia (em metros ou quilômetros). O valor de  $D$  é dado por:  $D = 1,128 \sqrt{A}$ , sendo que  $A$  é a área da bacia ( $m^2$  ou  $km^2$ ). (VALENTE; GOMES, 2011, p. 33)

$$\text{Dessa forma, temos que } K_c = \frac{P}{\pi \cdot 1,128 \sqrt{A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Com a análise morfométrica do sistema, é possível determinar uma série de componentes da bacia hidrográfica que possibilitam fazer sua caracterização. Constituem indicadores básicos para a análise morfométrica: a área ( $A$ ) e o perímetro ( $P$ ) da bacia; a forma; a amplitude altimétrica ( $H$ ); o comprimento ( $L_b$ ); a quantidade de rios da bacia ( $F_b$ ); a densidade de drenagem ( $D_d$ ); a densidade dos rios ( $D_r$ ); a Relação de bifurcação ( $R_b$ ); o Índice de circularidade ( $I_c$ ); o Índice entre o comprimento e a área da bacia ( $I_{Co}$ ); o Índice de dissecação ( $I_d$ ) e o Índice de rugosidade ( $I_r$ ). (CHRISTOFOLETTI, 1999)

Para o cálculo da declividade média da bacia, usa-se a fórmula descrita por Bezerra, et al (2015):

$$I = \frac{D}{A} \left( \sum_{i=1}^n CNi \right) 100$$

Sendo  $I$  a declividade média da bacia (%);  $D$  a equidistância vertical entre as curvas de nível (km);  $CN$  o comprimento total das curvas de nível (km); e  $A$  a área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>).

Para o cálculo de declividade média do canal principal, pode-se utilizar a declividade baseada nos extremos, conforme citado por Prochmann (2014) ao mencionar os conceitos de Garcez e Alvarez:

$$S = \frac{(H - h)}{L}$$

Onde  $S$  é a declividade do canal principal e  $H$  é a altitude da nascente (em metros);  $h$  é a altitude na foz (em metros) e  $L$  é o comprimento do canal principal (em km).

De acordo com Christofolletti (1999), as fórmulas para o Índice de circularidade e o índice entre o comprimento e a área da bacia são respectivamente:

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

“Onde  $Ic$  é o índice de circularidade;  $A$  é a área da bacia considerada e  $Ac$  é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada”. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 54). De acordo com autor, o valor máximo obtido para o índice de circularidade é 1, quanto mais o valor se aproxima da unidade, mais a bacia hidrográfica se aproxima da forma circular, e quanto menor o valor obtido, mais alongada será a bacia. Uma bacia hidrográfica com forma alongada é menos suscetível a enchentes.

$$Ico = \frac{Dh}{\sqrt{A}}$$

“ $Ico$  corresponde ao índice entre o comprimento e a área;  $Dh$  é o diâmetro da bacia e  $A$  é a área da referida bacia”. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 54)

Além do coeficiente de compacidade e índice de circularidade, é possível também calcular o Fator Forma de uma bacia hidrográfica, esse índice também é um indicativo da predisposição para ocorrência de enchentes em uma bacia hidrográfica. “Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma”. (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 14) A fórmula para o cálculo do Fator Forma é:

$$Kf = \frac{A}{L^2},$$

Onde Kf é o fator forma, A é a área da bacia e L é o comprimento da mesma, obtido pelo comprimento do canal mais longo, desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia. (VILLELA; MATTOS, 1975)

As fórmulas utilizadas para o cálculo de Densidade de rios ( $D_r$ ) ou Densidade hidrográfica ( $D_h$ ) e Densidade de drenagem ( $D_d$ ), ambas definidas por R. E. Horton (Apud CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 115) são, respectivamente:

$$D_r = \frac{N}{A},$$

“Onde  $D_r$  é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada”.

Marcuzzo et al (2012) enfatizam que definir a densidade de rios “é fundamental, pois através deste parâmetro ocorre à representatividade do comportamento hidrográfico dentro de seus aspectos fundamentais, a capacidade de gerar novos canais de drenagens”, os autores destacam que uma bacia hidrográfica é considerada bem drenada quando possui um canal por  $\text{km}^2$ .

Lollo (1995) apresenta quatro faixas de classificação para a frequência de canais por  $\text{km}^2$ , conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação da densidade de rios de uma bacia hidrográfica

Densidade de rios (rios/ $\text{km}^2$ )	Denominação
<3	Baixa
3-7	Média
7-15	Alta
>15	Muito alta

**Fonte:** Lollo (1995)

$$Dd = \frac{Lt}{A},$$

“Na qual Dd significa a densidade de drenagem; Lt é o comprimento dos canais e A é a área da bacia”.

De acordo com Sthraler (Apud Lima, 2008, p. 52), a densidade de drenagem das bacias hidrográficas pode ser classificada, conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Classificação da densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica

Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	Denominação
5,0	Baixa
5,0-13,5	Média
13,5-155,5	Alta
>155,5	Muito alta

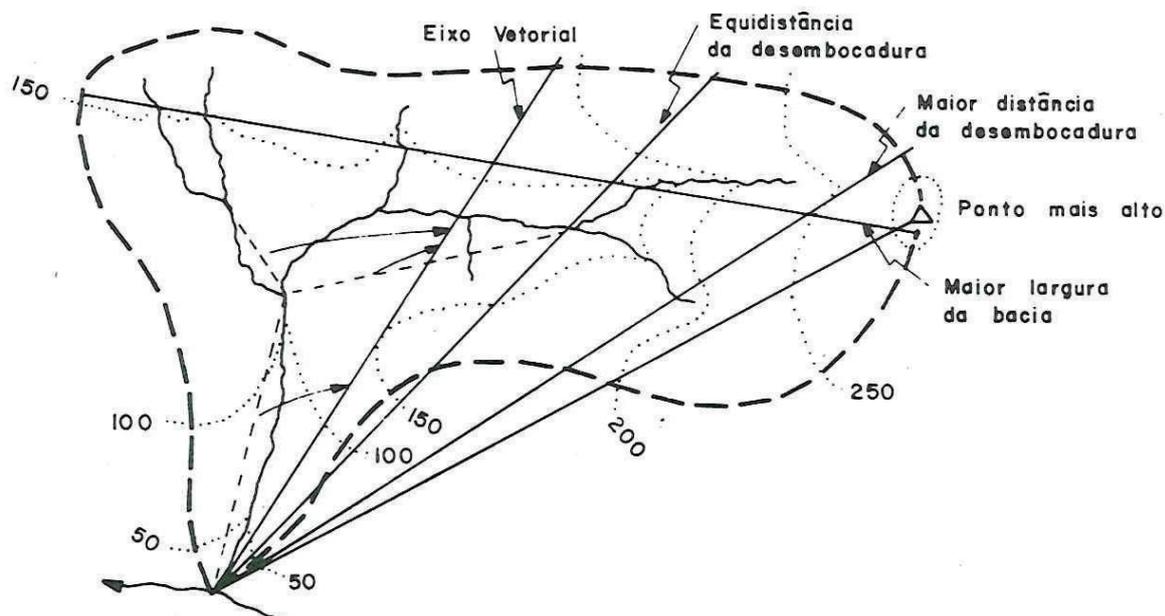
**Fonte:** Sthraler (Apud Lima, 2008)

Quanto ao comprimento da Bacia (L), são várias as definições usadas (Figura 1). Dentre elas citam-se as mencionadas por Christofolletti (1980, p. 113-114):

- Distância medida em linha reta entre a fóz e determinado ponto do perímetro, que assinala eqüidistância no comprimento do perímetro entre a fóz e ele. O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;
- maior distância medida, em linha reta, entre a fóz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;
- distância medida, em linha reta, entre a fóz e o mais alto ponto ao longo do perímetro;
- distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal. Esse procedimento acarreta diversas decisões subjetivas quando o rio é irregular ou tortuoso, ou quando a bacia de drenagem possui forma incomum.

Figura 1 – Representação dos critérios para determinação do comprimento da bacia

### DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO DA BACIA



DES GILBERTO D HENRIQUE

**Fonte:** Christofolletti (1980, p. 113)

Conforme analisam Soares e Souza (2012), o Gradiente de canais (G) pode ser obtido aplicando-se a seguinte fórmula:

$$G = \left( \frac{H-h}{L} \right) \cdot 100,$$

Onde G é o gradiente do canal; H é a altitude da nascente; h é a altitude da foz; e L é o comprimento do canal principal.

O índice de rugosidade foi proposto inicialmente por Melton (Apud CHRISTOFOLETTI, 1999), tal índice expressa as relações entre declividade e comprimento das vertentes. O índice de rugosidade (Ir) é expresso pelo produto da amplitude altimétrica (H) e a densidade de drenagem (Dd):

$$Ir = H \cdot Dd$$

De acordo com Strahler (Apud Christofolletti, 1999, p. 121), “Os valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores são elevados, isto é, quanto (sic) as vertentes são íngremes e longas”.

Christofolletti (1999, p. 53) explica que:

No caso de bacias hidrográficas, embora a análise do canal fluvial seja significativa em determinada escala de abordagem, para o contexto da bacia hidrográfica torna-se mais relevante analisar as características da rede de canais. Por outro lado, a análise da vertente também se transforma em relevância ao ser substituída pela análise topográfica da bacia. Por essa razão, como exemplo, pode-se considerar alguns dos indicadores utilizados para descrever a morfologia das bacias, a morfometria das redes fluviais e a topografia das bacias hidrográficas.

No que se refere ao trabalho dos rios, precisamos definir entre transporte, erosão e deposição de material detrítico. Os sedimentos carregados pelos rios são classificados de três formas diferentes: a) carga dissolvida – que é carregada na mesma velocidade da água, a deposição ocorre por saturação; b) carga em suspensão – carregada na mesma velocidade da água e a deposição ocorre em trechos de águas muito calmas; c) carga do leito do rio – essa carga movimenta-se mais que a velocidade da água. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

No Brasil, a sedimentometria tem sido realizada por meio da coleta de amostras de água e sedimento, análise em laboratório e cálculos. A coleta correta dos dados é fundamental, devendo ser a mais criteriosa possível, a frequência dessa coleta também é um fator determinante, pois a concentração de sedimentos comumente varia entre os períodos chuvosos e os períodos secos, assim como há variação durante as enchentes. (ANEEL, 2000)

A Geomorfologia fluvial é a área da Geografia que estuda os processos relacionados aos cursos d’água e das bacias hidrográficas. Christofolletti (1980, p. 65) define que “A Geomorfologia fluvial interessa-se pelo estudo dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios”.

A teoria de Geometria hidráulica foi apresentada por Leopold e Maddock (Apud Christofolletti, 1999). Essa teoria trabalha com aplicação de fórmulas matemáticas para a determinação de resultados.

Para Fernandez (2004, p. 117):

A geometria hidráulica de canais fluviais é analisada em duas perspectivas: 1) mudanças ao longo do tempo das variáveis dependentes com relação à variação da vazão numa determinada seção transversal (at-a-station relationships) e, 2) mudanças em direção a jusante das variáveis dependentes com respeito ao

incremento gradual da vazão numa bacia de drenagem (downstream relationships).

Com base nessa definição, entende-se que o estudo da geometria hidráulica contribui para prevenção dos processos de erosão e deposição de materiais detríticos nos rios.

O aumento do nível de água e, conseqüentemente, a sua velocidade fazem com que ocorra erosão do canal, por outro lado a diminuição do fluxo d'água geralmente é causada pela deposição fluvial. Esse aumento do nível de água ocorre, por exemplo, nos casos de enchentes. De acordo com Grison (2010, p. 35), "A erosão e a deposição fluvial são dois processos que atuam na modificação da forma do canal".

O processo de erosão pode desencadear vários problemas ambientais, por exemplo, os sedimentos que são transportados pela água podem estar contaminados por produtos agrotóxicos, levando à contaminação da água. Segundo o pertinente entendimento de Machado (2002, p. 37), "A erosão causa, quase sempre, uma série de problemas ambientais, em nível local ou até mesmo em grandes áreas".

Existem vários modelos que podem ser utilizados em bacias hidrográficas, tais modelos apresentam vantagens e desvantagens na sua utilização. O modelo matemático deve ser escolhido, levando em consideração a área de estudo. Machado (2002, p. 6-7) argumenta que "Basicamente, a modelagem matemática consiste em representar matematicamente o que acontece na natureza a partir de um modelo conceitual, idealizado com base nos dados de observação do sistema real".

Segundo BIGNOTTO (2014, p. 36):

Os modelos podem ainda ser divididos em modelos concentrados ou distribuídos. Os modelos são concentrados quando suas variáveis variam com o tempo e a variabilidade espacial é representada por um valor médio que, de certa forma, simplifica a realidade. Os modelos distribuídos dividem a bacia em elementos homogêneos de acordo com algumas propriedades, representando tanto a variabilidade temporal, quanto a variabilidade espacial do sistema físico.

Com base em equações matemáticas, é possível determinar, por exemplo, se um rio possui um fluxo turbulento corrente ou turbulento encachoeirado. Os trechos encachoeirados ocorrem onde a velocidade da água é mais elevada, implicando a possibilidade de aumento de erosão. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

A modelagem permite-nos a compreensão, a previsão e a reparação dos danos relacionados aos ciclos hidrológicos. O homem modifica o meio em que vive e

essas mudanças ocorrem por meio da urbanização, do desmatamento, da poluição, entre outros fatores.

Essas alterações no ciclo hidrológico causam consequências, tais como as inundações, mudança no curso dos rios e alteração na qualidade da água. Com base na Geometria hidráulica, é possível identificar o nível de margens plenas de um rio. Fernandez (2004, p. 120-121) define que “O nível de margens plenas demarca o limite entre os processos fluviais que moldam o canal e os que constroem a planície de inundação”. Com base na identificação do nível de margens plenas, é possível prever as áreas de inundações e os lugares mais adequados para construção de pontes e estradas.

Leopold e Maddock (Apud Grison e Kobiyama, 2011) definiram a Geometria Hidráulica como: “A medição quantitativa de alguns dos fatores hidráulicos que ajudam a determinar a forma dos canais dos cursos d’água naturais: profundidade, largura, velocidade e carga suspensa, e como eles variam com a descarga como simples funções potenciais”

Observa-se que os débitos das margens plenas possuem poder efetivo de esculturação do modelamento do canal. Para analisar o canal fluvial como exemplo de sistema morfológico, define-se que o fluxo e o material sedimentar são os dois elementos fundamentais na estruturação da geometria hidráulica. Cada um desses elementos pode ser caracterizado por diversas variáveis, realizadas nas seções transversais. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

As variáveis consideradas para o elemento fluxo são: largura, profundidade, velocidade do fluxo, volume, gradiente de energia, área, perímetro úmido, raio hidráulico e concentração de sedimentos. As variáveis consideradas para o material sedimentar são: granulometria e rugosidade do leito.

Christofoletti (1980, p. 74) afirma que “A *erosão fluvial* é realizada através de processos de corrosão, corrasão e cavitação”. A corrosão é definida por todo processo químico proveniente de uma reação entre a água e as rochas superficiais que estão em contato com ela; a corrasão é o desgaste pelo atrito gerado pelo impacto das partículas que são carregadas pela água; e a cavitação é um processo que ocorre somente quando a velocidade da água é alta, fazendo com que a variação de pressão sobre as paredes do canal favoreça a fragmentação das rochas. (CHRISTOFOLETTI 1980)

Com relação à deposição, Christofoletti (1980, p. 75) afirma que “A *deposição* da carga detrítica carregada pelos rios ocorre quando há uma diminuição da

competência ou da capacidade fluvial”. Isso ocorre muitas vezes nos casos das enchentes, muita carga detrítica fica depositada nas planícies de inundações. Fernandez (2004, p. 120) afirma que “Esta planície é definida como uma superfície plana adjacente ao canal fluvial, modelada pela ação erosiva ou deposicional do fluxo das cheias e inundada pelo menos uma vez a cada dois anos”.

Nas superfícies de inundações formam-se relevos desenvolvidos pelos processos de sedimentos que ocorrem fora do canal, como: diques marginais, sulcos e depósitos de recobrimento e bacias de inundação. (CHRISTOFOLETTI 1980)

Os diques marginais são elevações alongadas formadas pelos sedimentos que acompanham o curso do canal, a altura máxima do dique indica o nível alcançado pelas águas durante as enchentes. Os excessos de água formam os sulcos, que são valas por onde as águas das cheias se distribuem pela superfície de inundação e os sedimentos erodidos no dique se depositam como depósitos de recobrimento. As bacias de inundações são as partes mais baixas da planície, são como área de decantação, onde são depositados os sedimentos mais finos em suspensão. (CHRISTOFOLETTI 1980)

## **2.2 Bacia Hidrográfica**

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área natural onde as águas superficiais são drenadas por um canal principal e seus afluentes. A preservação dessas bacias é essencial para a manutenção dos recursos hídricos, o seu desequilíbrio pode ocasionar impactos irreversíveis na natureza. Santana (2003, p. 28) menciona o conceito de Christofolletti sobre bacia de drenagem como sendo “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”.

Black (Apud Santana, 2003, p.28) define bacia hidrográfica como sendo:

Uma unidade de terra natural, ou perturbada, na qual toda a água que cai (ou emana de nascentes) é coletada por gravidade e a porção que não evapora escorre através de uma saída comum. A bacia é a unidade básica de suprimento de água.

Tucci (1987, p. 213) define que “A bacia hidrográfica é a delimitação de uma área caracterizada pelo movimento da água, já que a capacidade de drenar o fluxo para uma seção do rio que define a bacia é baseado no relevo”. No entendimento de Silveira (2012, p. 40), “A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”.

De maneira similar, Valente e Gomes (2011, p. 26) descrevem o conceito de bacia hidrográfica:

A bacia hidrográfica é delimitada no espaço geográfico pelo divisor de águas, representado pela linha que une pontos de cotas mais elevadas, fazendo com que a água da chuva, ao atingir a superfície do solo, tenha seu destino dirigido no sentido de um ou outro córrego ou rio.

Valente e Gomes (2011) ressaltam que qualquer ponto na superfície da terra pertence a alguma bacia hidrográfica e que esta tem seus limites determinados por ações naturais. Levando em consideração que a superfície terrestre é formada por várias dessas bacias, devemos nos preocupar com a preservação das mesmas, pois as ações antrópicas são capazes de interferir de maneira significativa no seu comportamento.

Villela e Mattos (1975, p. 9) definem o divisor de águas de uma bacia hidrográfica como sendo uma linha divisória entre bacias vizinhas:

A Bacia Hidrográfica é necessariamente contornada por um divisor, assim designado por ser uma linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial.

Para Santana (2003), de um modo geral a conceituação de uma bacia hidrográfica se resume a uma área geográfica natural, delimitada pelos pontos mais altos, os divisores de água, onde a água das chuvas é drenada superficialmente por um canal principal até o ponto mais baixo, que é a foz do canal.

Tucci e Mendes (2006) destacam que as principais características de uma bacia hidrográfica são: área de drenagem, comprimento do rio principal, declividade do rio, e declividade da bacia e advertem que as alterações causadas nelas têm impactos significativos no seu escoamento.

Barbosa (2009, p. 4) enfatiza que qualquer forma de uso de solo, sem planejamento, contribui para impactar as bacias hidrográficas:

Na verdade, qualquer tipo de uso do solo em uma bacia hidrográfica sem planejamento adequado pode vir a contribuir para indesejáveis impactos, como assoreamento, erosão, parcelamento do solo, loteamentos em larga escala, ausência de manejos agrícolas adequados, entre outros, prejudicando a bacia hidrográfica no seu curso hidrológico bem como, tudo que está no seu entorno.

Ross (2004) reforça a ideia de que a tecnificação e a sofisticação crescentes, associadas ao crescimento populacional, interferem cada vez mais no ambiente natural e na busca desenfreada de recursos naturais. O autor argumenta que em

regiões onde o progresso tecnológico foi mais acentuado, houve um verdadeiro desequilíbrio social, cultural, econômico e ambiental.

De acordo com Ross (2004), o Brasil é um país marcado por problemas ambientais, em decorrência de práticas econômicas predatórias, que inclui o cultivo da cana-de-açúcar, do café, a mineração e, a partir dos anos 70, o cultivo de soja. Esses problemas comprometem a sociedade a médio e longo prazo, “face ao desperdício dos recursos naturais e degradação generalizada com perda de qualidade ambiental e de vida”. (ROSS, 2004, p. 64)

De maneira similar, Crispim e Souza (2016, p. 18) destacam que a maneira como os recursos naturais estão sendo utilizados, tanto no meio rural quanto urbano, tem nos colocado diante de um desafio complexo compreendido entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental:

A concentração de renda e de terras bem como a privatização dos recursos hídricos, coloca em debate uma sociedade extremamente desequilibrada, onde um número relativamente pequeno de pessoas tem um padrão de vida elevado, entrando em contradição com os preceitos da equidade social.

Araújo et al (2009) discorrem sobre os efeitos das ações humanas nos recursos hídricos, os quais estão passando por deterioração das suas características físicas, químicas e biológicas. Esse fato faz com que grande parte da água doce esteja sofrendo algum tipo de contaminação. Evidenciando assim, a importância em ter as bacias hidrográficas como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas, planejamento e gestão territorial.

Nas palavras de Santos et al (2012, p. 41):

A caracterização morfométrica de bacias é de grande importância para estudos ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em parte de seu curso d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema.

A falta de comprometimento ambiental, de políticas públicas e de pessoal especializado contribui para degradação ambiental das bacias hidrográficas. O homem será o maior prejudicado, pois perderá “as suas reservas de água, solo férteis, fauna, flora, ou seja, toda a biodiversidade que é tão importante para o equilíbrio ambiental e a harmonia do nosso planeta”. (ARAÚJO et al, 2009, p. 2-3)

### 2.2.1 Preservação dos Recursos Hídricos

A água é um dos recursos naturais mais importantes e possui variados usos, tais como: irrigação, abastecimento público, recreação, transporte, dessedentação de animais, entre outros. Diante do uso múltiplo da água e da sua importância para a população e para o meio ambiente, é de suma importância pensarmos na qualidade e preservação desse recurso natural.

O estudo da degradação ambiental possui grande relevância, pois envolve diversos fatores, tais como: o comprometimento da qualidade de vida, especialmente no que diz respeito à qualidade da água e o comprometimento da existência e permanência da fauna e flora. O desmatamento, as enchentes e a ocupação humana em bacias hidrográficas, sem um prévio planejamento ambiental, são alguns dos fatores que contribuem para antropização de redutos vocacionados para a proteção da natureza.

As águas são classificadas em marinhas e continentais. As águas continentais são chamadas de água doce, pois possuem baixa concentração salina. Em alguns locais encontramos uma mistura de água doce e água marinha, chamada de água salobra. As águas continentais são formadas por rios e lagos. (TUCCI, 2012)

Tundisi e Matsumura – Tundisi (2011) fazem um alerta quanto ao volume de água doce no planeta, cerca de apenas 3% do total é constituído por água doce. Um fato importante é que a distribuição de água não é igual na superfície da Terra, isso ocasiona uma desproporção na demanda de consumo. Os autores estimam que o consumo de água gasto com agricultura e uso doméstico deve aumentar no Brasil, em função da urbanização. Essas informações justificam a preocupação com a utilização e a preservação dos recursos hídricos, sobretudo levando em consideração que a recuperação de mananciais se torna onerosa. “Um dos agravantes da deterioração dos recursos hídricos é a repercussão na saúde humana e no aumento da mortalidade infantil e das internações hospitalares”. (TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2011, p. 99)

No entendimento de Paz, Teodoro e Mendonça (2000) o uso eficiente da água inclui qualquer atitude que possa diminuir o consumo dessa substância em determinada atividade, bem como favoreça a manutenção da qualidade da mesma. Sendo assim, o planejamento no uso da água torna-se essencial, para que se possa usar quantidades cada vez menores e manter a qualidade dos recursos hídricos.

A manutenção dos recursos hídricos envolve uma série de atitudes que devem ser tomadas, principalmente no que se refere ao abastecimento público das grandes

idades, onde muitas vezes a urbanização compromete a qualidade da água, tornando a disponibilidade dos recursos hídricos e as demandas desproporcionais. Tundisi (2008, p. 14) destaca a importância na recuperação dessas áreas mais impactadas “A revitalização de rios, lagos e represas em muitas regiões do Brasil, especialmente no Sudeste, pode também promover estímulos econômicos e recuperar o ciclo hidrossocial”.

O termo ciclo hidrossocial é definido por Swyngedouw (Apud Britto; Formiga-Johnsson; Carneiro, 2016) como sendo uma escassez socialmente construída. O autor considera que a circulação da água está relacionada com a circulação de dinheiro e capital. Subentende-se assim, que a população mais pobre e residente em periferias está mais vulnerável a sofrer com a escassez de água. Nas palavras de Lima (2008, p. 30), “A demanda de água aumenta com o aumento da população e com a melhoria do padrão de vida”.

De maneira similar, Santos (2000) reforça que quanto maior for a ocupação do solo e densidade de animais, maior será a poluição. Essa poluição pode ser proveniente de fertilizantes, pesticidas e/ou despejos de animais, os quais disseminam sobre a superfície do solo, infiltrando-se no ambiente aquático de alguma maneira, sendo que a maioria das fontes de poluição provê das atividades humanas.

Berbert (2003, p. 81) cita dados sobre o aumento do consumo de água, considerando que grande parte das áreas de água doce está se perdendo:

[...], as atividades agrícolas representam 70% da utilização da água no mundo e 90% de toda a água empregada no consumo humano. O uso desse bem aumentou duas vezes mais do que a taxa de crescimento populacional no último século e cerca de metade de todas as áreas cobertas com água doce já foi perdida. Em 2025, aproximadamente 20% da população mundial viverá em áreas com problemas de recursos hídricos, principalmente na África, no sul da Ásia e no Oriente Médio.

Mauad e Lima (2003, p. 99) enfatizam a importância de planejamentos estratégicos:

“A tomada de decisões em relação aos sistemas hídricos envolve diversos fatores e atualmente deve ser realizada com a participação de vários setores da sociedade, tornando-se tarefa cada vez mais complexa. Para auxiliar no processo decisório são necessários planejamentos estratégicos que identifiquem as melhores alternativas de desenvolvimento dos recursos hídricos, considerando a distribuição equitativa, o uso racional, a maximização do desenvolvimento econômico e social, a minimização dos impactos ambientais, entre outros.

A questão do gerenciamento dos recursos hídricos deve ser conduzida pelos governos, levando em consideração a relação da água com a saúde humana e considerando o ciclo hidrossocial. (TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2011, p. 252):

É muito importante que os aspectos centrais do abastecimento e da distribuição de água sejam controlados pelos governos, uma vez que esses aspectos devem considerar a água e os ecossistemas aquáticos como “provedores de serviços”.

A Resolução CONAMA nº 302/2002 estabelece parâmetros, definições e limites para as Áreas de Preservação Permanente (APP), bem como institui a elaboração obrigatória de plano ambiental de conservação e uso do seu entorno. Essa medida reconhece a importância da conservação da vegetação natural para a preservação dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a Resolução CONAMA nº 303/2002, alterada pela Resolução CONAMA nº 341/2003, estabelece que “constitui Área de Preservação Permanente, a área situada: em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura”. A Resolução menciona também a preservação de áreas ao redor de nascentes ou olho d’água (ainda que intermitente), estabelecendo um raio mínimo de cinquenta metros, visando à proteção da bacia hidrográfica.

### **2.2.2 Uso da terra**

A recuperação, preservação e o uso sustentável da terra requerem conhecimento e planejamento adequados, a fim de evitar que as atividades humanas possam causar impactos ambientais. O uso indiscriminado da terra pode ocasionar mudanças no solo, na vegetação e nas bacias hidrográficas.

Segundo Morais (2010), o uso e ocupação da terra causam alterações em torno dos sistemas naturais, no caso das bacias hidrográficas, essas alterações são refletidas, principalmente, na qualidade da água. Morais (2010) argumenta que, nas áreas rurais, a degradação do ambiente é influenciada pelo tipo de cultura, pelos fertilizantes, pelo período do ano em que se prepara o solo para o plantio e pela técnica empregada na colheita.

Morais (2010, p. 110) enfatiza a relevância do uso da terra para a preservação das bacias e microbacias hidrográficas:

É importante lembrar que em bacias e microbacias hidrográficas o uso da terra e os diversos tratamentos aplicados à cobertura vegetal afetam tanto a quantidade do deflúvio produzido quanto o regime de

vazão. As florestas desempenham um papel fundamental no recebimento e distribuição da água das chuvas nas microbacias, sendo importante a sua recuperação e preservação para a manutenção das vazões de nascentes e corpos hídricos.

De acordo com Nascimento et al (2005), a legislação ambiental no Brasil é bastante ampla, no entanto, alguns fatores dificultam a aplicação das leis, entre os quais se destaca a deficiência em meios e materiais que possam identificar as agressões ao meio ambiente.

Nesse sentido, a tecnologia pode servir como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes, uma vez que as imagens de satélite podem auxiliar na identificação de uso indevido da terra em área de preservação, minimizando a deficiência na aplicação das leis. A tecnologia é uma ferramenta muito importante no processo de análise e tomada de decisões, e os sistemas ambientais são bastante dinâmicos, por isso os processos tradicionais de registros, muitas vezes não são suficientes.

Em seus argumentos, Ferreira (2016) defende a ideia de que o levantamento do uso e ocupação do solo é um processo essencial para a identificação da utilização do espaço, podendo subsidiar planejadores e legisladores, impulsionando o desenvolvimento da região, através de uma política de uso da terra.

### **2.3 Geotecnologias**

Rosa (2005, p. 81) define as geotecnologias como sendo “o conjunto de tecnologias de coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica”, também conhecidas como geoprocessamento. Entre as geotecnologias destacamos os sistemas de informação geográfica (Geographic Information System – GIS ou SIG) e o sensoriamento remoto.

Os principais componentes de um SIG são: o software, o hardware, os dados, os usuários e as metodologias de análise. O Software tem a finalidade de coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos; o Hardware é um componente físico do sistema que inclui basicamente o computador e seus periféricos; os dados são os materiais que alimentam o sistema, podem ser de origem primária: levantamento de campo ou obtidos por sensores remotos, e secundárias: mapas e estatísticas que são derivados das fontes primárias; os usuários são as pessoas que utilizam o SIG; e as metodologias de análise definem o objetivo pelo qual cada usuário vai submeter seus dados, a fim de obter os resultados. (ROSA, 2005)

Meneses (2012, p. 3) define o sensoriamento remoto como “uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”.

Rosa (2005, p. 83) define a estrutura do sensoriamento remoto:

O sensoriamento remoto envolve basicamente duas fases: a fase de aquisição de dados e a fase de utilização. Na fase de aquisição são fornecidas as informações referentes à radiação eletromagnética, aos sistemas sensores, ao comportamento espectral dos alvos, à atmosfera, etc... Na fase de utilização são mencionadas as diferentes possibilidades de aplicação destes dados nas várias áreas do saber, assim como Geografia, Agronomia, Engenharia Civil, Geologia, Hidrologia, Pedologia, etc...

No Brasil, o projeto Radambrasil, desenvolvido na década de 60, impulsionou o sensoriamento remoto, com o treinamento de técnicos brasileiros que até então só trabalhavam com manuseio de fotografias aéreas. (ROSA, 2005)

Cherem (2008) ressalta a importância das Geotecnologias no estudo de bacias hidrográficas:

A análise e modelagem de sistemas geomorfológicos em ambiente computacional potencializaram a obtenção e análise de dados e informação que antes demandavam dispendiosos e longos levantamentos de campo e gabinete, como é o caso da análise morfométrica de bacias hidrográficas

De acordo com Almeida (2006), no Brasil, a utilização dos SIGs no processo de modelagem dos recursos hídricos tem sido mais difundida nos últimos dez anos, em decorrência da necessidade de manipulação de uma extensa massa de dados no processo de modelagem e das ferramentas que um SIG oferece.

Nas palavras de Florenzano (2005, p. 24) “As geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas”. No entanto, a autora assegura que o potencial das geotecnologias não tem sido amplamente explorado, especialmente em virtude da falta de formação inicial e continuada dos profissionais.

São exemplos de trabalhos desenvolvidos utilizando os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em Bacias Hidrográficas, em especial estudos direcionados à análise morfométrica em bacias hidrográficas: Ruela (2015), Bezerra et al (2015), Cherem (2008), Silva (2010a), Machado (2002), Prochmann (2014), Almeida (2006), entre outros. Esses estudos evidenciam a importância das

Geotecnologias para o desenvolvimento de pesquisas, sobretudo pela facilidade na análise dos dados.

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

#### 3.1 Metodologia

A pesquisa está baseada na utilização da modelagem matemática, ou modelo matemático, que representa os aspectos de uma bacia hidrográfica através de equações matemáticas. Esse modelo hidrológico permite fazer cálculos com muita agilidade, pois utiliza variáveis que podem ser alteradas facilmente.

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se a modelagem matemática como instrumento de análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, no município de Anastácio — MS. Para a obtenção dos dados, foram utilizadas pesquisas bibliográficas, documentais, tais como cartas topográficas, registros históricos, além de sistemas computacionais, pesquisa de campo e de laboratório.

Os mapas foram gerados por meio de análise em conjunto de imagens MDE ALOS/PALSAR/FDB (fine resolution mode), resolução de 12,5m, baixadas do site <https://vprtex.daac.sf.alaska.edu>.

Na elaboração do mapa de declividade foi utilizada a ferramenta Slope/declividade que está disponível no ArcToolbox e pode ser ativada na caixa de ferramentas 3D Analyst Tools > Raster Surface > Slope, ou Spatial Analyst Tools > Surface > Slope.

As etapas obrigatórias para a ferramenta Slope são: Input raster e Output raster, e as opcionais são: Output Measurement e Z-Factor. Input raster corresponde ao arquivo de entrada, o qual serviu de base para o processamento da informação, neste caso a declividade.

Output MEANSUREMENT (OPTIONAL), em Output Measurement (optional) o usuário deve escolher o tipo de cálculo da declividade a ser elaborado o arquivo de saída. Existem duas opções de escolha, a Degree (Graus) e a Percent\_Rise (porcentagem):

- Degree (Graus): Selecionando essa opção, o resultado final será calculado em graus, nesse caso, o arquivo matricial de entrada poderá estar tanto em coordenadas geográficas quanto em coordenadas planas.

- Percent\_Rise (porcentagem): Selecionando essa opção, o resultado final será calculado em porcentagem.

As Imagens foram inseridas no programa Global Mapper 13.2@ para extração automática de curvas de nível com equidistância de 10m, também foi delimitada a

bacia e extraída a rede de drenagem. Os parâmetros da bacia como área, perímetro, comprimento do rio principal, da bacia e de todos os canais foram gerados automaticamente, a partir da ferramenta Generate watershed.

Para a validação e/ou correção dos divisores d'água, utilizou-se a carta Topográfica do Ministério do Exército — Diretoria do Serviço Geográfico, com escala de 1:100.000, conforme índice de nomenclatura SF .21 -X- A-VI, Ribeirão Taquaruçu, georeferenciada no DATUM horizontal: Córrego Alegre e DATUM vertical: Imbituba, convertidos para SIRGAS 2000.

A imagem óptica de alta resolução satélite GeoEye foi usada somente no mapa dos pontos coletados, para melhor visualização, e processada por meio do ArcGis 10@ online, utilizando 17 cenas com resolução espacial de 0,63m, salvas no formato GeoTIFF, na escala de 1:10.000.

No mapeamento de cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, foram utilizadas imagens de satélite, segundo o método de interpretação visual de imagens de alta resolução espacial, conforme procedimentos metodológicos descritos por Cunha et al., (2012). Tais procedimentos consistiram em 5 etapas:

1ª – Captura das imagens ópticas de alta resolução LANDSAT8, com data de 17/07/2016.

2ª – Mosaico das cenas no SPRING 5.1.8.

3ª – Segmentação da imagem, no programa SPRING 5.1.8, com segmentação 40 e área, em pixels 80. Nesse processo, divide-se a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade. No Treinamento, durante o processamento foi feita a geração de classes para a classificação da imagem, criando as categorias: cerradão, campos gramíneos úmidos, mata semidecidual estacional submontana, pastagem plantada em região de savana e vegetação aluvial, exportados no formato shapefile. (SILVA et al, 2011)

Vale salientar que as técnicas do geoprocessamento permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes (cartografia, trabalho de campo). Além do mais, fazendo uso da fotointerpretação, é possível utilizar recursos (contrastes, composições, segmentação, classificação) que permitem individualizar os principais alvos estudados (água, solo e vegetação), conforme os procedimentos descritos abaixo:

Criar uma imagem segmentada – gerar uma imagem separada em regiões com base na análise dos níveis de cinza.

Criar arquivo de Contexto – este arquivo com armazenamento das bandas que farão parte do processo de classificação por regiões.

Executar o treinamento - devem ser feitas amostragens sobre uma imagem na área de desenho.

Analisar as amostras – permite verificar a validade das amostras coletadas.

Extração de regiões – neste procedimento o algoritmo extrai as informações estatísticas de média e variável de cada região setor, considerando as bandas indicadas, no contexto.

Classificação – para realizar a classificação de uma imagem segmentada deve-se usar o classificador por regiões.

Executar a Classificação – de posse das amostras e das bandas escolhidas a imagem é classificada.

Executar Pós-classificação - processo de extração de pixels isolados em função de um limiar e um peso fornecidos pelo usuário.

Executar o Mapeamento para Classes – permite transformar a imagem classificada processada em um mapa temático raster (categoria Temático).

4ª – Análise, interpretação e identificação das classes de uso e cobertura vegetal em ambiente ArcGIS 10@.

5ª – A validação das informações realizada por observação *in loco* e registro fotográfico.

Para a análise física do solo/sedimentos foi utilizado o método do peneiramento e pipetagem. A coleta foi feita em 16/02/2017, em quatro pontos da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho. Os quatro pontos de amostragem foram feitos a partir do leito do canal, às margens de estradas rurais não pavimentadas. As amostras foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos lacrados e etiquetados, contendo aproximadamente 500g de solo.

Os pontos de coleta foram selecionados, levando em consideração a sua localização (alto, médio e baixo curso) e acesso (leito próximo a estradas), conforme figura 2. A tabela 3 ilustra as coordenadas e altitude dos pontos de análise.

Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem

Pontos	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	S 20°38'17"	W 55°41'47,1"	219
2	S 20°38'42,7"	W 55°43'13,4"	193
3	S 20°39'00"	W 55°45'27,9"	173
4	S 20°39'18,5"	W 55°46'51,6"	167

**Fonte:** A própria autora

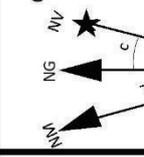


PONTOS COLETADOS  
BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

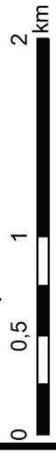


55°45'0"W

55°42'30"W



ORIENTAÇÃO  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
Longitude : 55° 43' 19,2311" W  
Data: 29/05/2017



Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM  
equador e meridiano 57° w.Gr.

2016

BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

A análise em laboratório teve início com a secagem do material em estufa a 60°C, por aproximadamente 72h, após a secagem analisou-se a cor da amostra, todas as amostras após a secagem apresentaram uma coloração mais clara em comparação ao material coletado. As amostras foram pesadas (100 gramas) e colocadas em um béquer com água destilada (250ml), agitadas com bastão de vidro e deixadas em descanso por 36h, cobertas com papel filtro. Após esse período, essas amostras foram transferidas para uma proveta de 1000ml, completando a capacidade da proveta com água destilada, deixando em descanso por 30h, cobertas com papel filtro. Para a pipetagem utilizou-se uma pipeta de 20cm<sup>3</sup> (borracha tipo garrote para sucção), as amostras foram retiradas das provetas, de acordo com cálculos da Lei de Stokes (Apud Lima e Luz, 2001) e método descrito por Suguio (1973), após terem sido agitadas até apresentarem uma cor uniforme. O material foi coletado em intervalos de tempo e em profundidades diferentes, o material pipetado foi depositado em cápsulas de alumínio previamente pesadas, essas cápsulas foram tampadas e levadas para secagem em estufa a 60°C por seis dias, e por mais um dia, após serem destampadas. Depois desse período, o material foi pesado.

O material da proveta foi preparado para peneiramento, seguindo cinco etapas. 1ª etapa: lavar o material da proveta com água comum, utilizando uma peneira de 0,062mm; 2ª etapa: colocar o material em papel filtro (com diâmetro de 30 cm) em um funil de vidro, para o escoamento parcial da água; 3ª etapa: secagem do material em estufa a 60°C, protegida por placas de Pétri, para evitar a queima; 4ª etapa: levar o material seco à bateria de peneiras em agitador elétrico a uma velocidade de 20.000 RPM, por cerca de 10 minutos; 5ª etapa: retirar todo o material das peneiras, com auxílio de escovas e depositar em recipiente com tara conhecida, na sequência, anotar os valores de cada amostra.

Para o levantamento de dados bibliográficos e cartográficos, foram utilizados dados de pesquisas científicas relacionadas ao sistema de modelagens para bacias hidrográficas, bem como dados disponíveis na Web, como dissertações de mestrado, teses de Doutorado e artigos.

O trabalho de campo foi feito em períodos alternados, levando em consideração período de chuvas e período de seca, nesse trabalho foram obtidas as Coordenadas Geográficas, com auxílio de GPS, bem como levantamento de dados referentes à vazão e registro de imagens fotográficas.

A pesquisa está fundamentada em uma abordagem hipotético-dedutivo, segundo Sposito (2004) o método hipotético-dedutivo descreve o real através de

hipóteses e deduções. Lakatos; Marconi (2003, p. 106) definem que esse método “se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formulam-se hipóteses e, pelo processo de inferências dedutivas, testa-se a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese”.

Para a realização da pesquisa foi gerado o mapa de delimitação da área da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho, usando a superposição de imagens de satélite, visando identificar aspectos relevantes.

### 3.2 Caracterização da área de estudo

O Município de Anastácio localiza-se no estado de Mato Grosso do Sul, possui precipitação pluvial anual de 1200 a 1500mm, com temperatura média anual em torno de 24°C, está inserido na Bacia do Rio Paraguai e seus principais rios são: Rio Aquidauana com 620 km de extensão; Rio Dois Irmãos, formado por dois rios, conhecidos como Braço Direito e Braço Esquerdo; Rio Miranda, com 700 km de extensão; e Rio Nioaque. (SEMAC, 2011)

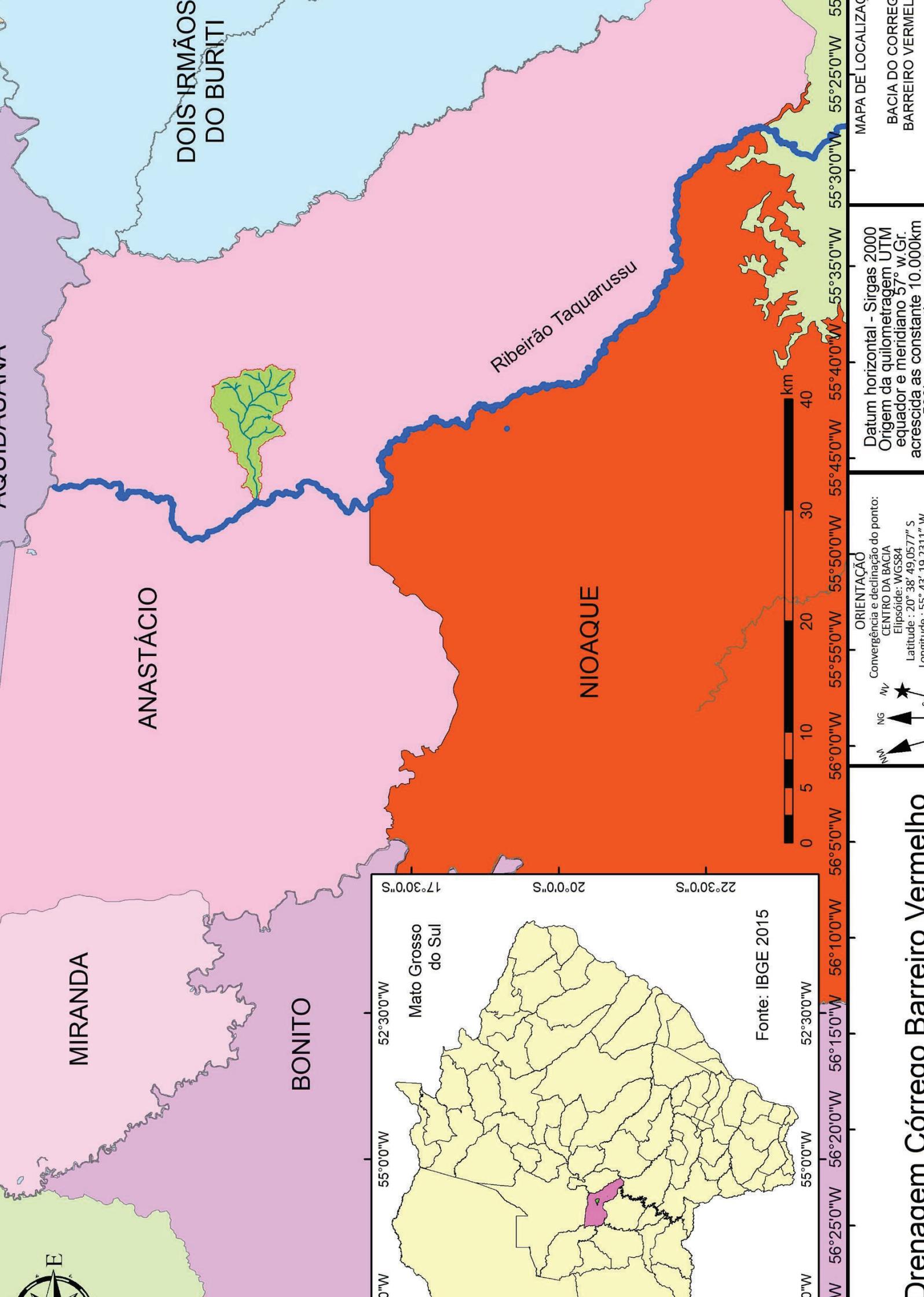
O Córrego Barreiro Vermelho recebe esse nome, em virtude de suas nascentes estarem localizadas em uma fazenda, cujo nome era Barreiro Vermelho, mas é também conhecido como Córrego da Reforma. De acordo com moradores locais, esse nome está associado à existência da antiga Fazenda Reforma, que hoje também dá nome à Colônia Reforma, localizada no baixo curso do Córrego Barreiro Vermelho, sendo o córrego o limite entre as Colônias Reforma e Lageado. O Córrego Barreiro Vermelho é um afluente da margem direita do Rio Taquaruçu. (Figura 3)

Figura 3 - Local em que o Córrego Barreiro Vermelho deságua, na margem esquerda Ribeirão Taquaruçu



Fonte: A própria autora (2016)

A área de estudo compreende toda a Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, encontra-se compreendida entre as latitudes Sul  $20^{\circ}36'22''$  e  $20^{\circ}41'14''$  e longitudes Oeste  $55^{\circ}48'15''$  e  $55^{\circ}40'47''$ , com área de  $45.969 \text{ km}^2$ , perímetro de  $40,905 \text{ km}$  e comprimento total dos canais de  $34.167 \text{ m}$ . (Figura 4)



**ORIENTAÇÃO**

Convergência e declinação do ponto:  
 CENTRO DA BACIA  
 Elipsóide: WGS84  
 Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
 Longitude : 55° 43' 19,2311" W

NG  
 MY  
 NM

Datum horizontal - Sirgas 2000  
 Origem da quilometragem UTM equador e meridiano 57° w.Gr. acrescida as constante 10.000km

MAPA DE LOCALIZAÇÃO  
 BACIA DO CORREGO BARREIRO VERMELHO

# Drenagem Córrego Barreiro Vermelho

A análise das altitudes da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, identificou uma amplitude altimétrica de 278m, na qual a cota de 441m é o ponto de maior altitude localizado na área da bacia, e a curva de nível de 170m, o ponto de menor altitude situado à foz da bacia hidrográfica. (Figura 5)

A análise da declividade do relevo da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho constatou que a classe até 5% compõe uma área de 1676,626 hectares, o que representa aproximadamente 36,47% da área total da bacia. A classe compreendida entre 5% - 10% representa uma área de 1887,188 hectares, o equivalente a 41,05% da área total da bacia. Mais de 75% da área total da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho é formada por relevo que varia de plano a suave ondulado. (Tabela 4)

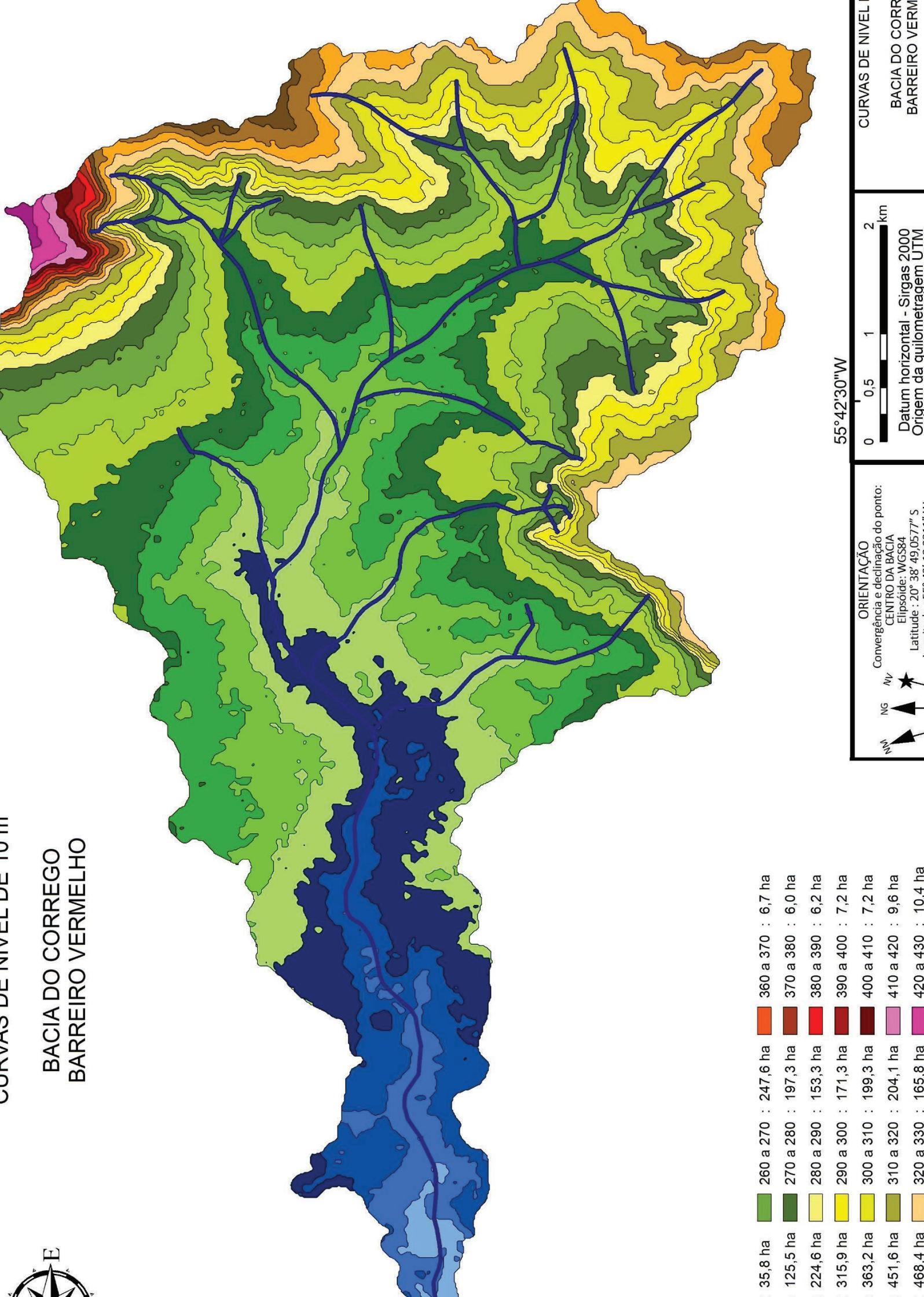
Tabela 4 – Classes de declividade da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho

Classes de Relevo (descrição)	Classes de fragilidade (Percentual)	Classes de fragilidade (Graus)	Área (hectares)	Área (%)
Plano	0-5	0 - 2,9	1676,626	36,47
Suave ondulado	5-10	2,9 - 5,7	1887,188	41,05
Ondulado	10-15	5,7 - 8,5	662,297	14,41
Muito ondulado	15-25	8,5 - 14	269,734	5,87
Forte ondulado	25-47	14 - 25	97,195	2,11
Áreas de uso restrito	47-100	25 - 45	3,860	0,08
Área de preservação permanente	>100	>45	-	-
Total	-	-	4596,900	99,99

**Fonte:** Conama (2006)

CURVAS DE NIVEL DE 10 m

# BACIA DO CORREGO BARREIRO VERMELHO



**ORIENTAÇÃO**  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude: 20° 38' 49,0577" S

0 0,5 1 2 km  
Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM

CURVAS DE NIVEL  
BACIA DO CORR  
BARREIRO VERM

### 3.3. Geomorfologia e geologia

A Geomorfologia estuda as formas de relevo, as quais são esculpidas por determinado processo ou conjunto de processos. No decorrer do tempo geológico, as topografias são elaboradas e destruídas, seja pela erosão ou pelo recobrimento sedimentar. O estudo das formas de relevo permite “compreender as formas esculpidas pelas forças destrutivas e as originadas nos ambientes deposicionais”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 66)

Ayach (2011, p. 41) discorre sobre as características do relevo do Município de Anastácio:

O município de Anastácio abrange, em menor proporção, terrenos que se estendem altimetricamente da linha do reverso de cuesta do Planalto de Maracaju-Campo Grande, a leste da cidade de Anastácio, com altitudes variando de 300 a 400 m, até a planície de inundação do rio Miranda, com altitude de 160 m. e, também, a oeste, pois a grande maioria de sua área, que inclui a cidade de Anastácio, se aloja em terrenos da Depressão do Rio Paraguai, com altitudes predominantes entre 150 a 200 m.

De acordo com a SEMAC (2011, p. 218) o Município de Anastácio – MS, pode ser dividido em duas regiões, conforme segue:

1. Região da Depressão do Alto Paraguai, que se divide em duas unidades geomorfológicas: Depressão de Miranda e Piemontes da Serra de Maracaju;
2. Região dos Planaltos da Borda Ocidental da Bacia do Paraná, com três unidades geomorfológicas: Segundo Patamar da Borda Ocidental, Terceiro Patamar da Borda Ocidental e Planalto de Maracaju.

A área de estudo está fundamentada na Formação Aquidauana, segundo Gesicki (1996, p. 1), a formação Aquidauana: “É caracterizada por espesso pacote sedimentar com litologias essencialmente arenosas e típica cor vermelha”. A Formação Aquidauana assenta-se em Rochas Pré-Cambrianas dos grupos Cuiabá e Corumbá. (RADAMBRASIL, 1982)

Do ponto de vista geomorfológico, a área da bacia está inserida na Depressão do Miranda, localizada entre a Depressão de Bonito e a Depressão de Aquidauana – Bela vista. É uma área com altitudes baixas, que variam de 150 a 300m. nas unidades.

Theodorovicz (2010, p. 82) relembra que: “Os arenitos avermelhados da Formação Aquidauana (Unidade DSVMPasaf) apresentam cor, textura e facilidade de corte favoráveis ao uso como matéria-prima para esculturas”.

O quadro 1 apresenta as definições das classes de relevo mapeadas na Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho.

Quadro 1 – Descrição das formas de relevo da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho

Formas de relevo		Descrição
Formas erosivas	Det	Superfície erosiva tabular. Relevo residual de topo aplanado, provavelmente testemunho de superfície aplanada e geralmente limitado por escarpas erosivas.
Tipos de Dissecação das Formas Erosivas	Dt	Formas tabulares. Relevos de topo aplanado com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano.
	Dc	Formas convexas. Relevos de topo convexo, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem separados por vales de fundo plano e / ou em "V".

**Fonte:** Cartas geomorfológicas 1:250.000 em BORGES et al. (1997a).

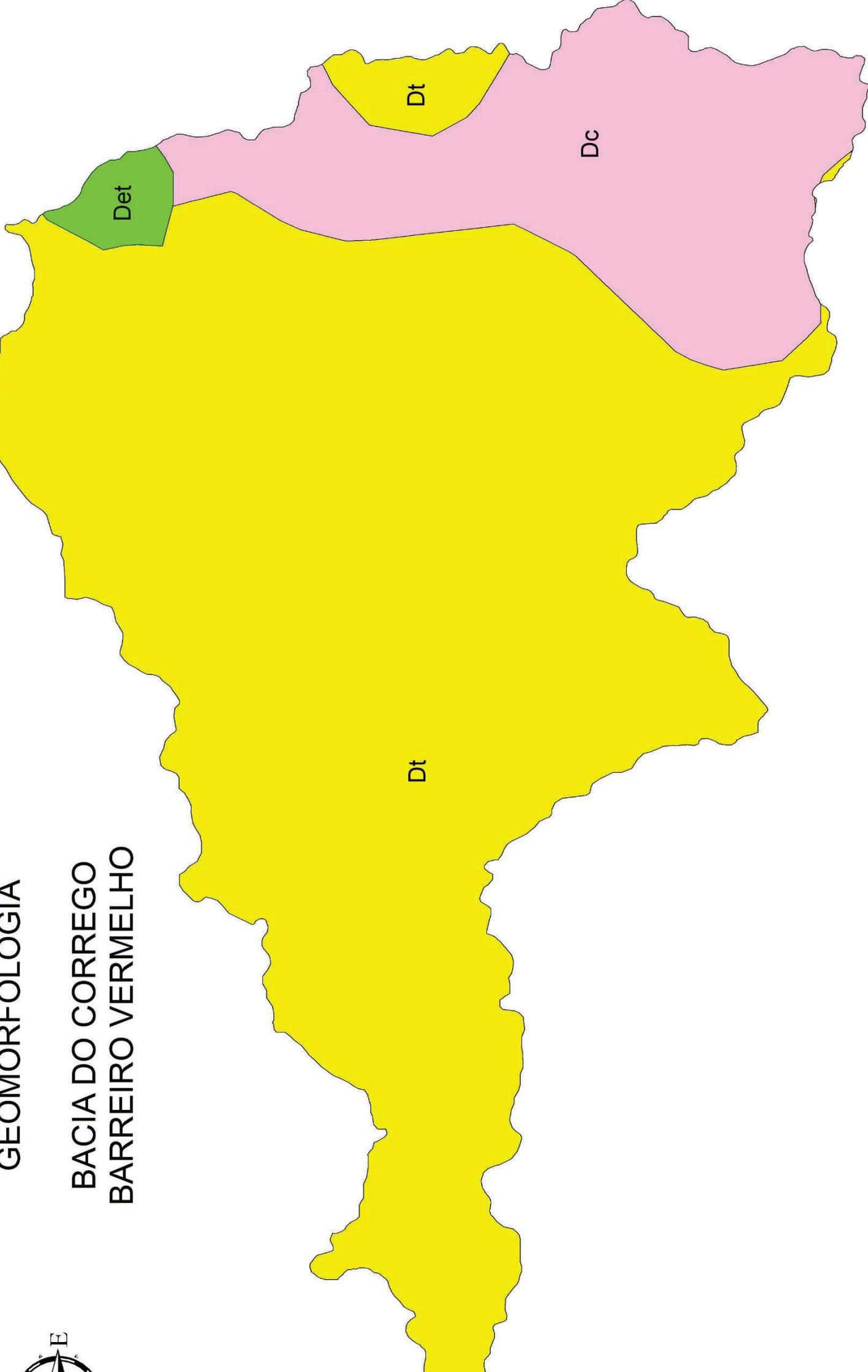
Silva (2010b, p 25) define a Depressão do Alto Paraguai como sendo “uma superfície de relevo pouco dissecado com pequeno caimento topográfico de norte para sul, rampeada em sua seção oeste, com altimetria variando entre 120 e 300 m”.

Dos tipos de dissecação das formas erosivas, as tabulares são predominantes na área da bacia, ocupando uma extensão que vai desde as nascentes até a foz, com altimetria que varia de 350 a 170m aproximadamente. (Figura 6).

A superfície erosiva tabular está localizada em áreas de maiores altitudes (390-370), próximo às escarpas que limitam a área da Bacia Hidrográfica e ocupa a menor área da Bacia.

# GEOMORFOLOGIA

## BACIA DO CORREGO BARREIRO VERMELHO



55°45'0"W

55°42'30"W

**GEOMORFOLOGICA**  
da depressão do Alto

**FORMAS EROSIVAS**  
Det - Superfície erosiva

**ORIENTAÇÃO**  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Datum horizontal - Sirlgas 2000

0 0,5 1 2  
KM  
Datum horizontal - Sirlgas 2000

**GEOMORFOLOGIA**  
BACIA DO CORREGO

### 3.4 Declividade e hipsometria

Guerra (1993, p. 199) define que “a declividade de dois pontos do terreno é medida pela inclinação da reta que os une com o plano horizontal”.

A declividade dos terrenos é um fator que determina a velocidade de escoamento superficial em uma bacia hidrográfica, ou seja, está relacionada ao tempo que as águas das chuvas levam para se concentrarem nos leitos fluviais da rede de drenagem, conseqüentemente esse processo está associado à intensidade dos picos de enchentes, assim como à capacidade de infiltração e fragilidade dos solos, no que se refere à erosão causada pelo escoamento superficial. (VILLELA; MATTOS, 1975)

Pereira e Thomaz (2013, p. 3494) ressaltam a importância do estudo da declividade, em virtude da existência de leis que regulamentam a preservação das encostas:

A declividade de encostas é um elemento muito estudado, já que é um dos fatores que contribuem em diversos processos de vertente, como os movimentos de massa, e processos erosivos, além de interferirem nos processos de uso e ocupação dos solos.

De acordo com Silveira et al (2006, p. 1): “A análise da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno na paisagem”. Ross (1994) considera que a fragilidade dos ambientes naturais cresceu proporcionalmente ao avanço técnico, científico e econômico da sociedade, de forma que essas fragilidades devem ser avaliadas a fim de subsidiar o planejamento ambiental. Entre outras aplicações, o estudo da declividade do relevo contribui para conter o uso e a ocupação humana em áreas de alta declividade.

Segundo Silva e Rodrigues (2009, p. 39): “As relações entre o meio físico e o humano a partir do estudo do relevo é de suma importância, pois este elemento é capaz de conduzir, propiciar e condicionar as atividades humanas”.

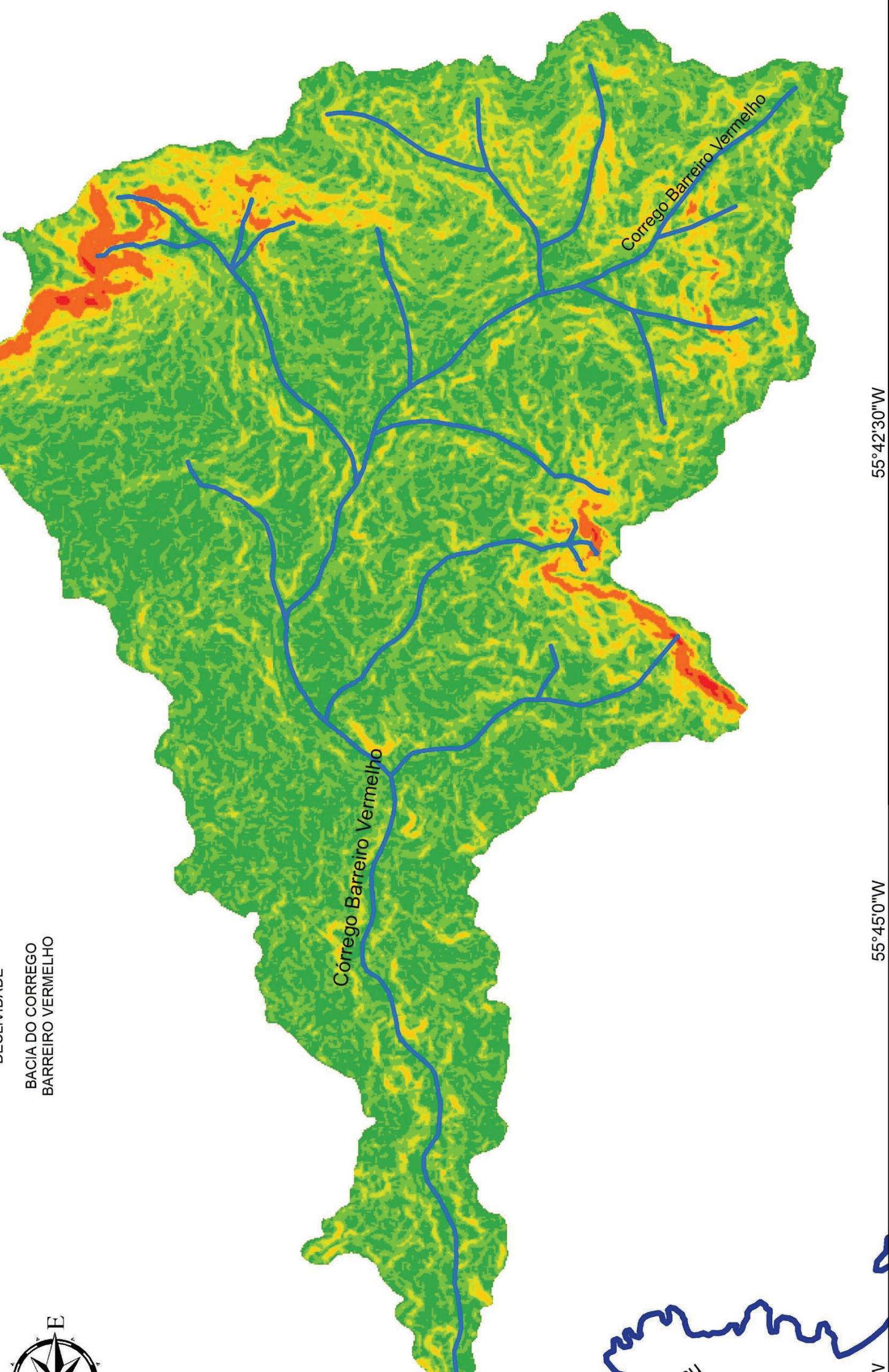
Com relação às áreas de uso restrito, a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece normas para proteção da vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal, uso restrito, exploração florestal e assuntos relacionados, aos art. 10 e 11 tratam das áreas de uso restrito:

Art. 10. Nos pantanais e planícies pantaneiras, é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo.

Art. 11. Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades

agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social.

As classes de relevos e declividades atribuídas para elaboração do mapa de declividade (Figura 7) foram atribuídas com embasamento no que determina a Resolução Conama nº 387, a qual estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária.



BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

Corrego Barreiro Vermelho

Corrego Barreiro Vermelho



**ORIENTAÇÃO**  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
Longitude : 55° 43' 19,2311" W

55° 42' 30" W

DECLIVIDADE

BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

55° 45' 0" W

2 km

Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM  
equador e meridiano 57° w.Gr.

	15% - 25% - Muito ondulado
	25% - 47% - Forte ondulado
	47% - 75% - Muito forte ondulado

De acordo com Guerra (1993, p. 230), a hipsometria está relacionada à representação do relevo em mapas, a partir do uso de cores convencionais. (Figura 8)

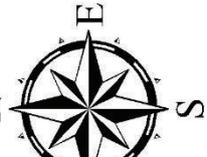
A Hipsometria é a representação altimétrica do relevo de uma região no mapa, pelo uso de cores convencionais. De acordo com as normas cartográficas as cores verdes representam as áreas mais baixas e as de tom marrom e avermelhado as das grandes altitudes.

O mapa publicado no *Atlas Nacional do Brasil* compreende 6 gamas de cores hipsométricas, a saber: 0 – 100, 100 – 200, 200 – 500, 500 – 800, 800 – 1200, e acima de 1200. A separação de uma gama para outra é feita por curvas de nível.

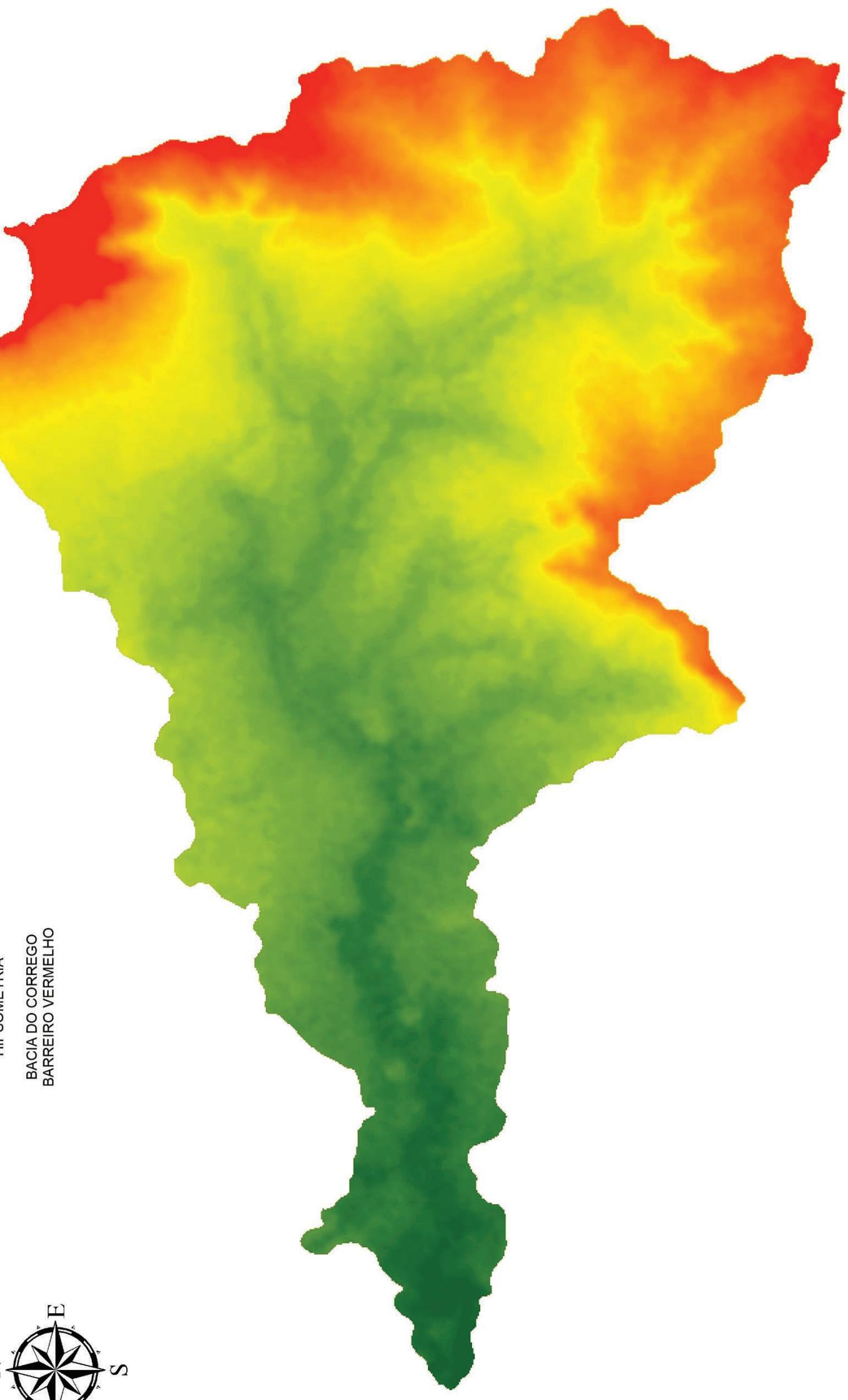
Christofolletti (1980, p. 117) descreve a hipsometria:

A hipsometria preocupa-se em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada área isoípsa base.

Quanto à altitude da área da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho, a Figura 8 ilustra as cotas altimétricas e a respectiva área ocupada por ela.



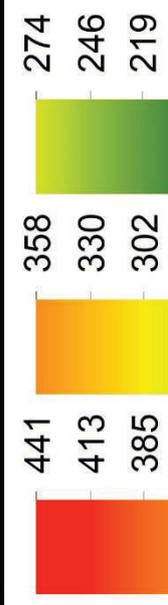
BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO



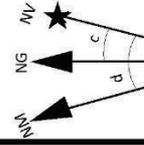
55°42'30"W

55°45'0"W

55°42'30"W



**ORIENTAÇÃO**  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
Longitude : 55° 43' 19,2311" W  
Data : 29/05/2017  
c = Convergência meridiana:



**HIPSOMETRIA**  
BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM  
equador e meridiano 57° w.Gr.  
acrescida as constante 10.000km  
e 500km respectivamente.

### 3.5 Vegetação na área da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho

De acordo com a SEMAC (2011, p. 2015), a cobertura vegetal do Município de Anastácio – MS, pode ser assim classificada:

A cobertura vegetal atual é representada por proporções iguais de vegetação nativa, caracterizada pelo Cerrado Arbóreo Denso (Cerradão), Cerrado Arbóreo Aberto (Campo Cerrado), Savana Parque (Campo Sujo), Contato Savana/Floresta Estacional e pela pastagem plantada.

A área da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho foi classificada com as seguintes biodiversidades de vegetação: Cerradão, campos gramíneos úmidos, mata semidecidual estacional submontana, pastagem plantada em região de Savana e vegetação ciliar. (SILVA et al, 2011)

De acordo com Alho e Gonçalves (2005), o cerradão também é conhecido como savana florestada, essa vegetação possui árvores que medem de 12 a 16 metros e outras que medem de 3 a 7 metros (Figura 9). Entre as espécies encontradas cita-se: louro (*Cordia glabata*), pequi (*Caryocar brasiliense*), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), cumbaru (*Dipteryx alata*), entre outras.

Figura 9 – Cerradão – localizado à margem direita do Córrego Barreiro Vermelho



**Fonte:** A própria autora (2017)

A mata ciliar ou galeria, como também é conhecida, são as florestas próximas aos rios, corixos e vazantes (Figura 10). As espécies mais comuns são: acuri (*Scheelea phalerata*), espécies de figueiras (*Ficus* spp.), piúva (*Tabebuia*

*heptaphylla*), espécies de ingás (*Inga* spp), entre outras. (ALHO e GONÇALVES, 2005)

Nicácio (2001, p. 88) define a diferença entre mata ciliar e galeria:

A mata ciliar diferencia-se da mata de galeria por apresentar espécies arbóreas caducifólias e outras, o que lhe confere aspecto geral de mata semidecídua. Florísticamente, as espécies que a habitam a tornam similar à mata seca, diferenciando-se, em geral, pela estrutura mais densa e mais alta.

Figura 10 – Depósitos aluviais de margem convexa construída e em construção



**Fonte:** A própria autora (2016)

Mata semidecidual ou Floresta estacional semidecidual é composta por árvores caducifólias, ou seja, perdem suas folhas no período da seca (Figura 11). As principais espécies são: palmeira acuri (*Scheelea phalerata*), piuchinga (*Tabebuia róseo-alba*) e piúva-da-mata (*Tabebuia impetigiosa*). (ALHO e GONÇALVES, 2005)

Figura 11 - Floresta estacional semidecidual, localizada em áreas mais elevadas da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho



**Fonte:** A própria autora (2016)

A foto ilustrada na Figura 12 evidencia o cultivo de pastagens plantadas em áreas com declive suave ondulado e a poucos metros de algumas das nascentes do Córrego Barreiro Vermelho, o que se pode observar nas visitas *in loco* é que as áreas de pastagens estão avançando em direção às escarpas.

Merten e Minella (2002, p. 35-36) classificam essas áreas como ecologicamente frágeis. São áreas que deveriam ser preservadas, ou exploradas por sistemas agroflorestais com baixo impacto ambiental:

[...] no caso de agricultores que cultivam solos em áreas declivosas e frágeis. Nestes casos, o processo de erosão hídrica é severo e a contaminação dos recursos hídricos se dá pela grande quantidade de sedimentos que chegam até os corpos de água.

Figura 12 - Pastagens plantadas em área de relevo suave ondulado



**Fonte:** A própria autora (2016)

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

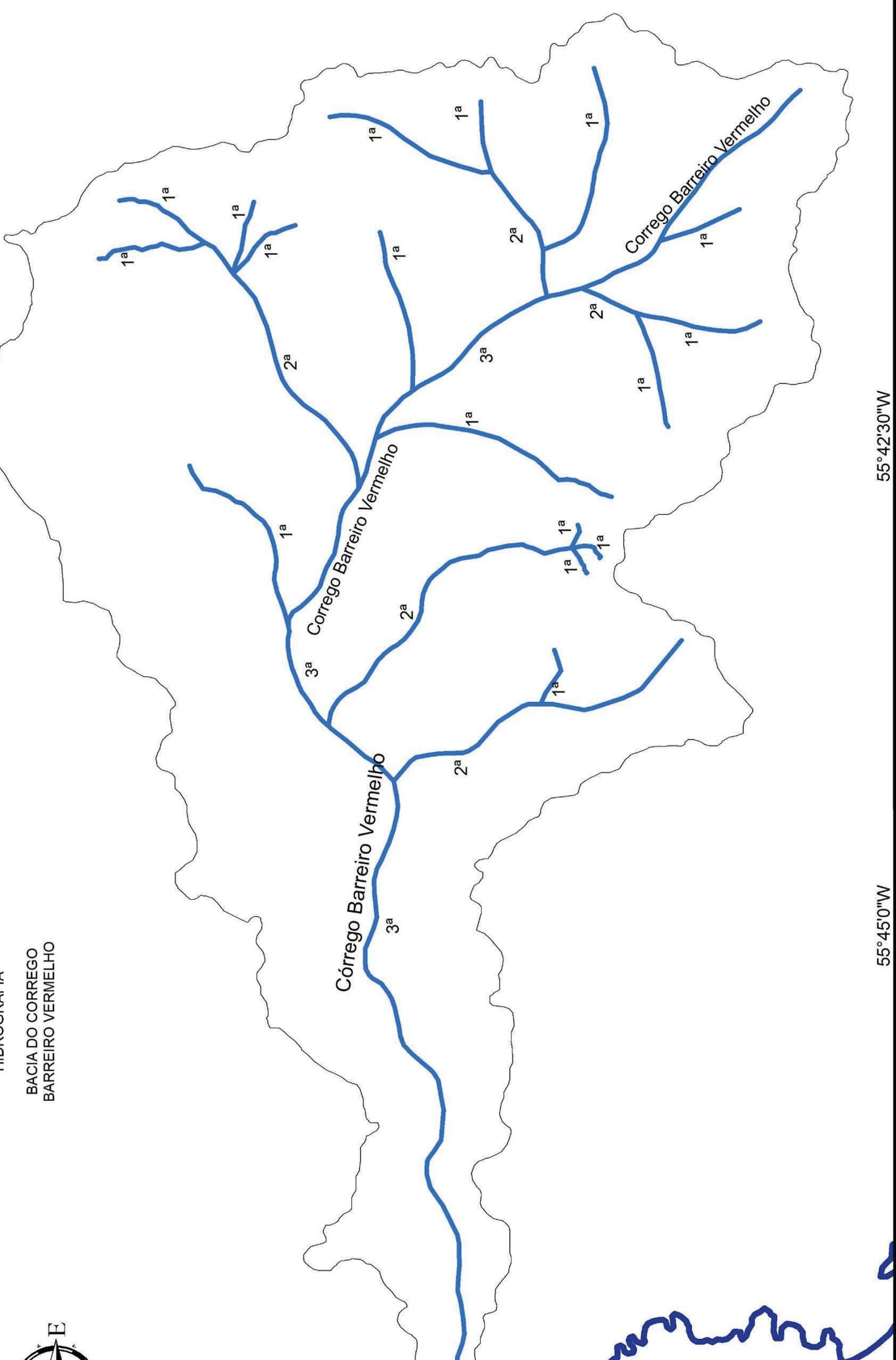
#### 4.1. Análise morfométrica da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho

A Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho é uma bacia de terceira ordem, composta por 25 canais, sendo 19 de primeira ordem e 5 de segunda ordem, conforme ilustrado na figura 13. A tabela 5 ilustra os dados morfométricos da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho.

Tabela 5 – Características morfométricas obtidas do estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho

Características Geométricas	
Área Total (A)	45,969 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	40,905 km
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,689
Índice de circularidade (Ic)	0,345
Índice entre comprimento e área da bacia (Ico)	1,63
Fator Forma	0,372
	0,297
Características de Relevô	
Declividade média	6,44%
Altitude mínima	163 m
Altitude máxima	441 m
Amplitude altimétrica	278 m
Declividade média do curso do canal principal	11,293
Características da rede de Drenagem	
Comprimento do canal principal (L)	14,596 km
Comprimento total dos canais (Lt)	35,832 km
Densidade de drenagem (Dd)	0,779 km/km <sup>2</sup>
Quantidade de rios da bacia (Fb)	26
Densidade de rios (Dr)	0,566 rios/km <sup>2</sup>
Índice de rugosidade (Ir)	216,562
Gradiente do canal principal (G) %	1,129%

**Fonte:** A própria autora (2017)



BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO



HIDROGRAFIA

BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

55°42'30"W

0 0,5 1 2 km

Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM

ORIENTAÇÃO

Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S

55°45'0"W

Divisor d'agua

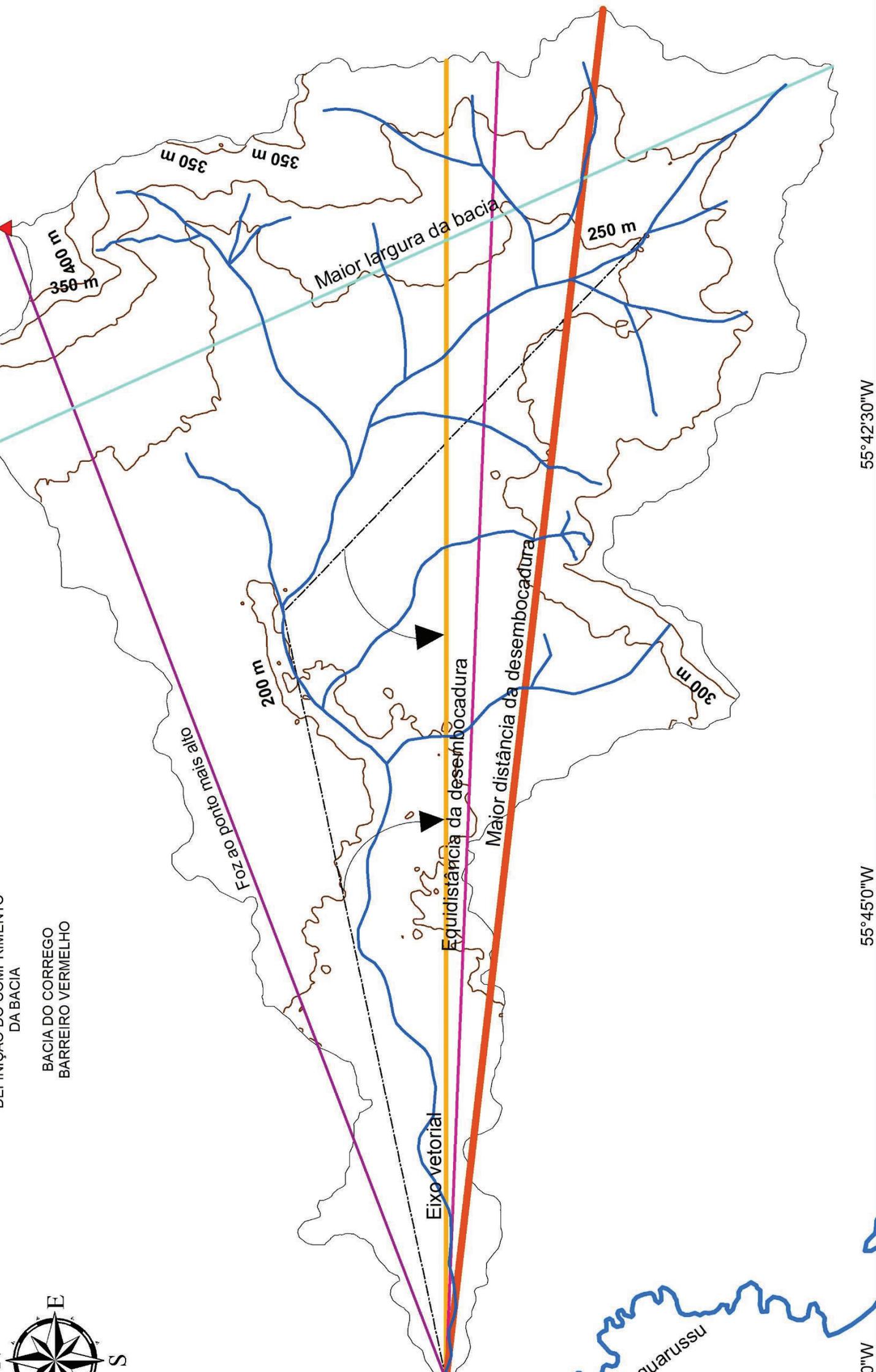
A Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho apresenta valores relativamente baixos para o índice de circularidade ( $I_r$ ), Coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e Fator Forma. Segundo Villela e Mattos (1975), esses índices associam o formato da bacia hidrográfica com o formato de figuras geométricas, sendo que o fator forma está relacionado ao retângulo, enquanto o coeficiente de compacidade e índice de circularidade associam o formato da bacia ao círculo. Esses índices são importantes para a determinação do tempo de escoamento após uma precipitação. Os resultados obtidos conduzem à ideia de que a bacia não apresenta predisposição a enchentes.

A Bacia Hidrográfica possui índice de circularidade ( $I_r$ ) de 0,345, valor que indica uma forma mais alongada da mesma, o que favorece o escoamento das águas das chuvas, minimizando a ocorrência de enchentes, sendo considerada pequena a possibilidade de uma chuva intensa atingir toda a área da referida bacia.

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) é de 1,689, quando esse valor se aproxima de 1, indica que a Bacia Hidrográfica apresenta um formato similar ao círculo e isso a faz ter predisposição a inundações. O valor obtido para o coeficiente de compacidade reforça que a Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho apresenta uma forma mais alongada, assim como os valores encontrados para o fator de forma que também foram valores baixos: 0,372 e 0,297, indicam que essa bacia tem forma alongada e, portanto, menos predisposição a enchentes.

Existem diversas definições para o cálculo do comprimento da bacia, entre as quatro definições apresentadas por Christofolletti (1980), para os cálculos do Fator Forma da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho adotou-se a distância medida entre a foz e o ponto mais alto, situado ao longo do perímetro, e a maior distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro. A Figura 14 ilustra as quatro definições de comprimento da bacia.

A Bacia Hidrográfica apresentou declividade média de 6,44%, valor condizente com o relevo suave-ondulado predominante na área de estudo. Segundo análises de Tonello et al (2006, p. 853) “a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo”.



DELIMITAÇÃO DO COM. MUNIT. DA BACIA

BACIA DO CORREGO BARREIRO VERMELHO

Foz do ponto mais alto

Maior largura da bacia

Eixo vetorial

Equidistância da desembocadura

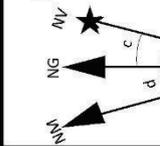
Maior distância da desembocadura

Quarussu

0°W

55°45'0"W

55°42'30"W



ORIENTAÇÃO  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA

Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
Longitude : 55° 43' 19,2311" W  
Data : 29/05/2017



Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM equador e meridiano 57° w.Gr. acrescida as constante 10 000km

# Drenagem Córrego Barreiro Vermelho

## DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO DA BACIA DO CORREGO BARREIRO VERMELHO

De acordo com a hierarquia fluvial estabelecida por Strahler (Apud Christofoletti, 1980), a bacia apresentou grau de ramificação de terceira ordem. A densidade de drenagem ( $D_d$ ) é de  $0,779 \text{ km/km}^2$ . Segundo Strahler (Apud Lima, 2008), uma bacia hidrográfica com densidade de drenagem com valor inferior a  $5 \text{ km/km}^2$  é considerada de baixa drenagem.

A baixa densidade de drenagem sugere que a área da bacia está em uma região composta por rochas permeáveis, com grande capacidade de infiltração, dificultando o escoamento superficial. Outro fator observado na Bacia do Córrego Barreiro Vermelho e que justifica a baixa densidade de drenagem é a predominância do relevo plano a suave ondulado.

Para Lima (2008), a baixa densidade de drenagem pode estar associada à presença de rochas permeáveis e a regimes pluviométricos de baixa intensidade. Lima (2008) cita os conceitos de Strahler e relembra que bacias hidrográficas com índices inferiores a  $5,0 \text{ km/km}^2$  são classificadas como de baixa densidade.

A densidade de rios ( $D_r$ ) é baixa,  $0,566 \text{ rios/km}^2$ , ou seja, menos de um canal por  $\text{km}^2$ . A amplitude altimétrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho é de  $343\text{m}$ , esse valor não é um valor expressivo, ou seja, não caracteriza o fluxo do canal como encachoeirado.

O índice de rugosidade é  $216,562$  (é) considerado médio, segundo a Tabela 6. Esse índice tem relação direta com os parâmetros hidrológicos associados à infiltração, ao tempo de escoamento das águas das chuvas e à umidade do solo. Tal valor aponta para uma declividade mediana, em virtude de uma amplitude altimétrica significativa, decorrente das escarpas que limitam a Bacia Hidrográfica.

Sousa e Rodrigues (2012) estabeleceram parâmetros para a análise do índice de rugosidade e sua correlação com a forma de relevo:

Tabela 6 – Classificação do índice de rugosidade e sua relação com a forma de relevo.

Classe de rugosidade	Valor (m)	Forma de relevo
Fraca	0 – 150	Plano com declividade média até 3%.
Média	151 – 550	Suave ondulado com declividade média entre 3 e 8%.
Forte	551 – 950	Ondulado, com declividade média entre 9 e 20%.
Muito Forte	> 950	Forte ondulado a montanhoso a escarpado com declividade média superior a 30%.

**Fonte:** Sousa e Rodrigues (2012)

O valor obtido para o Gradiente do canal principal (G) foi 1,129%, esse índice tem a finalidade de indicar a declividade dos cursos d'água e corrobora com os demais índices estudados. É uma bacia hidrográfica com pouca propensão à erosão e perda de solo e com baixas possibilidades de cheias.

Christofoletti (1980, p. 112) explica a importância desse índice na análise morfométrica:

O gradiente dos canais vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem.

De acordo com Mendonça (2013), este parâmetro está relacionado com a capacidade de mobilização ou estocagem de sedimentos em suspensão. Quanto maior o valor do gradiente, maior é a capacidade de transporte e maior a declividade do canal.

#### 4.2 Uso e cobertura da terra

Na análise da Tabela 7, com relação ao uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, verificou-se que mais da metade da área de estudo, cerca de 57,36%, é constituída por pastagem plantada. A área de Floresta estacional semidecidual submontana compõe aproximadamente 20,53% da área da dessa bacia. Ao analisar a Figura 15, é possível verificar que, mesmo nas áreas mais elevadas, há presença de pastagens, inclusive em áreas de preservação.

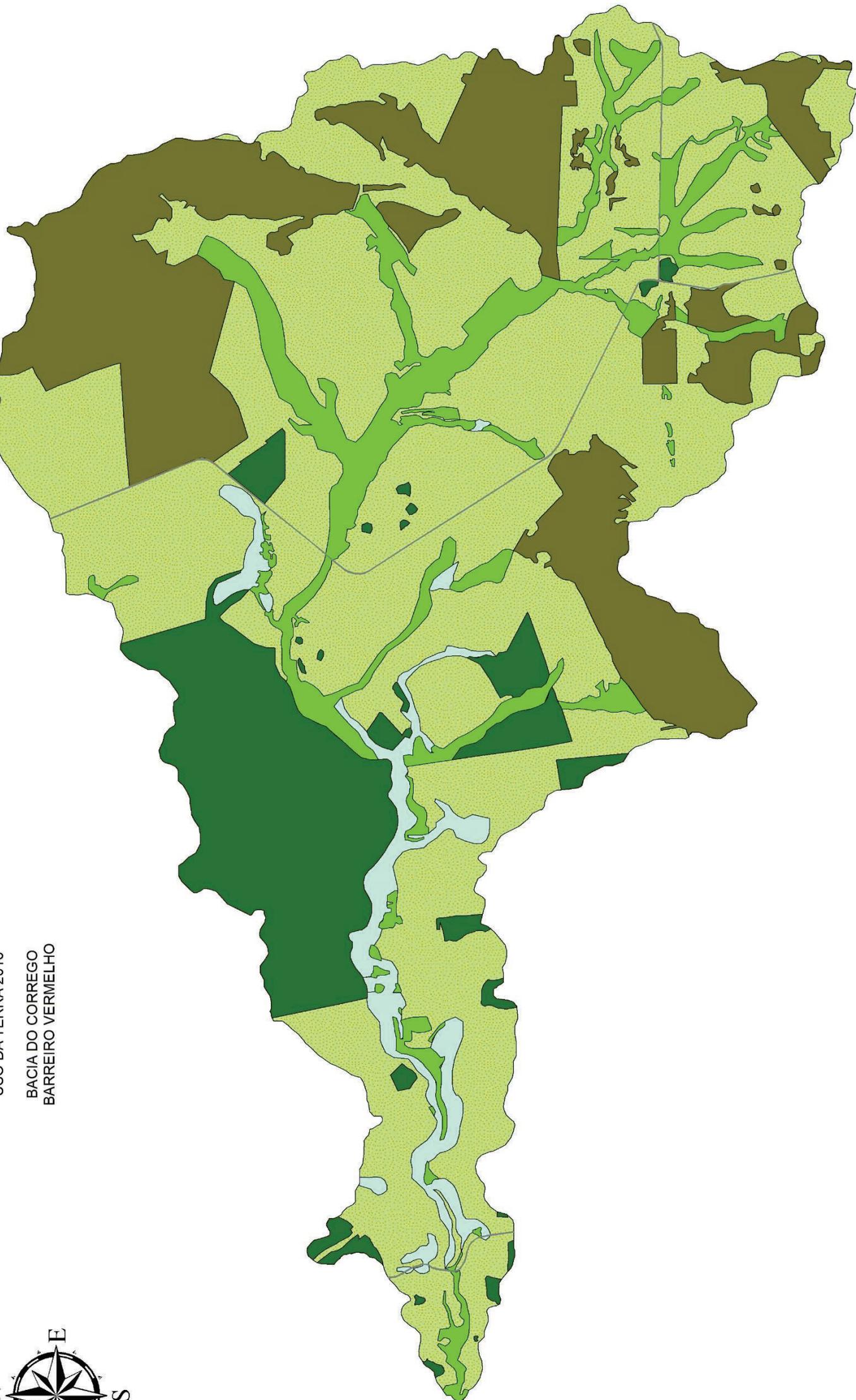
Tabela 7 – Classes de uso e cobertura da terra

Classes	Área (hectares)	Área (%)
Pastagem plantada em região de savana	2636,802	57,36
Cerradão	575,107	12,51
Floresta estacional semidecidual submontana	1036,54	20,53
Vegetação ciliar	418,279	9,1
Campos gramíneos úmidos	20,764	0,45
Estradas	2,405	0,05
Total	4596,9	100

**Fonte:** SILVA et al, 2011



BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

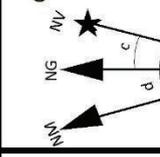


30"W

55°45'0"W

55°42'30"W

astagem plantada em região de savana  
erradão  
loresta estacional semidecidual submontana



**ORIENTAÇÃO**  
Convergência e declinação do ponto:  
CENTRO DA BACIA  
Elipsóide: WGS84  
Latitude : 20° 38' 49,0577" S  
Longitude : 55° 43' 19,2311" W  
Data: 29/05/2017



Datum horizontal - Sirgas 2000  
Origem da quilometragem UTM  
equador e meridiano 57° w.Gr.  
acrescida as constante 10.000km

USO DA TERRA 201  
BACIA DO CORREGO  
BARREIRO VERMELHO

A expansão das áreas de pastagens, na Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, pode estar relacionada com a baixa declividade, esse aspecto facilita a mecanização do trabalho.

Para Lima (2008, p. 110):

As atividades de uso da terra exercem significativa influência sobre a infiltração, e o homem pode, assim, modificar a capacidade de infiltração dos solos através do manejo. A meta maior de um programa de manejo integrado de microbacias hidrográficas deve ser a manutenção das condições ótimas da infiltração.

Lepsch (1991, p. 13) faz uma perspicaz e pertinente análise sobre o uso da terra:

O uso adequado da terra é a (sic) primeiro passo em direção a agricultura correta. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica de forma que os recursos naturais sejam colocados a disposição do homem para seu melhor uso (sic) e benefício procurando ao mesmo tempo preservar estes recursos para gerações futuras.

Embora a legislação estabeleça parâmetros para a conservação das margens, nascentes, lagos, lagoas, montanhas, escarpas, entre outras áreas que são de alta relevância para a preservação da biodiversidade, a Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho está visivelmente comprometida pela ação antrópica, em grande parte de sua área. Na Figura 16 podemos constatar uma das nascentes do Córrego Barreiro Vermelho sem nenhuma preservação de vegetação ao seu redor, inclusive, a área é utilizada para dessedentação de animais.

Figura 16 – Um dos reservatórios de nascente do Córrego Barreiro Vermelho



Fonte: A própria autora (2016)

Da mesma forma, na Figura 17 podemos observar a margem direita do canal sem nenhuma área de preservação da vegetação ciliar. Nota-se, na imagem, o desbarrancamento da margem, ocasionado pela falta de mata ciliar e pelo acesso de animais ao local.

Santos (2008, p. 25) faz um alerta quanto aos impactos que a erosão hídrica pode causar:

A erosão é o processo de desgaste acelerado do solo, provocado pela utilização de técnicas inadequadas para o cultivo. Ela provoca o empobrecimento do solo e a perda da capacidade produtiva com o passar dos tempos. Além disso, ela é responsável por importantes desajustes ambientais. Um deles é o transporte de terra para dentro dos rios que, muitas vezes, provoca a sua morte. Outro impacto preocupante é a poluição dos mananciais, que compromete a qualidade da água para consumo humano e animal

Figura 17 – Ausência de vegetação ciliar na margem direita do Córrego Barreiro



Fonte: A própria autora (2016)

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) apontam algumas atividades humanas que ocasionam impactos relevantes em relação aos recursos hídricos, pois alteram o ciclo hidrológico e a qualidade da água, dentre os quais destacamos aqueles que se apresentam com mais frequência em bacias hidrográficas rurais: construção de estradas, desvio de rios e construção de canais, agricultura e desmatamento nas bacias hidrográficas.

O Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos, possuindo cerca de 10% do total de água doce do mundo, mas alguns fatores como: diversidade de clima, relevo, condições socioeconômicas e crescimento populacional descontrolado tornam a situação preocupante, inclusive no que se refere à qualidade da água, fazendo com que cidades próximas a rios precisem recorrer a mananciais distantes. (MAUAD; LIMA 2003)

### 4.3 Análise granulométrica dos sedimentos de fundo

Em visita *in loco*, realizada no mês de abril, nos Pontos 3 e 4, durante uma semana chuvosa, observou-se que no Ponto 3 (Figura 18), a velocidade da água é muito baixa, isso favorece a decantação de sedimentos. Nesse ponto há predominância de material argiloso, conforme apresentado na análise dos sedimentos. O canal possui apenas a margem direita preservada, no entanto, essa

área está concentrada em altimetria maior, aspecto favorável para a preservação do canal. A topografia favorece a infiltração e não há compactação do solo, pois não existe grande concentração de gado.

Figura 18 – Caixa de canal desconfigurada (Ponto 3)



**Fonte:** A própria autora (2017)

No Ponto 4 (Figura 19), observou-se que o comportamento do fluxo é vitimado pela quebra d'água, devido à sinuosidade do canal. É um ponto de abandono de carga de fundo (areia média predomina em termo de depósito), a turbidez é suave. Já no Ponto 3, a topografia favorece a infiltração e as pastagens são bastante densas.

Nesses pontos notou-se que o manejo adotado na criação de gado favorece a conservação do solo, devido à baixa concentração do rebanho. Albernaz e Lima (2007) mencionam a ideia de que as pastagens degradadas ocasionam impactos significativos, não só nos solos, como nas águas, fauna e flora dos ecossistemas.

Ferreira, Tavares Filho e Ferreira (2010) explicam que o manejo amplo de animais prejudica o desenvolvimento das pastagens, com o passar do tempo, elas não conseguem se desenvolver, corroborando para a presença de pragas, plantas daninhas e, principalmente, de erosão hídrica.

Pelo mesmo viés, Albuquerque, Sangoi e Ender (2001) enfatizam que as principais causas de degradação do solo em áreas cultivadas é a compactação do mesmo, causada pelo intenso uso de máquinas, implementos agrícolas e também pelo pisoteio de animais.



No entendimento de Santos (2008), a falta de manejo do solo, associada à compactação do mesmo, devido ao pisoteio de gado, dificulta a infiltração das águas das chuvas, assim como a aração do solo para o plantio pode causar o transporte do solo solto, promovendo erosão.

Com amparo nos conceitos propostos pelos autores supracitados e de acordo com as visitas a campo, é perfeitamente plausível a hipótese de que as atividades de pecuária com pouca intensidade de rebanho, associadas à pastagem densa e a pouca utilização de maquinários, na maior parte da área de estudo, favorece a preservação do solo.

É possível constatar que os impactos gerados pela falta de preservação do solo, na área da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho, ainda são imperceptíveis aos olhos dos agricultores locais, embora já seja possível visualizar processos erosivos nas áreas das nascentes. (Figura 20)

A área da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho é formada, na sua maioria, por pequenos produtores rurais que sobrevivem da produção agropecuária, sendo a pecuária a atividade predominante.

No trabalho de campo, observou-se o avanço da perda de vegetação natural, em decorrência das pastagens plantadas, inclusive em áreas de maior declividade. Esse fato é preocupante, tendo em vista que entre os fatores que envolvem o processo erosivo cita-se a declividade.



O estudo de sedimentos é de suma importância para a compreensão do comportamento dos canais, tendo em vista que a deposição e o transporte de sedimentos podem ocasionar problemas ambientais. Em suas contundentes observações, a ANEEL (2000) afirma que: “Atividades humanas introduzem uma profunda influência na erosão. Sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores, com a interferência humana, do que seria apenas considerando-se em termos geológicos”.

Sobre a produção e carregamento de sedimentos, Queiroz e Rocha (2010, p. 148) explicam que:

O processo de ocupação humana de vertentes e várzeas para desenvolvimento de práticas antrópicas, agropecuária e industrial, somadas a retirada da vegetação são elementos que contribuem para o desencadeamento de processos erosivos provocados pela ação da água, assim diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial, carreando produtos aplicados na agricultura e dejetos oriundos das áreas urbanas para os canais, além de elevar a quantidade de sedimentos produzidos nas vertentes, o que causa o assoreamento no canal e desequilíbrio biótico em canais de médio e pequeno porte, uma vez que esses atuam como locais de reprodução.

O Ponto 1 da coleta (Figura 21) está localizado no alto curso do canal, nas proximidades das nascentes, esse local é livre para o acesso de bovinos. Nesse ponto o canal é estreito, com pouca profundidade, baixa velocidade da água e pouca proteção de mata ciliar.

Figura 21 - Ponto 1, alto curso do Córrego Barreiro Vermelho.



**Fonte:** A própria autora (2017)

O Ponto 2 da coleta está localizado no médio curso do canal, local livre para o acesso de bovinos. Nesse ponto o canal é estreito, com pouca profundidade, baixa velocidade da água e quase nenhuma proteção de mata ciliar. (Figura 22)

Figura 22 – Ponto 2, médio curso do Córrego Barreiro Vermelho.



**Fonte:** A própria autora (2017)

O Ponto 3 da coleta (Figura 23) está localizado no baixo curso do canal, o local é livre para acesso de bovinos. Nesse ponto, o canal possui largura média de 4m, com profundidade que pode passar de 2m e baixíssima velocidade da água. O leito do córrego se apresenta numa forma bastante descaracterizada, e a cor da água é bastante turva.

A margem esquerda do canal teve sua vegetação nativa substituída por pastagens, em contrapartida sua margem direita compõe a maior área de vegetação preservada em toda a área da bacia.

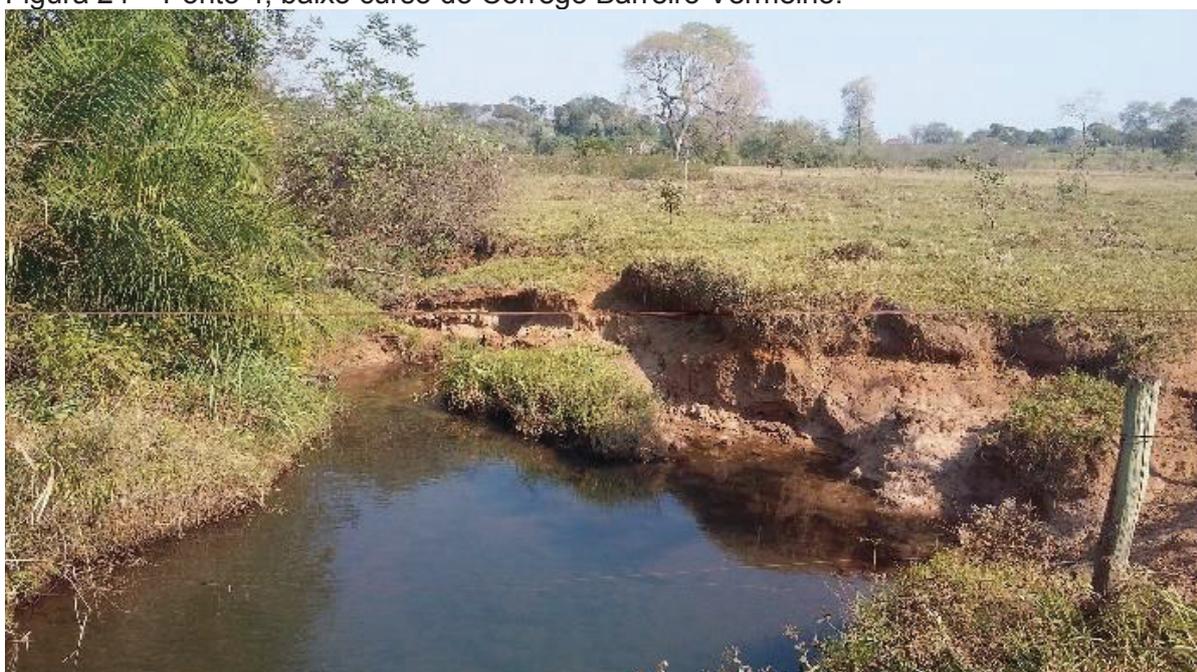
Figura 23 – Ponto 3, baixo curso do Córrego Barreiro Vermelho.



**Fonte:** A própria autora (2017)

O Ponto 4 da coleta (Figura 24) está localizado no baixo curso do canal, o local é livre para o acesso de bovinos. Nesse ponto o canal é estreito e tem pouca profundidade, a velocidade da água é mediana, e há pouquíssima proteção de mata ciliar. Nesse trecho, a intervenção humana causou mudanças significativas no sistema de escoamento do canal, por duas razões pertinentes: a retirada de vegetação e a criação de valas para acelerar o escoamento superficial.

Figura 24 – Ponto 4, baixo curso do Córrego Barreiro Vermelho.



**Fonte:** A própria autora (2017)

Os sedimentos encontrados ao longo do canal são variados. No alto curso, predominam o silte e argila; no médio curso há predominância de areias; e no baixo curso, os dois pontos analisados apresentaram resultados distintos, um com predominância de silte e outro, com predominância de areias. Dos pontos analisados, os Pontos 1 e 3 são locais de deposição de sedimentos, em virtude da baixíssima velocidade da água.

Fernandes (2014) explica que em locais com baixa velocidade da água, o canal tende a ser mais profundo e com maior sedimentação. Na Tabela 8 estão apresentados os resultados dos quatro pontos de coleta de sedimentos.

Tabela 8 - Composição granulométrica dos sedimentos transportados no fundo do canal, fevereiro/2017

Pontos de amostragem	Localização	Sedimentos de fundo (%)		
		Silte	Areia	Argila
1	Alto curso	76,64	18,62	4,67
2	Médio curso	11,7	88	0,5
3	Baixo curso	86,9	7,8	5,3
4	Baixo curso	30,37	67,66	2

**Fonte:** A própria autora (2017)

Nas Figuras 25 e 26 é possível observar os aspectos dos sedimentos coletados, na fase de decantação e depois da secagem:



Figura 26 – Sedimentos pipetados, após secagem.



Fonte: A própria autora (2017)

#### 4.3.1 Ponto 1

O Ponto 1 corresponde ao alto curso do Córrego Barreiro Vermelho, as porções de areias encontradas possuem texturas que variam de média a fina. O material em suspensão encontrado é predominantemente de silte grosso a médio. Há predominância de material fino, com composição granulométrica registrada de silte 76,64%, areia 18,62% e argila 4,67%. A velocidade da água é bem baixa nesse ponto.

Conforme analisam Bayer e Carvalho (2008), unidades de sedimentação, são porções nas quais há presença predominante de areia fina e muito fina, evidenciando a estabilidade do fluxo e margens coesas.

Quadro 2 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 1)

Granulometria (diâmetro mm)	Tempo	Peso total (g)	Peso da cápsula (g)	Pt - Pc	Peso Suspensa	PS x 50
0,062-0,031	0h0min58s	6,586	5,675	0,911	0,911	45,550
0,031-0,016	0h3min52s	6,507	5,813	0,694	0,694	34,700
0,016-0,008	0h7min44s	6,250	5,804	0,446	0,446	22,300
0,008-0,004	0h31min00s	5,747	5,500	0,247	0,247	12,350
< 0,004	2h3min00s	6,153	6,013	0,140	0,140	7,000

Quadro 3 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0, 062mm de diâmetro. (Ponto 1)

Granulometria (diâmetro mm)	Pesos	Pesos corrigidos	Porcentagem	Porcentagem acumulada
Grânulos				
4,000-2,830	0,262	0,175	0,175	0,175
2,830-2,000	0,204	0,136	0,136	0,311
Areias				
2,000-1,410	0,550	0,367	0,367	0,678
1,410-1,000	1,206	0,804	0,804	1,482
1,000-0,710	2,026	1,351	1,351	2,833
0,710-0,500	3,895	2,598	2,598	5,431
0,500-0,350	4,402	2,936	2,936	8,367
0,350-0,250	4,725	3,152	3,152	11,519
0,250-0,177	3,550	2,368	2,368	13,887
0,177-0,125	3,339	2,227	2,227	16,114
0,125-0,088	3,089	2,060	2,060	18,174
0,088-0,062	0,676	0,451	0,451	18,625
Subtotal	27,924	18,625	18,625	18,625
Siltes/Argilas				
0,062-0,031	45,55	30,382	30,382	49,007
0,031-0,016	34,70	23,145	23,145	72,152
0,016-0,008	22,30	14,874	14,874	87,026
0,008-0,004	12,35	8,237	8,237	95,263
< 0,004	7,000	4,669	4,669	99,932
Totais	149,824	99,932	99,932	99,932

#### 4.3.2 Ponto 2

O Ponto 2 corresponde ao médio curso do canal. A análise granulométrica apresentou-se com as seguintes frações: silte 11,7%, areia 88% e argila 0,5%. Observou-se início de erosão nas margens do canal, bem como deposição nas laterais. Esse ponto apresenta abandono de carga de fundo, com predominância de areia média a fina e velocidade da água não muito baixa.

Quadro 4 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 2)

Granulometria (diâmetro mm)	Tempo	Peso total (g)	Peso da cápsula (g)	Pt - Pc	Peso Suspensão	PS x 50
0,062-0,031	0h0min58s	5,599	5,501	0,098	0,098	4,900
0,031-0,016	0h3min52s	6,072	6,013	0,059	0,059	2,950
0,016-0,008	0h7min44s	5,825	5,787	0,038	0,038	1,900
0,008-0,004	0h31min00 s	5,618	5,597	0,021	0,021	1,050
< 0,004	2h3min00s	5,829	5,819	0,010	0,010	0,500

Quadro 5 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 2)

Granulometria (diâmetro mm)	Pesos	Pesos corrigidos	Porcentagem	Porcentagem acumulada
<b>Grânulos</b>				
4,000-2,830	0,213	0,221	0,221	0,221
2,830-2,000	-	-	-	-
<b>Areias</b>				
2,000-1,410	0,138	0,143	0,143	0,364
1,410-1,000	0,159	0,165	0,165	0,529
1,000-0,710	0,526	0,546	0,546	1,075
0,710-0,500	2,368	2,457	2,457	3,532
0,500-0,350	7,460	7,743	7,743	11,275
0,350-0,250	23,038	23,913	23,913	35,188
0,250-0,177	29,111	30,217	30,217	65,405
0,177-0,125	15,396	15,981	15,981	81,386
0,125-0,088	4,508	4,679	4,679	86,065
0,088-0,062	2,161	2,243	2,243	88,308
Subtotal	85,078	88,308	88,308	88,308
<b>Siltes/Argilas</b>				
0,062-0,031	4,900	5,086	5,086	93,394
0,031-0,016	2,950	3,062	3,062	96,456
0,016-0,008	1,900	2,485	2,485	98,941
0,008-0,004	1,050	1,090	1,090	100,031
< 0,004	0,500	0,519	0,519	100,550
Totais	96,378	100,55	100,55	100,550

### 4.3.3 Ponto 3

O Ponto 3 está localizado no baixo curso do canal e apresenta a margem direita parcialmente preservada, além de pertencer à área com maior preservação de vegetação, maior profundidade e velocidade de água baixíssima. Nesse ponto, o leito do córrego apresenta mudanças na sua forma. Costa (2001) explica que a presença de vegetação ciliar atua como mecanismo natural de resistência à energia do

escoamento e que essa resistência ocasiona redução na velocidade da água, elevação no nível das mesmas e maior armazenamento na calha do rio. A composição granulométrica é composta por silte 86,9%, areia 7,8% e argila 5,3%

Quadro 6 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 3)

Granulometria (diâmetro mm)	Tempo	Peso total (g)	Peso da cápsula (g)	Pt - Pc	Peso Suspenso	PS x 50
0,062-0,031	0h0min58s	6,915	5,814	1,101	1,101	55,050
0,031-0,016	0h3min52s	6,737	5,937	0,800	0,800	40,000
0,016-0,008	0h7min44s	6,284	5,789	0,495	0,495	24,750
0,008-0,004	0h31min00s	5,892	5,622	0,270	0,270	13,500
< 0,004	2h3min00s	5,475	5,313	0,162	0,162	8,100

Quadro 7 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro (Ponto 3)

Granulometria (diâmetro mm)	Pesos	Pesos corrigidos	Porcentagem	Porcentagem acumulada
<b>Grânulos</b>				
4,000-2,830	0,164	0,107	0,107	0,107
2,830-2,000	-	-	-	
<b>Areias</b>				
2,000-1,410	0,142	0,092	0,092	0,199
1,410-1,000	0,074	0,048	0,048	0,247
1,000-0,710	0,064	0,042	0,042	0,289
0,710-0,500	0,129	0,084	0,084	0,373
0,500-0,350	0,196	0,128	0,128	0,501
0,350-0,250	0,431	0,281	0,281	0,782
0,250-0,177	1,080	0,704	0,704	1,486
0,177-0,125	1,968	1,283	1,283	2,769
0,125-0,088	3,663	2,388	2,388	5,157
0,088-0,062	4,050	2,641	2,641	7,798
Subtotal	11,961	7,798	7,798	7,798
<b>Siltes/Argilas</b>				
0,062-0,031	55,05	35,892	35,892	43,690
0,031-0,016	40,000	26,08	26,080	69,770
0,016-0,008	24,75	16,137	16,137	85,907
0,008-0,004	13,500	8,802	8,802	94,709
< 0,004	8,100	5,281	5,281	99,99
Totais	153,361	99,99	99,99	99,99

#### 4.3.4 Ponto 4

A amostra local de sedimentos de fundo apresentou-se com as seguintes composições: silte 30,37%, areia 67,66 e argila 2%. Nesse ponto é visível a presença de areia como material de fundo predominante.

Quadro 8 – Anotações da pipetagem das amostras (Ponto 4)

Granulometria (diâmetro mm)	Tempo	Peso total (g)	Peso da cápsula (g)	Pt - Pc	Peso Suspenso	PS x 50
0,062-0,031	0h0min58s	5,598	5,315	0,283	0,283	14,150
0,031-0,016	0h3min52s	5,725	5,559	0,166	0,166	8,300
0,016-0,008	0h7min44s	5,714	5,612	0,102	0,102	5,100
0,008-0,004	0h31min00s	5,307	5,235	0,072	0,072	3,600
< 0,004	2h3min00s	5,915	5,874	0,041	0,041	2,050

Quadro 9 – Anotações do processo de peneiramento do material com 4,000-0,062mm de diâmetro. (Ponto 4)

Granulometria (diâmetro mm)	Pesos	Pesos corrigidos	Porcentagem	Porcentagem acumulada
<b>Grânulos</b>				
4,000-2,830	1,554	1,515	1,515	1,515
2,830-2,000	0,298	0,290	0,290	1,805
<b>Areias</b>				
2,000-1,410	0,379	0,370	0,370	2,175
1,410-1,000	0,186	0,181	0,181	2,356
1,000-0,710	-	-	-	-
0,710-0,500	0,475	0,463	0,463	2,819
0,500-0,350	0,980	0,956	0,956	3,775
0,350-0,250	2,337	2,278	2,278	6,053
0,250-0,177	5,987	5,837	5,837	11,890
0,177-0,125	17,564	17,125	17,125	29,015
0,125-0,088	24,637	24,021	24,021	53,036
0,088-0,062	15,000	14,625	14,625	67,661
Subtotal	69,397	67,661	67,661	67,661
<b>Siltes/Argilas</b>				
0,062-0,031	14,15	13,796	13,796	81,457
0,031-0,016	8,300	8,092	8,092	89,549
0,016-0,008	5,100	4,972	4,972	94,521
0,008-0,004	3,600	3,510	3,510	98,031
< 0,004	2,050	1,999	1,999	100,03
Totais	102,597	100,03	100,03	100,03

A granulometria dos materiais coletados na superfície de fundo é constituída principalmente por silte e argila nos Pontos 1 e 3, e o material de granulometria mais grosso (areia) é depositado, principalmente, nos Pontos 2 e 4. Essa nítida diferença na distribuição dos sedimentos mais finos e grossos pode ser explicada pela variação na velocidade da água, fato que influencia na capacidade de carregamento e deposição dos sedimentos de fundo e está associado, especialmente, à topografia irregular ao longo do canal principal.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo é formada na sua maioria por pequenas propriedades rurais, que sobrevivem da produção agropecuária, sendo que a pecuária é a atividade econômica predominante.

O objetivo principal desta pesquisa está embasado na análise de aspectos notadamente físicos, os resultados alcançados poderão dar suporte ao desenvolvimento de projetos para a preservação e/ou recuperação da área de estudo, levando em consideração o caráter ambiental.

Os dados obtidos mostraram que a área da Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho possui perda significativa das áreas de vegetação nativa, pois a maior parte da área (57,36%) é composta por pastagens plantadas. É possível concluir que a área da bacia está bastante modificada pelas ações antrópicas, restando apenas 12,51% de cerradão, percentual que corresponde a 575,107 hectares, de um total de 4596,9 hectares.

Com relação ao relevo, constatou-se que a área é de baixa declividade, o que faz com que ela seja utilizada intensamente na prática agropecuária (pecuária e agricultura familiar).

Após a realização das etapas de mapeamento e visita *in loco*, observou-se que não há, por parte dos moradores locais, preocupação ou conscientização com a preservação do ambiente natural.

Observou-se, ainda, processos iniciais de erosão e perda do solo, na área da bacia, sem que haja preocupação em conter e/ou evitar esse processo. A baixa declividade do relevo viabiliza o acesso de maquinários e implementos agrícolas, para a retirada de vegetação nativa e plantação de pastagens, inclusive, nas áreas de preservação. Os pontos mais críticos são as áreas próximas aos topos de morros, onde a declividade é maior e a retirada da vegetação já causa danos visíveis ao ambiente.

As matas ciliares foram substituídas por pastagens plantadas, inclusive, no curso do canal, essa degradação compromete a drenagem desse canal e a qualidade dos recursos hídricos, interferindo na trajetória do mesmo. As pequenas propriedades rurais utilizam ao máximo a área disponível, isso faz com que os limites de preservação do canal sejam ultrapassados, é possível encontrar pastagens nas em suas margens.

A análise dos dados morfométricos permite observar as seguintes características da Bacia do Córrego Barreiro Vermelho: apresenta área com baixa densidade de drenagem, pouca suscetibilidade à enchente, forma alongada e declividade predominantemente fraca a suave ondulada.

A análise de sedimentos indicou maior quantidade de fração de areia e silte, bem como aponta para uma baixa capacidade de carregamento de material de fundo, tendo em vista a variação na velocidade da água.

Assim, para uma melhor conservação e recuperação da área, torna-se necessária a sensibilização dos proprietários rurais, no que se refere ao uso e ocupação da terra, a fim de recuperar as áreas degradadas, que são as com maiores declividades e evitar o avanço de processos erosivos que começam a surgir na área da bacia.

Com base nos resultados obtidos e nas idas a campo, sugere-se a recuperação da vegetação das áreas com maior suscetibilidade à erosão, bem como a recuperação da vegetação ciliar e proteção das nascentes, visando conter os processos erosivos e assoreamento do canal.

Por fim, os resultados obtidos com a realização desta pesquisa podem ser utilizados como base para análise dos impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Córrego Barreiro Vermelho, com o propósito de minimizar as ações antrópicas na área estudada, bem como em outras bacias hidrográficas.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT - **Norma Brasileira Registrada** – NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (Aneel). **Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas**. Brasília. 2000. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia\\_prat\\_port.pdf](http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_prat_port.pdf). Acesso em 05 jun. 2017.

ALBERNAZ, Walfrido Machado; LIMA, José Maria de. **Caracterização da Cobertura Vegetal de Pastagens em duas Sub-Bacias Hidrográficas da Região de Lavras, MG**. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n2/a04v31n2>. Acesso em 12 jul. 2007.

ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; SANGOI, Luís; ENDER, Márcio. **Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho**. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n3/21.pdf>. Acesso em 12 jul. 2017.

ALHO, Cleber José Rodrigues; GONÇALVES, Humberto Cardoso. Biodiversidade do Pantanal. In: \_\_\_\_\_. **Biodiversidade do Pantanal: ecologia e conservação**. Campo Grande: UNIDERP. 2005. p. 47-79.

ALMEIDA, Cristiano das Neves. **Modelagem integrada de recursos hídricos com apoio de um sistema de informações geográficas**. 2006. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/wilfredopuellesramirez/modelagem-integrada-de-recursos-hidricos-com-apoio-de-um-sistema-de-informaes-geograficas>. Acesso em 31 out. 2017.

ARAÚJO, Lincoln Eloi de; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de; MORAES NETO, João Miguel de Moraes Neto; SOUTO, Jacob Silva; REINALDO, Lediam Rodrigues Lopes Ramos. Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**. V.8, n.1, p.1-18, 2009, disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/issue/view/50>. Acesso em 16 out. 2017.

AYACH, Lucy Ribeiro. **As condições socioeconômicas, o saneamento básico e a qualidade da água subterrânea em Anastácio (MS): aspectos relacionados à percepção ambiental**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro/SP. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104377/ayach\\_lr\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104377/ayach_lr_dr_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 25 maio 2017.

BARBOSA, José Eduardo do Couto. **Usos do solo e impactos socioambientais nas bacias hidrográficas dos rios Camanducaia e Jaguarý**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/JoseEduardodoCoutoBarbosa-Dissertacao.pdf>. Acesso em 13 out. 2017.

BARTH, Flávio Terra; Cid Tomanik Pompeu. Fundamentos para Gestão de recursos hídricos. In: BARTH, Flávio Terra (Org). **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo. Nobel. ABRH, 1987.

BAYER, Maximiliano; CARVALHO, Tiago Morato de. Processos morfológicos e sedimentos no canal do rio Araguaia. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 24-31, 2008. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1215/878>. Acesso em 05 dez. 2017.

BERBERT, Carlos Oiti. O desafio das águas. In: MARTINS, Rodrigo Constante; VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. (Orgs). **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 81-98.

BEZERRA, Joel Medeiros; RÊGO, Veneziano Guedes de Sousa; POSSAS, José Marcelo Cordeiro; SOUZA, Enio Pereira de; FERNANDES NETO, Silvana. **Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho das Piabas/PB**. 2015. Disponível em: [http://www.confex.org.br/media/Agronomia\\_analise\\_morfometrica\\_da\\_microbacia\\_hidrografica\\_riacho\\_das\\_piabaspb.pdf](http://www.confex.org.br/media/Agronomia_analise_morfometrica_da_microbacia_hidrografica_riacho_das_piabaspb.pdf). Acesso em 11 jul. 2017.

BIGNOTTO, Rafael Beltrame. **Aplicação de modelagem hidrológica associada à análise geoespacial, para caracterização da vazão na micro Central Hidroelétrica Ilha Anchieta**. Dissertação (mestrado). Guaratinguetá – SP. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/qMWQXF>>. Acesso em 12 out. 2015.

BORGES, Célia; WERLE, Hugo José Scheuer; ROSA, Deocleciano B.; PAIVA, Denílson José de; MORAES, Everaldo Paulo de; SILVA, Leodete Benedita S. Miranda e. Geomorfologia. In: PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI PCBAP/Projeto Pantanal. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Subcomponente Pantanal. Diagnóstico dos meios físico e biótico; meio físico. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.2, t.I, p.77-126, 1997.

BRASIL. **Novo Código Florestal Brasileiro**. 2012. Disponível em: <http://www.acirgurgacz.com.br/images/uploads/pdf/novocodigoflorestal.pdf>. Acesso em 10 jan. 2018.

BRITTO, Ana Lucia; FORMIGA-JOHNSSON, Rosa Maria; CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira. **Abastecimento público e escassez hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro**. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt\\_1809-4422-asoc-19-01-00183.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n1/pt_1809-4422-asoc-19-01-00183.pdf). Acesso em 18 abr. 2017

CARVALHO, Newton de Oliveira; FILIZOLA JÚNIOR, Naziano Pantoja; SANTOS, Paulo Marcos Coutinho dos; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 2000. 154p. Disponível em: <https://goo.gl/GPNI8O> Acesso em 13 jan. 2016.

CARVALHO, Elisangela Martins de. **Riscos Ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do córrego fundo, Aquidauana/MS**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana. Disponível em: <https://goo.gl/Wlyq7M> Acesso em 11 jan. 2017.

CHEREM, Luís Felipe Soares. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG**. 2008. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/luizfelipecherem.pdf>. Acesso em 30 out. 2017.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia Fluvial. In: \_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas ambientais**. 1ª Edição – São Paulo: Edgard Blücher; 1999.

CRISPIM, Andrea Bezerra; SOUZA, Marcos Nogueira. Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da Bacia do Pacoti/CE. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.10, nº 22, p.17-33, jan/abr de 2016. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/2578/1924>. Acesso em 13 out 2017.

COSTA, Helder. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: Uma Abordagem Geral**. Rio de Janeiro: SEMADS 2001. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/File/08-Enchentes.pdf>. Acesso em 5 dez. 2017.

CUNHA, Elias Rodrigues; SILVA, Leandro Félix; AYACH, Lucy Ribeiro; BACANI, Vitor Matheus. Imagens de Alta Resolução do Google Earth como Base para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Indaiá-MS. **Revista Pantaneira**, v. 14, p. 60-68, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

FERNANDES, Maurício Roberto. **Parâmetros básicos de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 18 p. il. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/livrariavirtual/cartilha%20par%C3%A2metros%20b%C3%A1sicos%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>. Acesso em 08 jan. 2018.

FERNANDEZ, Oscar, V.Q. **Relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas nos córregos de Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n. 37, p 115-134, 2004. Disponível em: <https://goo.gl/RtwsfU> Acesso em 11 out. 2015.

FERREIRA, Rogério Resende Martins; TAVARES FILHO, João; FERREIRA, Vinicius Martins. **Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo**. 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/4457/445744098012/>. Acesso em 12 jul. 2017

FERREIRA, Ednilson Mendes. **Uso da Terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho nos anos de 1988, 2000 e 2014 – nos Municípios de Aquidauana e Dois Irmãos do Buriti – MS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana. Disponível em: <https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/2670/cursold:205>. Acesso em 20 abr. 2017.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, 17, p. 24-29, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/47272/51008>. Acesso em: 20 out. 2017.

GESICKI, Ana Lúcia Desenzi. **Geologia da Formação Aquidauana (Neopaleozóico, Bacia do Paraná) na porção Centro-oeste do Estado de Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) 1996. – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-17032014-112413/pt-br.php>. Acesso em 05 jun. 2017.

GRISON, Fernando. **Geometria hidráulica de bacias hidrográficas paranaenses**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). 2010. – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis. Disponível em: <https://goo.gl/Sok5Za> Acesso em 11 out. 2015.

GRISON, Fernando; KOBAYAMA, Masato. Teoria e Aplicação da Geometria Hidráulica: Revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V.12, n.2, p.25-38, 2011, disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/232>. Acesso em 05 out. 2017.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário Geológico-geomorfológico**. 8 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=223450&view=detalhes>. Acesso em 28 nov. 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª edição – São Paulo: Atlas 2003. Disponível em: [https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy\\_of\\_historia-i/historia-ii/china-e-india](https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india). Acesso 05 out. 2017.

LEPSCH, Igo Fernando (Org). Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/23144435/manual-para-levantamento-utilitario-das-terras-e-determinacao-da-capacidade-de-u>. Acesso em 28 nov. 2017.

LIMA, Walter de Paula. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. 2ª edição – São Paulo: ESALQ, 2008. Disponível em: <http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>. Acesso em 31 maio 2017.

LIMA, Rosa Malena Fernandes; LUZ, José Aurélio Medeiros da. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. **Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, v. 54, n. 2, Junho, 2001.

LOLLO, José Augusto. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação para a quadricula de Campinas (SP)**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia: Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Lollo2/publication/277716440\\_O\\_uso\\_da\\_tecnica\\_de\\_Avaliacao\\_do\\_Terreno\\_no\\_processo\\_de\\_elaboracao\\_de\\_Mapeamento\\_Geotecnico\\_sistematizacao\\_e\\_aplicacao\\_para\\_a\\_Quadricula\\_de\\_Campinas\\_SP/link/s/557194d908ae7467f72ca31a/O-uso-da-tecnica-de-Avaliacao-do-Terreno-no-processo-de-elaboracao-de-Mapeamento-Geotecnico-sistematizacao-e-aplicacao-para-a-Quadricula-de-Campinas-SP.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Lollo2/publication/277716440_O_uso_da_tecnica_de_Avaliacao_do_Terreno_no_processo_de_elaboracao_de_Mapeamento_Geotecnico_sistematizacao_e_aplicacao_para_a_Quadricula_de_Campinas_SP/link/s/557194d908ae7467f72ca31a/O-uso-da-tecnica-de-Avaliacao-do-Terreno-no-processo-de-elaboracao-de-Mapeamento-Geotecnico-sistematizacao-e-aplicacao-para-a-Quadricula-de-Campinas-SP.pdf). Acesso em 08 nov. 2017.

MAUAD, Frederico Fábio; LIMA, Guilherme de. Planejamento Estratégico de Sistemas Hídricos. In: MARTINS, Rodrigo Constante; VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. (Orgs). **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 99-126.

MACHADO, Ronalton Evandro. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. Disponível em: <http://goo.gl/yIDUmN> Acesso em 12 nov. 2015.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; OLIVEIRA, Nayhara de Lima; CARDOSO, Murilo Raphael Dias; TSCHIEDEL, Arthur da Fontoura. **Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba**. 2012. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento\\_Hidro\\_Marcuzzo.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Hidro_Marcuzzo.pdf). Acesso em 28 set. 2017.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia-SEMACE. Caderno Geoambiental das Regiões de Planejamento do MS. **Região do Pantanal**. Campo Grande, 2011. p.208-219. Disponível em: <http://docplayer.com.br/9747983-5-regiao-do-pantanal.html>. Acesso em 26 maio 2017.

MENDONÇA, Patrícia Ramaldes. Características Hidrogeomorfológicas das Bacias Hidrográficas dos Rios Santa Maria do Rio Doce e Santa Joana/Es. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_6782\\_patricia.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6782_patricia.pdf). Acesso em 20 nov. 2017.

MERTEN, Gustavo Henrique; MINELLA, Jean Paolo Gomes. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002. Disponível em: [http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3\\_n4/artigo2.pdf](http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf). Acesso em 04 jan. 2018

MENESES, Paulo Roberto. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. (Orgs). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012. p. 1-33. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em 17 out 2017.

MORAIS, Eduardo Beraldo de. **Indicadores microbiológicos, metais e índice de qualidade da água (IQA) associados ao uso e ocupação da terra para avaliação da qualidade ambiental da microbacia do Rio Cabeça, na bacia do rio**

**Corumbataí, SP.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103982>. Acesso em 20 abr. 2017.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do; SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO, Carlos Antônio Álvares Soares; SILVA, Elias. Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre. **Anais XII Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2015, INPE.** Disponível em:

<http://mar.te.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.18.18.26/doc/2289.pdf>. Acesso em 20 abr. 2017.

NICÁCIO, Joaquim Eduardo de Moura. A manutenção de Mata Ciliar: um ativo permanente. **Revista de Estudos Sociais** - ano 3, nº 6/2001. Disponível em <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/article/viewFile/178/168>. Acesso em 5 jan. 2018.

PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campus. Recursos hídricos, agricultura irrigada e Meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande. v.4, n.3, p.465-473, 2000, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n3/v4n3a25.pdf>. Acesso em 09 set. 2016.

PEREIRA, Adalberto Alves. THOMAZ, Edivaldo Lopes. Hipsometria e Declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR, utilizando o Software Spring. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.** Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0071.pdf>. Acesso em 19 abr. 2017.

PROCHMANN, João Ricardo. **Análise espacial da susceptibilidade à Inundações na bacia hidrográfica do córrego Grande, Florianópolis – SC.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/131751/TCC%20-%20JRP.pdf?sequence=1>. Acesso em 11 jul. 2017.

QUEIROZ, Fábio Luiz Leonel; ROCHA, Paulo César. Avaliação de sedimentos do leito no canal Curutuba / planície fluvial do alto rio Paraná, Mato Grosso do Sul – Brasil. **Revista AGB/TL**, n. 11, p. 147-164, maio 2010. Disponível em:

<http://www.seer.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/659/474>. Acesso em 22 dez. 2017.

RESOLUÇÃO CONOMA. Nº. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>. Acesso em 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Nº. **303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Nº **341**, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na Zona Costeira. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=379>. Acesso em 05 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Nº. **387**, de 27 de dezembro de 2006. Dispõe sobre as diretrizes para o licenciamento ambiental de Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária, bem como os procedimentos e prazos necessários, a serem aplicados em qualquer nível de competência. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38706.pdf>. Acesso em 07 ago. 2017.

RADAMBRASIL. FOLHA SF.21 CAMPO GRANDE. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamentos de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1982. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv14553.pdf>. Acesso em 26 maio 2017.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. 16, p. 81-90. 2005. Disponível em: [http://www.geografia.ufflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_16/Roberto\\_Rosa.pdf](http://www.geografia.ufflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_16/Roberto_Rosa.pdf). Acesso em 17 out 2017.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientais naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em 19 abr. 2017.

RUELA, Bruno Parma. **Caracterização Morfométrica da Microbacia Bom Jardim situada no Município de Rio Pomba, MG: Uma Análise de Áreas Críticas para a Possível Implementação do Programa Produtor de Água**. 2015. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2015/07/Bruno-Parma-Ruela.pdf>. Acesso em 08 ago. 2017.

SANTANA, Derli Prudente. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. 2003. **EMBRAPA**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/docume30ID-TUSBRYuXa7.pdf>. Acesso em 12 jan. 2017.

SANTOS, Eva Teixeira dos. **Caracterização ambiental da alta Bacia do Rio Aquidauana/MS e identificação dos impactos do uso e ocupação do solo na qualidade dos recursos hídricos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos.

SANTOS, Eva Teixeira dos; Arruda, Maria Aparecida Jacques de; ASSUNÇÃO, Rosalina Brites (Orgs). **Manual para elaboração de trabalho de conclusão de curso (TCC) e dissertações /organização**. Aquidauana, MS: CPAQ, 2015.

SANTOS, Édla Gonçalves Lopes dos. **As relações de uso e ocupação com a aptidão agrícola das terras: Assentamento Monjolinho – Anastácio/MS**. 2008. Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp080678.pdf>. Acesso em 13 jul. 2017.

SANTOS, Agenor Micaeli dos; TARGA, Marcelo dos Santos; BATISTA, Getulio Teixeira; DIAS, Nelson Wellausen. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiaqua/v7n3/v7n3a16.pdf>. Acesso em 07 jun. 2017.

SILVA, Aion Angelu Ferraz. **Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João-To**. 2010a. Monografia (Graduação em Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Curso de Geografia, Porto Nacional. Disponível em: <http://goo.gl/lqv6Bo>. Acesso em 12 nov. 2015.

SILVA, Aguinaldo. **Geomorfologia do Megaleque do Rio Paraguai, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil**. 2010b. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102884/silva\\_a\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102884/silva_a_dr_rcla.pdf?sequence=1). Acesso em 9 Jan. 2018.

SILVA, Thallita Isabela; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Elaboração de um tutorial de cartografia geomorfológica como alternativa para o ensino de geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**. 2009. Disponível em: <http://132.248.9.34/hevila/Revistageograficaacademica/2009/vol3/no2/9.pdf>. Acesso em 19 abr. 2017.

SILVA, João dos Santos Vila da; POTT, Arnildo; ABDON, Myrian de Moura; POTT, Vali Joana; SANTOS, Kelson Ribeiro dos. **Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64 p.

SILVEIRA, Claudinei Taborda; OKA-FIORI, Chisato; FIORI, Alberto Pio; ZAI, Clotilde. Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference On Geomorphology**. 2006, Goiânia. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/432.pdf>. Acesso em 19 abr. 2017.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RS: ABRH, 2012.

SOUSA, Flávio Alves de; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. 2012. **Revista de Geografia da UFC**. Mercator, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/2736/273624812011.pdf>. Acesso em 20 nov. 2017.

SPOSITO, Eliseu Savério. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

SUGUIO, Kenitiro. 1973. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. EDUSP, 317 p.

SOARES, Márcia Regina Gomes de Jesus; SOUZA, Jorge Luiz Moretti; **Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR)**. 2012. Disponível em: [http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/fundamentos\\_hidrografia\\_2012\\_geoagografia.pdf](http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/fundamentos_hidrografia_2012_geoagografia.pdf). Acesso em 08 jun. 2017.

THEODOROVICZ, Ângela Maria de Godoi. **Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul**. \_\_\_\_\_; THEODOROVICZ, Antônio. São Paulo: CPRM, 2010. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16734/Geodiversidade\\_MS.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16734/Geodiversidade_MS.pdf?sequence=1). Acesso em 13 jul. 2017.

TONELLO, Kelly Cristina; DIAS, Herly Carlos Teixeira; SOUZA, Agostinho Lopes de; RIBEIRO, Carlos Antonio Soares Alvares; LEITE, Fernando Palha. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães – MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>. Acesso em 06 out. 2017.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RS: ABRH, 2012.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Modelos determinísticos. In: BARTH, Flávio Terra (Org). **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo. Nobel. ABRH, 1987.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH). Vol. 7, nº1, p. 5-27, 2002. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1583>. Acesso em 12 nov. 2015.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; CLARKE, Robin Thomas. Impactos da Cobertura Vegetal no escoamento: Revisão. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 2 n 1 Jan/Jun 1997, 135-152. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=57&SUMARIO=763>. Acesso em: 19 jul. 2016.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente/SQA. – Brasília: MMA, 2006. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/arquivos/sqa\\_3.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/sqa_3.pdf). Acesso em 13 out. 2017.

TUNDISI, José Galizia. Recursos Hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**. 2008. Disponível em: <http://periodicos.usp.br/eav/article/view/10290/11934>. Acesso em 09 set. 2016.

\_\_\_\_\_. **Recursos Hídricos**. 2003. Disponível em: <https://goo.gl/vFTeTp> . Acesso em 06 jan. 2017.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VALLE JUNIOR, Renato Farias do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Disponível em: <http://goo.gl/jKJByz> Acesso em: 15 dez. 2015.

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. **Conservação de Nascentes: Produção de água em Pequenas Bacias Hidrográficas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011.

VELOZO, Regiane. **Caracterização geológico-geotécnica do lixão desativado de São Carlos-SP, com auxílio da geofísica**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp010529.pdf>. Acesso em 03 out. 2017.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.