



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DE FERRAMENTAS PARA AUXÍLIO DE TOMADA DE DECISÃO EM  
ESTUDOS GEOAMBIENTAIS – ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA DE MINAS - MG**

**Pietro Castagnaro**

**MONOGRAFIA nº 292**

**Ouro Preto, Julho de 2018**



**ESTUDO DE FERRAMENTAS PARA AUXÍLIO DE TOMADA  
DE DECISÃO EM ESTUDOS GEOAMBIENTAIS – ESTUDO  
DE CASO EM BRASÍLIA DE MINAS - MG**

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

### **Reitora**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Aparecida Marlière de Lima

### **Vice-Reitor**

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

### **Pró-Reitora de Graduação**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Rossi Garbin

### **ESCOLA DE MINAS**

#### *Diretor*

Prof. Dr. Issamu Endo

#### Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

#### *Chefe*

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca Filho



# **MONOGRAFIA**

**Nº 292**

## **ESTUDO DE FERRAMENTAS PARA AUXÍLIO DE TOMADA DE DICISÃO EM ESTUDOS GEOAMBIENTAIS – ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA DE MINAS**

**Pietro Castagnaro**

*Orientador*

**Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Junior**

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 292, ano 2018/1.

**OURO PRETO**

**2018**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Pietro Castagnaro  
Catalogação elaborada pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

C346e

Castagnaro, Pietro.

Estudo de ferramentas para auxílio de tomada de decisão em estudos Geoambientais - estudo de caso em Brasília de Minas - MG [manuscrito] / Pietro Castagnaro. - 2018.

68f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Jr..

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.

1. Geoprocessamento. 2. Cartografia - Processamento de dados. 3. Análise ambiental. I. Martins Jr., Paulo Pereira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 528.8:502

Catalogação: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

# Ficha de Aprovação

## TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: ESTUDO DE FERRAMENTAS PARA AUXÍLIO DE TOMADA DE  
DECISÃO EM ESTUDOS GEOAMBIENTAIS – ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA  
DE MINAS**

**AUTOR:** Pietro Castagnaro

**ORIENTADOR:** Paulo Pereira Martins Junior

**Aprovado em:** 24/07/2018

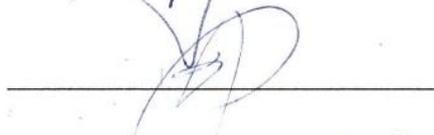
**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Paulo Martins Pereira Jr



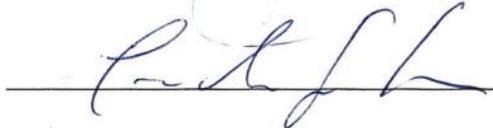
DEGEO/UFOP

Prof Dr Claudio Eduardo Lana



DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Frederico Garcia Sobreira



DEAMB/UFOP

**Ouro Preto, 24/07/2018**



## Agradecimentos

---

Agradeço sempre a minha família, aos meus pais e meu irmão e irmã, os quais são os únicos que sabem a jornada que foi se formar em uma escola renomada como a UFOP e sempre estiveram me apoiando quanto a realização desse sonho!

Agradeço a Gabriela pelo amor, companhia e amizade.

Agradeço aos colegas de curso.

Agradeço a todo o corpo docente da UFOP em especial aos do DEGEO, e ainda mais Paulo Martins que como um mestre que não somente alimentou minha fome por conhecimento, mas também orientou a usa-la de uma maneira produtiva, muito grato!

Agradeço a Deus!

# SUMÁRIO

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	20
1.2 LOCALIZAÇÃO .....	21
1.3 OBJETIVOS .....	22
1.4 JUSTIFICATIVA .....	23
1.5 SISTEMÁTICA DE TRABALHO .....	23
1.5.1 Revisão bibliográfica:.....	23
1.5.2 Levantamento cartográfico:.....	23
1.5.3 Elaboração do banco de dados: .....	23
1.5.4 Tratamento dos dados cartográficos:.....	24
1.5.5 Análise qualitativa através de mapas pluridisciplinares .....	24
1.5.6 Discussão e considerações finais .....	24
<b>2 CONTEXTO GEO-AMBIENTAL</b> .....	<b>25</b>
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO .....	25
2.1.1 O Cráton São Francisco .....	25
2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	25
2.3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO .....	26
2.4 CONTEXTO PEDOLÓGICO .....	26
2.4.1 PVe - Argissolo Vermelho Eutrófico .....	26
2.4.2 CXbe - Cambissolo Háptico Tb Eutrófico .....	26
2.4.3 RQo - Neossolo Quartzênico Órtico.....	27
2.4.4 LVAd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico.....	27
2.4.5 Solo Hidromórfico.....	28
2.5 CONTEXTO CLIMÁTICO.....	28
2.6 USO DA TERRA.....	29
2.6.1 Macro classe Área Natural .....	30
2.6.2 Macro classe Área Antrópica .....	30

2.7 OCUPAÇÃO HUMANA NA BACIA.....	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1 INTRODUÇÃO.....	32
3.2 CAMINHOS METODOLÓGICOS.....	32
3.2.1 Projeto CRHA.....	33
3.2.2 Delimitação do presente projeto.....	33
3.3 AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS (ENGENHARIA DO CONHECIMENTO).....	33
3.3.1 Aerofotos e Raster.....	33
3.3.2 Textos.....	34
3.3.3 Cartografia.....	34
3.4 PREPARAÇÃO DOS DADOS (ARQUITETURA DO CONHECIMENTO).....	34
3.4.1 Introdução.....	34
3.4.2 A Lógica SIBase e o Banco de dados.....	34
3.4.3 Dados da Abordagem Disciplinar.....	35
3.4.4 Dados da Abordagem Pluridisciplinar.....	35
3.5 MODELAMENTO DOS DADOS.....	35
4 INTEGRAÇÃO INTERDISCIPLINAR.....	42
4.1 INTRODUÇÃO.....	42
4.2 MAPAS PLURIDISCIPLINARES.....	42
4.2.1 Mapa de Solos e Uso da Terra.....	44
4.2.2 Mapa de Solos e Declividade.....	47
4.2.3 Mapa de Uso da Terra e Declividade.....	48
4.3 MAPAS MULTIDISCIPLINARES.....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 INTRODUÇÃO.....	57
5.2 A METODOLOGIA E SUA PRECISÃO.....	57
5.3 CONDICIONANTES DOS SOLOS.....	57
5.3.1 Circulação Hídrica.....	58
5.3.2 Erosional.....	59
5.3.3 Geotécnico.....	59
5.3.4 Queimadas.....	59
5.3.5 Solos.....	60
5.3.6 Barragens de grande, médio e pequeno porte (inundações).....	60

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1-1</b> - Mapa de Localização do Município e da Sub-bacia estudada.....	21
<b>Figura 1-2</b> - Mapa de Acesso ao Município de Brasília de Minas. ....	22
<b>Figura 2-1</b> - Mapa do Déficit Hídrico Anual do Norte de Minas Gerais, Adaptado do PAE-MG 2010.....	29
<b>Figura 2-2</b> - Fitofisionomias do Cerrado, extraído do MMA (2013), apud Ribeiro e Walter (2008).....	30
<b>Figura 3-1</b> - Drenagem e delineamento da bacia estudada com MDE ao fundo. ....	37
<b>Figura 3-2</b> - Interação dos limites da Sub-bacia com o município de Brasília de Minas .....	38
<b>Figura 3-3</b> - Esquematização das naturezas representativas dos dados vetoriais e matriciais, Pereira (2013) apud Câmara <i>et al</i> (2001).....	39
<b>Figura 4-1</b> - 1ª Etapa do processo de criação das feições representativas.....	43
<b>Figura 4-2</b> - 2ª Etapa do processo de criação das feições representativas.....	44
<b>Figura 4-3</b> - Mapa de Solo x Uso da Terra. ....	45
<b>Figura 4-4</b> - Mapa de Solos pela Declividade. ....	47
<b>Figura 4-5</b> - Mapa de Uso da Terra por Declividade.....	49
<b>Figura 4-7</b> - Carta de vulnerabilidade natural e perda de solo.....	54
<b>Figura 4-8</b> - Mapa de Vulnerabilidade por Solos. ....	55
<b>Figura 5-1</b> - Voçoroca em área indicada como Neossolo Quartzênico Órtico e Pastagem, Imagem Bing.....	61
<b>Figura 5-2</b> - Feições erosivas identificadas pela carta de vulnerabilidade e imagens aéreas. ....	63

## ÍNDICE DE TABELAS

---

<b>Tabela 3-1</b> - Processo realizado para extração da Topografia e Declividade a partir de um MDE.....	36
<b>Tabela 3-2</b> - Processo desenvolvido no <i>Model Builder</i> , sendo as formas em branco os dados iniciais, os quadrados em verde os processos e os losangos em azul os dados processados. ....	40
<b>Tabela 4-1</b> - Distribuição do Uso da Terra na bacia.....	46
<b>Tabela 4-2</b> - Distribuição dos Solos na bacia .....	46
<b>Tabela 4-3</b> - Concentração do Uso do Solo por tipo de Solo (unidade = ¼ Hectare) .	46
<b>Tabela 4-4</b> - Gráfico dos Solos pela Declividade (unidade = ¼ Hectare).....	48
<b>Tabela 4-5</b> - Uso do Solo pela Declividade (unidade = ¼ Hectare).....	49
<b>Tabela 4-6</b> - Escala de vulnerabilidade do solo, Crepane (2001).....	50
<b>Tabela 4-7</b> - Ponderação dos tipos de Rocha, Crepane (2001). ....	51
<b>Tabela 4-8</b> - Ponderação para a declividade, Crepane (2001).....	51
<b>Tabela 4-9</b> - Ponderação dos Solos, Crepane (2001). ....	52
<b>Tabela 4-10</b> - Ponderação do Clima, Crepane (2001).....	52
<b>Tabela 4-11</b> - Gráfico gerado pelo cruzamento dos mapas de Solos e Vulnerabilidade .....	56
<b>Tabela 5-1</b> - Degradações relacionadas a Circulação Hídrica, Martins Jr. (2014).....	58
<b>Tabela 5-2</b> - Degradações relacionadas a Desmatamento Florestal, Martins Jr. (2014). ....	59
<b>Tabela 5-3</b> - Degradações relacionadas a ação erosional, Martins Jr. (2014).....	59
<b>Tabela 5-4</b> - Degradação relacionada a fatores Geotécnicos, Martins Jr. (2014). ....	59
<b>Tabela 5-5</b> - Degradações relacionadas a Queimadas, Martins Jr. (2014).....	60
<b>Tabela 5-6</b> - Degradações relacionadas aos Solos, Martins Jr. (2014).....	60

<b>Tabela 5-7</b> - Degradações associadas à instalação de barragens de qualquer porte e as inundações consequentes, Martins Jr. (2014).....	60
--	----

## Resumo

---

A Análise ambiental de bacias ou sub-bacias pode ser auxiliada pelo Geoprocessamento através do ambiente SIG. A área do estudo de caso compreende o Norte de Minas, na porção central do Cráton São Francisco, cuja região é classificada como sub-úmido ou então tropical de savana. Este trabalho tem o intuito de criar ferramentas e um manual destas, para auxílio de tomada de decisão para estudos geo-ambientais, de maneira que direcione os esforços de campo e diminua os gastos. Utilizando então o ambiente SIG, o Geoprocessamento e mapeamentos existentes foi desenvolvida a metodologia para processar as informações espaciais existentes na literatura e cruza-las de maneira a obter mapeamentos interdisciplinares. Em seguida, uma discussão sobre os mapas pluridisciplinares criados, em especial ao cruzamento dos mapas de Uso e Ocupação e Pedologia e Vulnerabilidade, criando além de mapas, dados estatísticos de ocupação sobre determinados tipos de solos. Este trabalho então se torna uma ferramenta para diferentes etapas de um projeto, não somente pre-campo como também durante e pós, pois permite ao usuário o manuseio de informações georreferenciadas de alta representatividade.

**Palavras chave:** Geoprocessamento, SIG, Análise Ambiental, Mapas Interdisciplinares.



## **Abstract**

---

Environmental analysis of watersheds or micro-basins can be aided by Geoprocessing through the GIS environment. The area of the case study comprises Northern Minas, in the central portion of the São Francisco Craton, whose region is classified as sub-humid or otherwise tropical savanna. This work aims to create tools for decision-making for geo-environmental studies, in order to direct the field efforts and reduce the costs as well. Using the GIS environment, Geoprocessing and existing mappings, the methodology was developed to process the spatial information and crosses them in order to obtain interdisciplinary mappings. Next, a discussion on the multidisciplinary maps created, especially to the crossing of the maps of Use and Occupation and Pedology, creating besides maps, statistical data of occupation on certain types of soils. This work then becomes a tool for different stages of a project, not only pre-field but also during and after, as it allows the utility to handle georeferenced information.

**Key words:** Geoprocessing, GIS, Environmental Analysis, Interdisciplinary Maps.



# CAPITULO 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 APRESENTAÇÃO

O meio ambiente e o desenvolvimento sustentável são questões importantíssimas e emergiram na década de 1970 como uma problemática contemporânea. Um grande agravante das condições socioambientais é o fracionamento do conhecimento, (Leff 2000), de maneira a fragmentar uma possível análise holística da natureza, cegando o real entendimento dos acontecimentos.

Um das frentes de interação humana com a natureza é a urbanização e ocupação do espaço natural que não constituem um problema em si e sim o modo como ocorrem. O processo de ocupação deve ter em vista, entre outras variáveis, a forma de ocupar o território, a disponibilidade de insumos para seu funcionamento e a descarga de resíduos (Grostein 2001).

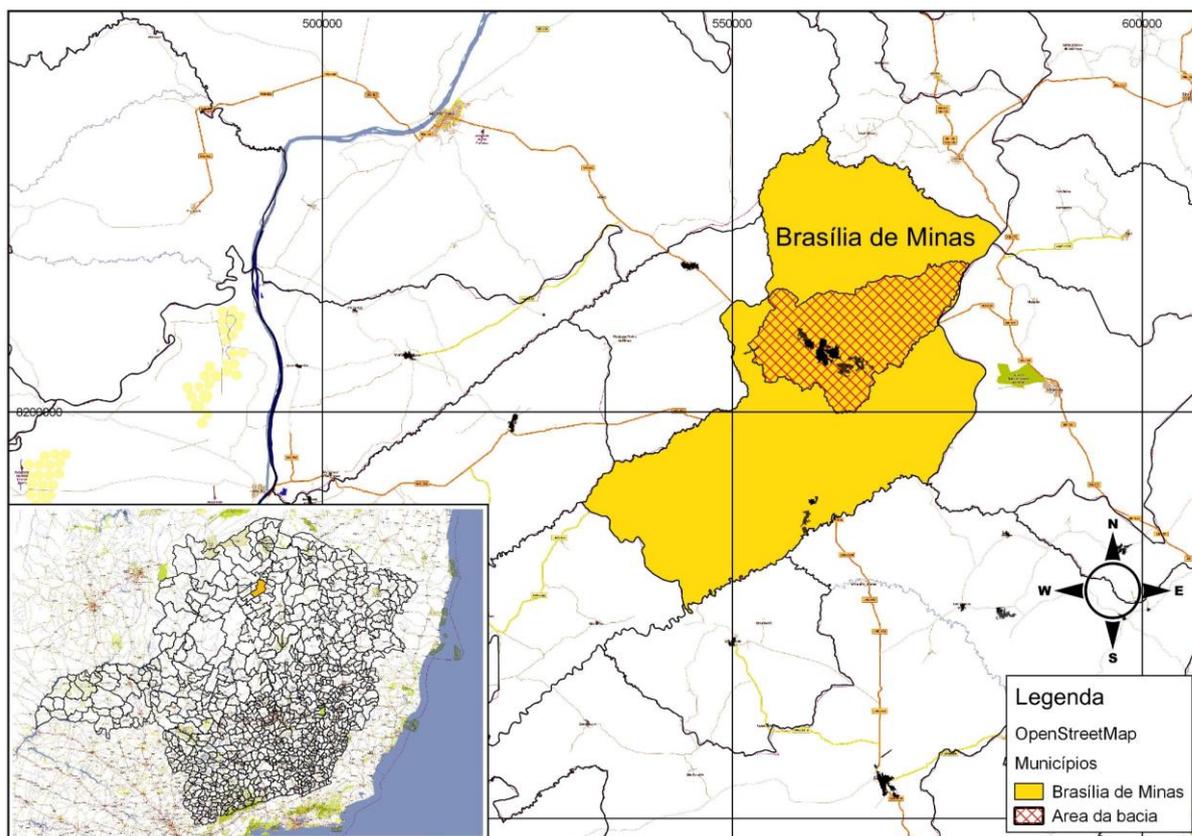
O Bioma Cerrado por sua vez, apesar do início da sua ocupação a 15.000 anos por povos primitivos, e ainda pelo interesse do ouro e pedras preciosas nos últimos séculos, teve ocupação realmente acelerada após a mudança da capital do país para o planalto central com a construção de Brasília e a política de expansão agrícola extrativista e predatória (Vilela, em EMBRAPA 2018a). Ainda segundo a autora, se antes o desmatamento para a retirada de madeira, que ocorre até hoje em forma de silvicultura, antecedeu e viabilizou a ocupação agropecuária, hoje constitui a principal ameaça ao Cerrado em forma da monocultura intensiva de grãos e a pecuária extensiva de baixa tecnologia que além de desmatarem, degradam os solos e dispersam espécies exóticas como a gramínea africana.

O estudo do meio ambiente é uma ciência que está associada a interdisciplinaridade das áreas do conhecimento (Leff, 2000), entre diversas áreas do conhecimento, como geologia, hidrogeologia, geotécnica, geofísica, biologia, ecologia, pedologia, sensoriamento remoto, geoprocessamento, etc. Ou seja, é um estudo de uma maior complexidade. É por isso que o uso de tecnologias é extremamente necessário para auxiliar na construção, desenvolvimento e execução de estudos ambientais. Portanto, como destaca Crepani *et al* (2001), o uso de ferramentas computacionais para Geoprocessamento permite realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes.

Com essas ferramentas, o geoprocessamento, este projeto tenta auxiliar em trabalhos de delimitação de áreas de impacto, extensões das erosões e de impactos sobre a circulação hídrica da cidade de Brasília de Minas e sua área rural, assim como na projeção dessas no futuro.

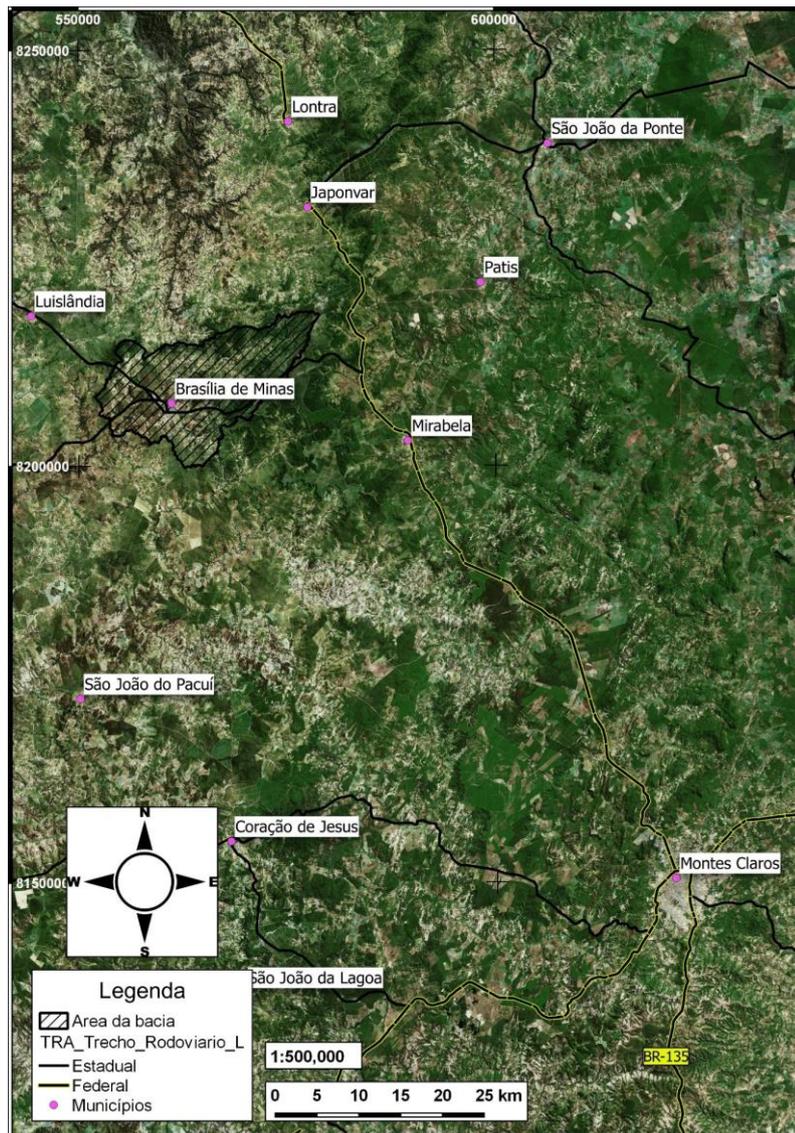
## 1.2 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo encontra-se na região Noroeste de Minas Gerais, no município de Brasília de Minas. A área total do estudo possui XXX km<sup>2</sup>, e está inserida dentro das Folhas Topográficas, em escala 1:250.000 elaboradas pelo IBGE: Montes Claros (SE-23-X-A), em escala 1:100.000, novamente pelo IBGE: UBA5 (SE-23-X-A-I) e BRAS (SE-23-X-A-II). Tem-se por centro nas coordenadas: 16°13'S e 44°25'O.



**Figura 1-1** - Mapa de Localização do Município e da Sub-bacia estudada

A área em questão situa-se no Norte de Minas, o principal acesso é pelas estradas. Saindo de Belo Horizonte pega-se saída para BR-040. Apenas após Paraopeba, MG, ao fim da BR-040, guia-se pela BR-135 sentido Montes Claros. Após Montes Claros, segue-se sentido Mirabela. Nesta desvia-se da BR-135 e adentra-se na MG-202 e percorre por 27,5Km até o destino final, Brasília de Minas.



**Figura 1-2** - Mapa de Acesso ao Município de Brasília de Minas.

### 1.3 OBJETIVOS

O presente projeto tem como objetivos o estudo de técnicas de geoprocessamento e a produção de cartas de auxílio de tomada de decisão em projetos envolvendo a questão da qualidade ambiental. Para isso esse trabalho procura desenvolver uma metodologia de aquisição de dados e processamento obedecendo regras lógicas e computacionais para gerar informações confiáveis de fácil consulta. Tem-se o intuito também da geração de um manual descritivo das etapas.

Como objetivo final, esse estudo pretende auxiliar futuras etapas do projeto de maneira a reduzir custos de campo, uma vez que a metodologia, visa direcionar investidas durante a etapa investigativa e confirmatória, do projeto.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

O constante crescimento da população e a conseqüente expansão urbana podem, se não supervisionadas, acelerar processos erosivos, assim com uma decadência do meio ambiente e possíveis danos de difícil remediação, tanto ao âmbito urbano quanto ao rural.

É constatado pela SEMAD (2010) que na região as principais atividades econômicas se relacionam às atividades agropastoris, cujo, ainda segundo o relatório, através de pesquisas e reuniões o constante debate das comunidades locais quanto ao constante assoreamento dos rios e córregos devidos a práticas inadequadas na agricultura e também a notada utilização indevida de margens dos rios, áreas de Veredas e topos de morro.

A área da microbacia de Brasília de Minas, MG foi escolhido devido ao fato de representar em uma escala mais exclusiva eventos externados acima que se estendem a região Norte de Minas Gerais, em específico a UPGRH SF6 da Bacia do Rio São Francisco. Vale notar que a porção Norte do município legal não se encontra na SF6 e sim na SF9, porém como mais de 60% da área do município e as manchas urbanas se encontram dentro da microbacia escolhida, foi escolhida essa então para simplificar as análises.

A bacia hidrográfica figura uma importante célula de análise segundo (Colavite & Barros 2006, p.32): “a importância de sua dinâmica e a interação dos elementos físicos, químicos e biológicos existentes nesta que interferem diretamente na sociedade”, e nos mostram o quanto a natureza é dinâmica, e o quanto a população está sujeita as conseqüências de suas próprias ações e comportamento perante ao espaço que ocupa e modifica.

## **1.5 SISTEMÁTICA DE TRABALHO**

O presente trabalho desenvolveu-se pelas seguintes etapas:

### **1.5.1 Revisão bibliográfica:**

O presente trabalho teve como alicerce estudos técnicos/científicos da região, alguns deles pioneiros e/ou ainda únicos, assim como órgãos do governo brasileiro de referência.

### **1.5.2 Levantamento cartográfico:**

Buscou-se informações georreferenciadas em diversas fontes e de diferentes escalas. Buscou-se essas informações nos sites do IBGE, CPRM, EMBRAPA, IDE-Sisema, CODEMIG, IEDE, CETEC, IGAM, no americano USGS e no europeu Copernicus.

### **1.5.3 Elaboração do banco de dados:**

Os dados foram então discriminados seguindo a lógica da metodologia do SIBase (Martins Jr. 2003).

#### **1.5.4 Tratamento dos dados cartográficos:**

Todos os dados foram projetados para o Datum WGS84 Zona 23S e posteriormente recortados para informar apenas características da zona SF6, utilizando o software QGIS 2.18.16 e o ARCGIS 10.3. A seguir foi aplicado a metodologia.

#### **1.5.5 Análise qualitativa através de mapas pluridisciplinares**

A partir do banco de dados foram então elaborados diversos mapas temáticos para caracterização da região através da análise dos padrões geográficos e gráficos.

#### **1.5.6 Discussão e considerações finais**

Com os dados e todas as informações produzidas houve a discussão dos resultados com base em Martins Jr. (2014).

## CAPÍTULO 2

### CONTEXTO GEO-AMBIENTAL

---

#### 2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A área do estudo, Brasília de Minas, está inserida na microbacia SF6 que por sua vez encontra-se inserida totalmente na unidade geotectônica do Cráton São Francisco, mais precisamente na porção Centro-Sudoeste do Setor Ocidental do Cráton.

##### 2.1.1 O Cráton São Francisco

O Cráton do São Francisco pode ser definido como um segmento da litosfera continental consolidado no Arqueano, mas com suas feições atuais moldadas durante o Evento Brasileiro (Neoproterozóico), em decorrência do desenvolvimento de faixas de dobramentos ao longo de suas margens (Almeida, 1984).

Dentro do contexto da bacia SF6 estão representadas 3 Unidades distintas: Mesoproterozóicas, Neoproterozóicas e Coberturas Fanerozóicas, como definido por Alckmin *et al.* (1993). Estas rochas estão deformadas nas bordas do Cráton pela deformação das faixas marginais: A leste a Faixa Araçuaí, à Oeste a Faixa Brasília e ao Sul a Faixa Rio Grande.

#### 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A geologia do município de Brasília de Minas é caracterizada pela espessa sequência sedimentar do Grupo Bambuí, recoberta parcialmente por sedimentos das Formações Areado e por coberturas detríticas eluviais e aluviais. (Bertachini, 1984). Ainda de acordo com Bertachini: O Grupo Bambuí é representado por sequências de calcários, siltitos e margas, com áreas de predomínio de um ou outro litossoma, ou intercalados. Estas rochas foram submetidas a esforços tectônicos que resultaram nos sistemas de fratura existentes onde a maior incidência se verifica ao longo das direções N30E, N30W e N80W. A Formação Areado é constituída por arenitos finos de coloração-branco amarelada que ocupam as chapadas e repousam sobre as rochas do Grupo Bambuí. As Coberturas detríticas coluviais e aluviais estão distribuídas, respectivamente em superfícies tabulares retrabalhadas e ao longo das calhas da rede regional de drenagem. São sedimentos arenosos e argilo-arenosos, podendo apresentar níveis localizados de cascalhos, e areias.

Toda a sequência sedimentar, inclusive a do Grupo Bambuí, apresenta-se disposta em camadas horizontais a sub-horizontais. Os contatos entre o Grupo Bambuí, Formação Areado, e coberturas detríticas, representam antigas superfícies de erosão.

## **2.3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO**

A região foi estudada para caracterização hidrogeológica, durante o Plano Noroeste II, realizado pela Fundação Centro tecnológico de Minas Gerais, CETEC (1984) classificou o potencial hídrico do município de Brasília de Minas. Para tal dividiram em três os principais aquíferos:

Aquíferos cársticos, cársticos-fissurados e fissurados, desenvolvidos sobre rochas do Grupo Bambuí. Suas águas apresentam geralmente teores mais elevados de dureza e salinidade, sem contudo oferecer restrições ao uso. A natureza das discontinuidades existentes nas zonas aquíferas, possibilita o seu aproveitamento por poços tabulares;

Aquíferos granulares associados às rochas sedimentares detríticas, apresentam em geral maior permeabilidade média e águas com baixos teores salinos, os aquíferos quando constituídos pelas Formações Areado apresentam pequenas espessuras saturadas, cujo aproveitamento deve ser realizado por poços manuais, drenos e outras formas de captações distintas dos poços tabulares. As aluviões, dependendo das condições locais, podem apresentar um razoável potencial hídrico para ser aproveitado através de poços tabulares como também em outros tipos de captações.

## **2.4 CONTEXTO PEDOLÓGICO**

Segundo o mapeamento extraído do projeto RADAMBRASIL, digitalizado e compilado pelo IBGE Na área de estudo predominam 4 classes de solos do SiBCS, EMBRAPA (2006), são eles, Argissolo, Cambissolo, Neossolo e Latossolos. Ainda existem, apesar de não mapeados, os Solos Hidromórficos que são inferidos nesse estudo.

### **2.4.1 PVe - Argissolo Vermelho Eutrófico**

O Argissolo é assim definido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) como solo de horizonte diagnóstico B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido a mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo. Na microbacia hidrográfica estudada predominam em ambientes planos a levemente ondulados, apesar de terem origem associada a ambientes ondulados e dissecados. A característica Eutrófica garante ao solo características férteis favoráveis a agricultura. A vegetação característica é a de floresta, caatinga ou de transição entre essas (Plano de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Minas Gerais - PAE-MG 2010).

### **2.4.2 CXbe - Cambissolo Háptico Tb Eutrófico**

É um solo com horizonte B incipiente ou câmbico, não hidromórficos. Por ser háptico não apresenta horizonte superficial húmico. Tem texturas variando de média a muito argilosa, são muito bem drenados, EMBRAPA (1979) e na bacia compõem as escarpas dos platôs da borda norte a leste para sudeste da bacia, constituindo assim relevos suaves a bem inclinados (15° a 25°). Ainda são solos

de baixa atividade e alta fertilidade, porém por estarem associados a relevos inclinados não são favoráveis à agricultura mecanizada e por estarem em ambiente inclinado são suscetíveis a erosão.

A vegetação predominante é a de transição floresta/caatinga, podendo coexistir isoladamente formações de caatinga e florestas, assim como áreas de várzeas (EMBRAPA, 1979).

### **2.4.3 RQo - Neossolo Quartzênico Órtico**

São solos fortemente constituídos por material mineral, ou material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em virtude da alta resistência do material local ou a menor ação de processos pedogenéticos na região (EMBRAPA 2006).

O Neossolo Quartzênico não possui contato lítico até pelo menos 50cm de profundidade e não tem presente o horizonte B. Sua composição franca é 95% arenosa quartzosa variando entre areia grossa e areia fina até 150cm de profundidade. Sua característica Órtica garante um horizonte A húmico (EMBRAPA 2006).

Segundo o PAE-MG (2010) os Neossolos Quartzênicos são de baixa fertilidade natural que, apesar de ocorrerem em relevos planos a levemente ondulados, tem alta susceptibilidade à erosão e sérias limitações de armazenamento de água devido à alta taxa de infiltração, sendo o reflorestamento a atividade mais recomendável para esse tipo de solo.

A vegetação específica varia conforme o relevo, no plano e suave de topos de chapada se encontra vegetação típica de cerrado, nas cotas mais baixas é comum a vegetação de caatinga, cerrado e as vegetações de transição cerrado/caatinga e cerrado/floresta, (EMBRAPA 1979).

### **2.4.4 LVAd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico**

Segundo o SiBCS os Latossolos são compostos em geral por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte diagnóstico superficial, exceto o Hístico. São solos profundos muito interperizados. Caracteristicamente são desprovidos de minerais primários e secundários menos resistentes ao intemperismo.

A variação Vermelho-Amarelo são considerados pelo PAE-MG (2010) como os mais importantes para fins agrícolas, pelas boas condições físicas de erosão e disposição plana a suavemente ondulada que favorecem a mecanização. Sua textura média possui boa permeabilidade que merece atenção em climas mais secos, mas em geral são ideais para retenção da umidade. Na região do norte de Minas associam-se fortemente a pecuária e a silvicultura voltada ao Eucalipto.

O Latossolo Vermelho Eutrófico por sua vez apresenta coloração avermelhada devido a presença de Óxidos de Ferro, são muito bem drenados. Como a variação Vermelho-Amarelo, são profundas e muito porosas ideais para retenção de umidade e desenvolvimento de raízes, a classificação Eutrófico indica que este solo é rico em nutrientes com fácil aplicação de agricultura.

Contudo a alta mecanização ou o alto acúmulo de peso sobre o Latossolo pode acarretar a compactação dos mesmos, diminuindo a permeabilidade e facilitando sua erosão.

A vegetação predominante sobre esse terreno é a de cerrado nos topos das chapadas e formações de transição de floresta/cerrado, floresta/caatinga e caatinga/cerrado, para o Latossolo Vermelho-Amarelo. Para o Latossolo Vermelho, mais rico em nutrientes é comum a formação de florestas e transições para a caatinga.

#### **2.4.5 Solo Hidromórfico**

O Solo Hidromórfico não é encontrado no mapeamento, porém se infere na argumentação nesse projeto pois verifica-se a presença de veredas nos mapeamentos florestais obtidos pelo portal do Ministério do Meio Ambiente, além de serem verificados por fotografias áreas múltiplas porções das drenagens da região contendo matas de buritis.

### **2.5 CONTEXTO CLIMÁTICO**

Brasília de Minas está inserida no contexto que é definido pelo PAE-MG (2010) como sub-úmido a seco onde a média histórica anual varia de 750mm a 1500mm por ano, e nos últimos 10 anos, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a média anual de precipitação foi de 880-1140mm, com atenção aos anos de 2014 quando a média foi de 400-600mm e 2015 com máxima precipitação de 400mm. Ainda segundo PAE-MG (2010), a precipitação média mensal apresenta uma grande estacionalidade concentrando-se nos meses de Outubro a Março.

Segundo a Classificação de Köppen a região se insere no clima Aw – Clima tropical de savana cujo os invernos são secos e os verões chuvosos com média térmica no inverno acima de 18°C com mês mais seco com precipitação menor que 60mm (EMBRAPA 1979).

Outro fator implicante na região é o déficit hídrico apontado pelo PAE-MG (2010), aonde nos meses de Maio a Setembro, com médias pluviométricas baixíssimas e com a continua incidência de raios solares devido à ausência de nuvens, o balanço hídrico anual pode ser negativo, como ilustra a **Figura 2-1**.

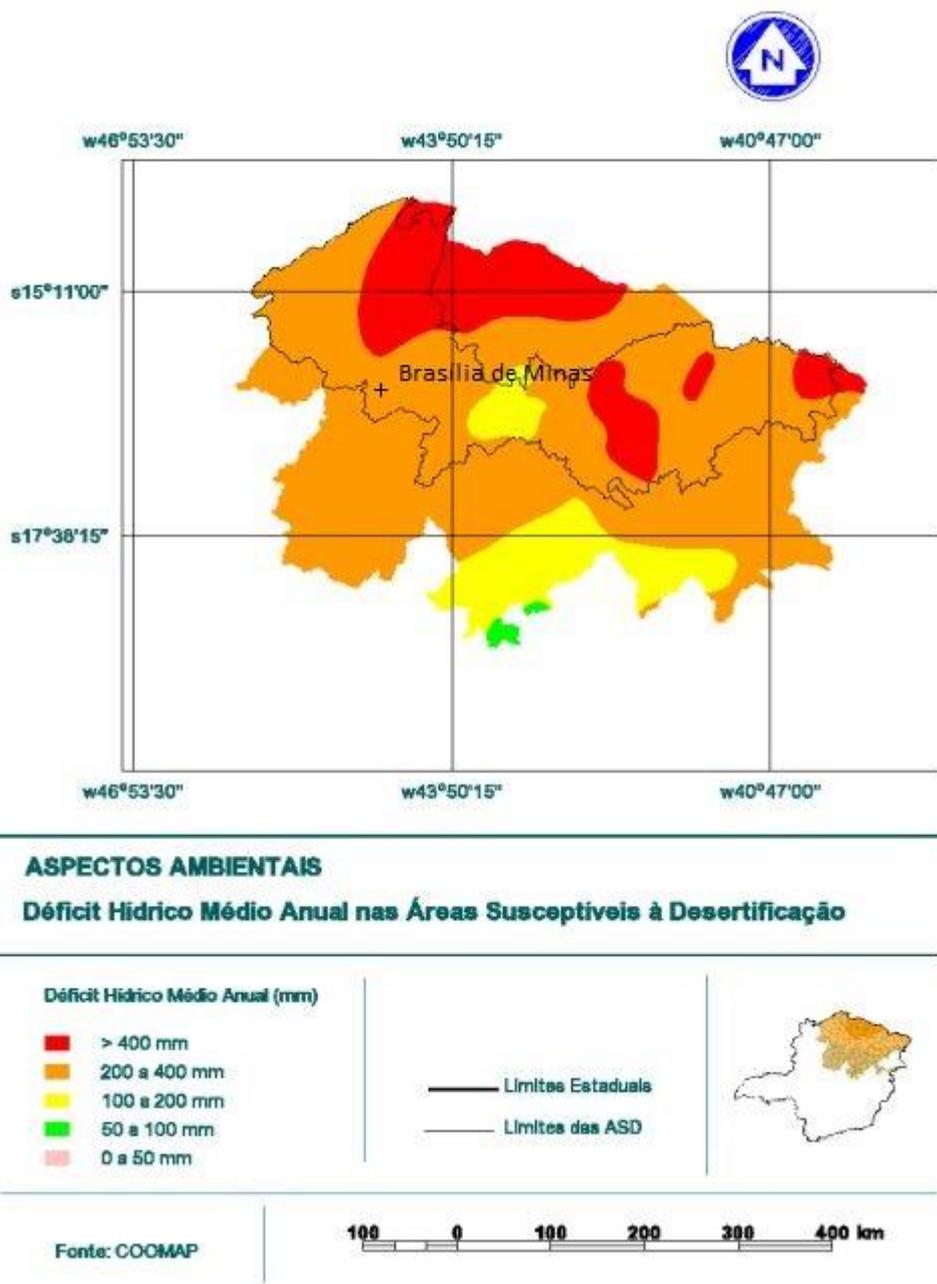


Figura 2-1 - Mapa do Déficit Hídrico Anual do Norte de Minas Gerais, Adaptado do PAE-MG 2010.

## 2.6 USO DA TERRA

O presente projeto utilizou o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado, Projeto TerraClass Cerrado 2013, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Secretaria de Biodiversidade e Florestas e a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Foram parte do corpo executor: EMBRAPA, IBAMA, INPE, UFG e a UFU. Através de análises de 121 cenas do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager (OLI)* foram feitos cruzamentos das bandas espectrais 4, 5 e 6 e interpretados as classes obtidas. Para o processamento de imagens foi utilizado o

sistema SPRING (INPE), aonde o limiar de área mínima definido com base na escala do projeto ,1:250.000, foi de 70 pixels aproximadamente 6,25ha, (MMA 2013).

As unidades mapeadas estão descritas a seguir

### 2.6.1 Macro classe Área Natural

A Macro Classe Área Natural compreende todas a fitofisionomias típicas do Cerrado: Cerradão, Mata Seca, Mata de Galeria e Mata Ciliar, formações savânicas como Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Cerrado Rupestre, Veredas, Parque de Cerrado, Palmeiral, e as formações campestre, Campo Limpo, Campo Sujo e Campo Rupestre, ilustradas na **Figura 2-2**.



**Figura 2-2** - Fitofisionomias do Cerrado, extraído do MMA (2013), apud Ribeiro e Walter (2008).

### 2.6.2 Macro classe Área Antrópica

Dentro dessa área estão contidas todas as feições do terreno antropomorfizadas.

A classe Silvicultura é entendida nesse mapeamento como o cultivo de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* são o tipo de vegetação mais bem identificados pelas imagens de satélite por formarem corpos homogêneos extensos.

A Classe Área Urbana e Mosaico Urbano por apresentarem grande variação espectral foram mapeadas por método de classificação supervisionado, ou seja, não automático. As Áreas urbanas variam de grandes manchas urbanas até pequenos distritos e vilarejos, MMA (2013), em suma são concentrações populacional diferentes da área rural. Os Mosaicos de Ocupações são áreas mistas com diversos usos da terra, sendo que na área de estudo representam loteamentos urbanos com pequeno índice de edificações. São geralmente uma interface entre as zonas urbanas e as pastagens.

A Classe Pastagem se refere primeiramente a pastagens plantadas, primeiras a serem identificadas, e em seguida todos os polígonos identificados por ação antrópica que não encaixavam a priori nas outras classes da sua Macro classe foram tratadas como pastagens, em seguida para conciliar e corrigir os conflitos foram feitas análises de alta resolução espacial.

## 2.7 OCUPAÇÃO HUMANA NA BACIA

A ocupação da região de Brasília de Minas se deu início em 1704, fundada por Januário Cardoso fugido de Ouro Preto, porém somente em 1832, com a criação da Paróquia de Sant'Ana das Contendas, se deu início a um crescimento urbano mais acelerado, em 1890 é elevado a vila, em 1901 passa a se chamar Vila Brasília e em 1923 tem nome reduzido a Brasília. Em 1962 com a transferência da Capital da República o município cedeu o nome e tornou-se Brasília de Minas IBGE (2010).

Atualmente o município possui população estimada de 32.732 habitantes, com densidade demográfica de 22,3hab/km<sup>2</sup>, sendo em média 2/3 na área urbana e o restante 1/3 em área rural. Desses, segundo o IBGE (2010), apenas 52,9% possuem esgotamento sanitário adequado e apenas 2,5% de vias públicas com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio fio.

O censo agropecuário indica 60.208ha de estabelecimentos agropecuários, aonde 7.444ha destina-se a lavouras, 17.232ha são habitadas por florestas das quais 10.907ha são destinados a áreas de preservação permanente ou reserva legal. As pastagens ocupam 25.236ha, 50.064 cabeças de gado e 3.578 suínos, dos quais 5.248ha são pastagens naturais (20%), 4.807ha são plantadas em estado degradado por manejo inadequado ou por falta de conservação (19%) e 15.181ha plantadas em boas condições e/ou em processo de recuperação (60%). Para completar, a Silvicultura voltado ao Eucalipto ocupa 3.300ha produzindo cerca de 3.973t/ano. 4.638ha são sistemas agroflorestais com espécies florestais variadas (árvores e palmáceas) usadas para lavoura e criação de animais, IBGE (2010), são ainda 362ha de área degradadas e outros 4.216ha de terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária.

Vale citar que os dados expostos compõem o censo realizado pelo IBGE (2010) e atualizações, e não se restringem a área amostral adotada nesse projeto, porém sua exposição se faz necessária para ilustrar e contextualizar o município dentro da argumentação e serve ainda como parâmetro relativo dos dados extraídos da metodologia.

Como se nota o município de Brasília de Minas tem um forte viés econômico agrário típico de sua microrregião e esse então torna-se o foco da análise desse projeto uma vez que a escala de 1:100.000 apesar de representar a extensão do município não é o ideal para estudos urbanos aonde ao longo de 1km ou menos há diversas variações que dificilmente serão percebidas na escala adotada. O que não ocorre com a distribuição extensa de pastagens, áreas naturais e revegetadas.

## **CAPÍTULO 3**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

---

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Abordaremos nesse capítulo o método de organização dos dados em uma base temática de fácil dedução e uso. Foram articulados dados de diversas fontes e natureza em pastas e sub-subpastas de diferentes hierarquias. Foi criado assim o Banco de Dados.

Primeiramente preocupou-se em distinguir a natureza e a diversidade de cada tipo de dado obtido. Posteriormente estes mesmos dados foram distribuídos dentro de pastas coerentes com a metodologia de estudo do estado Degradação ambiental. O primeiro processo fica conhecido como Engenharia do Conhecimento enquanto o segundo como Arquitetura do Conhecimento.

Por último é exposto o manual com o qual se gera os mapas deste projeto.

#### **3.2 CAMINHOS METODOLÓGICOS**

Quando este trabalho teve início, foram supostas as diversas maneiras como o meio ambiente de uma região já sensível e árida pode estar afetado e estar sendo afetado pelas interferências oriundas da ação antrópica e ainda encaixá-las no contexto natural.

Dentre eles vale citar os levantados pela metodologia de estudo do estado de Degradação ambiental elaborado por Martins Jr (2014), são eles; Encrostamento localizado ou extensivo de solos, desmatamento realizado de forma descontrolada e não sistêmica originando feições erosivas e perdas de solos, expansão urbana desordenada originando feições erosivas e perda de solos, perda de solos em geral, indução de erosão propiciada por construções de vias, contaminação dos sistemas de aquíferos por uso indevido de pesticidas, contaminação do sistema de aquíferos por falta de saneamento básico, contaminação do sistema de aquíferos pelo má uso do solo, relação das estruturas rúpteis e a recarga de aquífero e suas possíveis contaminações, contaminação das área de entorno e do interior das cavidades, entre outras temáticas de mais complicada ou até menos complexa abordagem. Como visto há uma enumeração extensa, e há ainda uma lista muito mais extensa que esta, de problemáticas que devem ser abordadas com seu devido tempo e atenção, mas devido ao tempo, subsídios, foi escolhida uma abordagem mais generalizada e subsidiada em pré-existentes grandes estudos ambientais que norteiam em uma escala regional e também permitem uma abordagem mais localizada do município escolhido, Brasília de Minas.

### **3.2.1 Projeto CRHA**

O Projeto Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográfica (CRHA), Martins Jr. (2002), teve por objetivos delimitar uma lógica de interação ambiental com intuito de preservação de recursos hídricos. Sua área de atuação foi a Sub-bacia do rio Paracatu, ou SF7, do Rio São Francisco. Este estudo se resguardou na Política de Águas Governamentais tomando como contexto a Sub-bacia acima citada. Caracterizou-se então por um estudo multidisciplinar aonde tópicos como direito ambiental, ciências da computação, ordenamento territorial aonde por pesquisas interdisciplinares foram incorporados a levantamentos cartográficos em um sistema de informação geográfica (SIG).

Os principais resultados obtidos são mapas em formato digital de informações georreferenciadas, assim como documentos legais, um banco de dados, o relatório e diversas notas técnicas, 58, até o presente momento.

### **3.2.2 Delimitação do presente projeto**

Partiu-se então para uma abordagem de estudo pre-campo, com intuito de através de ferramentas e mapas disponíveis amplamente, na internet e na literatura científica. A frequente busca por indícios de degradação ambiental na bacia de Brasília de Minas, revelaram a necessidade de uma abordagem por zoneamentos e isolamentos de variáveis que se relacionam de maneiras mais complexas que a interpretação isolada de um mapa geológico, pedológico, geomorfológico de declividade ou até de uso do solo podem resultar. A necessidade de uma ferramenta gerou então a metodologia descrita nas seções a seguir.

## **3.3 AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS (ENGENHARIA DO CONHECIMENTO)**

### **3.3.1 Aerofotos e Raster**

Foram levantadas imagens dos satélites, ALOS PALSAR, LandaSat-5 e imageamento dos satélites disponibilizados pelo Google e Bing.

As imagens obtidas no portal UAF Alaska Satellite Facility (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#> Acessado em 10/01/2018) do Satélite ALOS PALSAR foram utilizadas para gerarem o modelo de elevação do terreno utilizando o software QGIS, a partir dela foram feitas algumas imagens de fundo dos mapas produzidos nesse TCC como: Sombreamentos, Curvas de Nível, Carta de Declividade e de Hipsometria.

### **3.3.2 Textos**

Toda Bibliografia escrita utilizada nesse projeto foi armazenadas nessa seção em duas subseções: Grandes textos e pequenos textos, sendo a primeiro composto por artigos, notas técnicas, relatórios, dissertações e teses. Já o segundo sendo tabelas, croquis, entre outros. Todos estão discriminados na Bibliografia

### **3.3.3 Cartografia**

Aqui estão expostas todas as fontes de dados cartográficos georreferenciados:

#### **3.3.3.1 IBGE**

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística tem em seu acervo digital diversos mapas base: Morfologia, Ambientes Geológicos, Hidrogeologia, Pedologia. Foi procurado o mapa topográfico da folha SE-23, porém esse mapeamento não existe ou não está disponível no site. Todos os mapas estão em escala de detalhe de 1:250.000.

#### **3.3.3.2 CPRM**

Principal contribuição é o mapeamento geológico em 1:100.000 de 2014, realizado em parceria com a Codemig e UFMG

#### **3.3.3.3 MMA**

Contribuiu com o Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado, Projeto TerraClass Cerrado 2013 cujo dados foram utilizados como mapeamento do Uso do Solo no Cerrado. Esse mapeamento foi realizado utilizando imagens do RapidEye e Landsat 8 e possui um grau de precisão e 82% com escala de 1:250.000

## **3.4 PREPARAÇÃO DOS DADOS (ARQUITETURA DO CONHECIMENTO)**

### **3.4.1 Introdução**

Utilizando o Software QGIS 2.18.16, primeiramente, os dados em coordenadas geográficas foram projetados para o Datum utilizado no projeto WGS84 Zona 23s, aqueles dados que já estavam em uma coordenada projetada foram reprojctadas para o Datum escolhido. Em um segundo momento os dados foram todos recortados e limitados a área de interesse da microbacia hidrográfica SF6.

Todos os dados georreferenciados foram então organizados em pastas e subpastas conforme o Sistema SIBase.

### **3.4.2 A Lógica SIBase e o Banco de dados**

O Sistema SIBase, Martins Jr. (2003) foi sugerido para estruturar a organização dos dados e das informações, dentro dele há duas abordagens diferentes dos dados: Disciplinar e a Pluridisciplinar. A

primeira trata-se dos dados obtidos, a segunda consiste no cruzamento destes dados. Em ambos os casos os dados são distribuídos em suas pastas homônimas acompanhadas de arquivo de texto (.txt) que possui todas as informações, ou meta informações destes como: conteúdo, fonte, data, escala ou resolução e uma breve descrição para auxiliar o uso e na tomada de decisão. Os arquivos georreferenciados em formato “.shp”, “.dbf”, “.qml”, “.prj”, “.qpj”, “.shx”, “.txt” são nomeados então seguindo numa lógica para melhor manuseio enquanto trabalhados, primeiramente o nome dado, seguido do autor ou fonte, escala e por último a data, como por exemplo os dados de Lito Estratigrafia extraídos do mapeamento geológico de 2013 em escala 1:100.000 fruto da parceria da Codemig com a UFMG ficou denominado LEstr\_Codemig-UFMG\_100000\_2013.

### **3.4.3 Dados da Abordagem Disciplinar**

Os dados classificados em “Abordagem Disciplinar” consistem nos mapeamentos dos atributos físicos de uma determinada região, logo foram agrupados nessa categoria os mapeamentos: Geológico, Geomorfológico, Hidrogeológico, Hidrológico, Pedológico, Uso e Ocupação do Solo, Vegetação, além dos dados de topografia extraídos do modelo digital de elevação.

Como dito esse agrupamento de dados consistem em informações brutas extraídos de diversas fontes, com escalas diferentes, com abordagens diferentes e logo com uma distribuição interna das informações contidas não semelhantes, como era de se esperar.

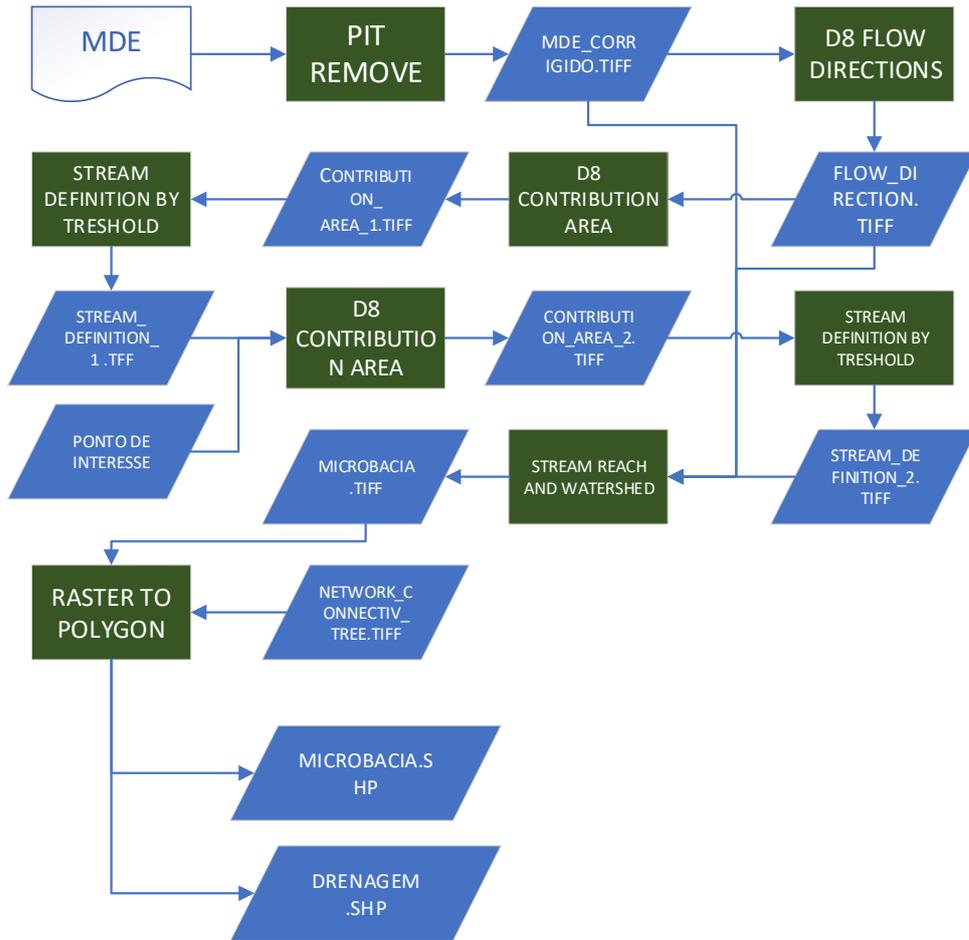
### **3.4.4 Dados da Abordagem Pluridisciplinar**

Os dados da “Abordagem Pluridisciplinar” são fruto do cruzamento de informações de dois dados da “Abordagem Disciplinar”, como explicado na seção 3.5 seguinte.

## **3.5 MODELAMENTO DOS DADOS**

Com a devida organização do banco de dados prosseguiu a fase de tratamento dos mesmos. A primeira necessidade é definir o espaço amostral dos dados a serem processados. Para tanto, foi estipulado um ponto exutório sobre a drenagem principal a jusante da mancha urbana, foi escolhido de modo que todas as ocupações urbanas de Brasília de Minas ficassem inseridas dentro de uma sub-bacia. A delimitação da microbacia assim como suas drenagens foram feitas utilizando imagens do Satélite Alos Palsar e a ferramenta TauDEM seguindo os passos do seguinte fluxograma (

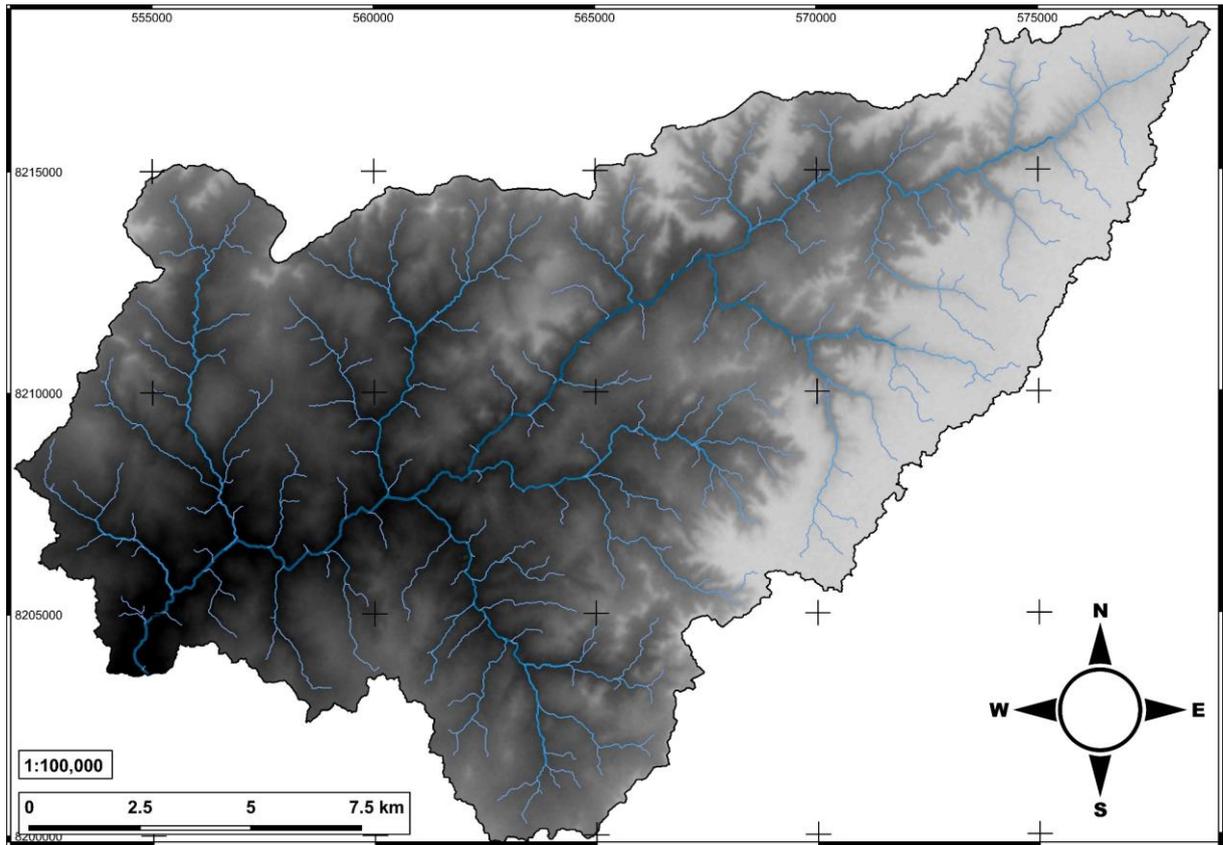
**Tabela 3-1):**



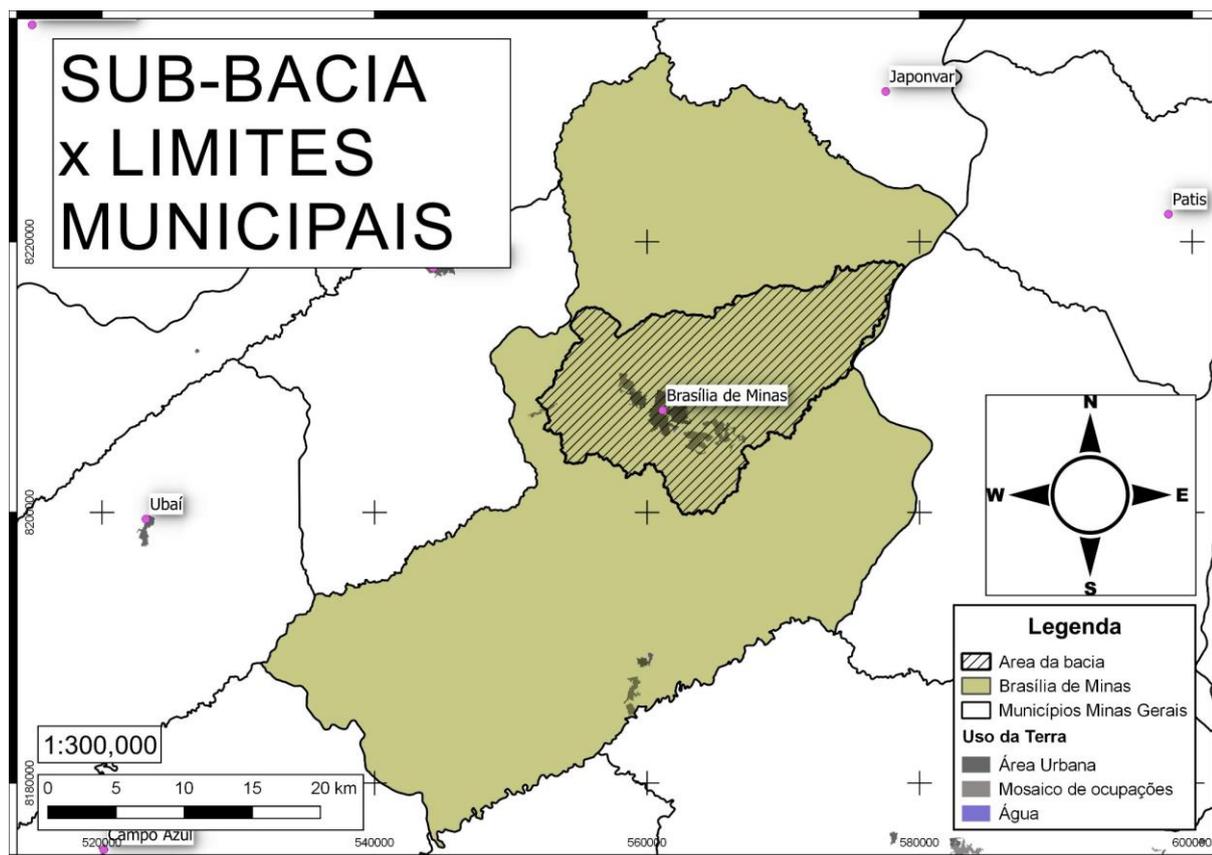
**Tabela 3-1** - Processo realizado para extração da Topografia e Declividade a partir d um MDE  
 O processo acima gerou a microbacia exposta na

**Figura 3-1.** A Sub-bacia gerada comporta o Rio Paracatu cujo a montante da cidade de Brasília de Minas se inicia nas encostas do platô, e a jusante desagua no Rio Pacuí. A sub-bacia possui 261,517Km<sup>2</sup> ou 26151,78Hectare. A

Figura 3-2 expõe como a sub-bacia se encontra dentro do Município de Brasília de Minas.



**Figura 3-1** - Drenagem e delineamento da bacia estudada com MDE ao fundo.

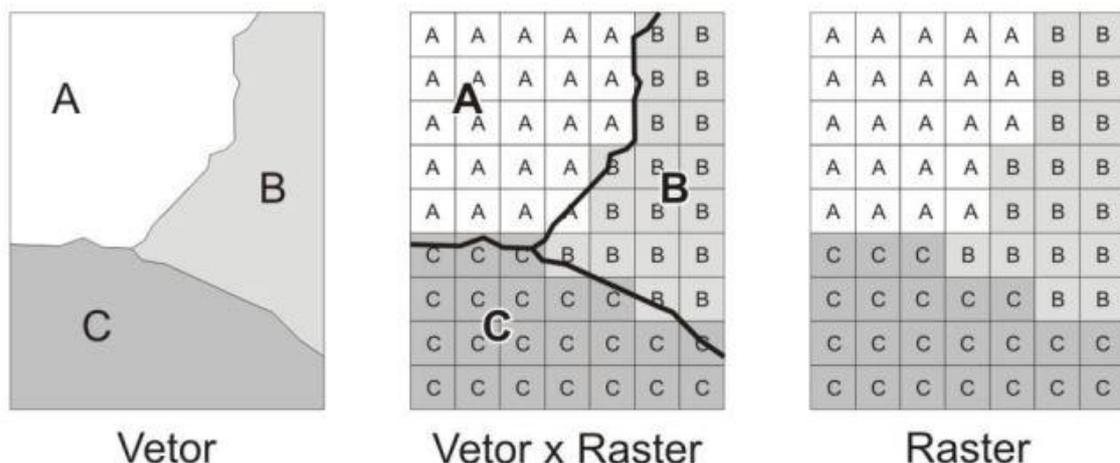


**Figura 3-2** - Interação dos limites da Sub-bacia com o município de Brasília de Minas

Uma vez delimitada a área, parte-se para discussão de como usar de maneira eficiente os dados obtidos. Segundo Câmara *et al*, (2001), é comum interpretar o geoprocessamento como uma tecnologia interdisciplinar que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. Uma vez que consiste na representação simplificada do mundo real o geoprocessamento precisa tomar algumas precauções para não fugir do foco ou perder sua precisão real e possível. É necessário portanto tomar em conta o grau de precisão de seus dados, no caso dos dados vetoriais esta precisão encontra-se na escala adotada e nos imageamentos a resolução das imagens. Tratando-se dos imageamentos é seguro dizer que os usados nesse projeto, Alos Palsar, com resolução de 12.5m x 12.5m, geram dados com precisão equivalente a 1:25.000 ([https://www.europeandataportal.eu/data/pt/dataset/eop-esa-esa-ecf-alos\\_psr\\_fd-x](https://www.europeandataportal.eu/data/pt/dataset/eop-esa-esa-ecf-alos_psr_fd-x)) acessado em 01/06/2018), portanto são dados muito mais precisos que os vetoriais onde há produtos em duas escalas de grandezas distintas: no primeiro grupo estão entre trabalhos de 1:100.000 a 1:250.000, enquanto no outro grupo são trabalhos de 1:1.000.000 a 1:2.500.000. Muito longe das indicadas por Silva (2001), o qual sugere que para estudos de ordem local se utilize escalas entre 1:10.000 para 1:50.000, ou ainda estudos de pequenas microbacias a qual sugere de 1:50.000 a 1:100.000. Este mesmo autor concorda que para estudos ambientais regionais como a delimitação de bacias hidrográficas se utilize escalas até 1:250.000. Porém, é importante salientar que este projeto se propõem estudar e gerar informações para

auxílio de tomada de decisão e não um mapeamento propriamente dito. Logo os dados obtidos são suficientes para alimentar os processos que serão expostos a frente.

Outra questão de necessária discussão é a natureza representativa dos dados, Câmara *et al* (2001), entendem que há duas maneiras de se representar a informação oriunda do mundo real no meio computacional, a representação vetorial e a representação matricial, Figura 3-3, cada uma das quais, possuem suas características próprias e usos ideais. Ainda conforme o autor os dados vetoriais são representações da forma e tentam reproduzi-los da forma mais exata possível, são em sua forma mais reduzida, pontos, com coordenadas x, y, ou linhas, sucessão de pontos, ou então polígonos, sucessão contínua de linhas. Os dados matriciais por sua vez consistem em uma malha quadriculada regular, rigorosamente uma matriz p(m,n), onde cada célula representa uma extensão territorial específica e carrega em si um valor referente ao tema estudado, sejam eles, pedologia, geologia, geoquímica, uso do solo, vegetação, etc.



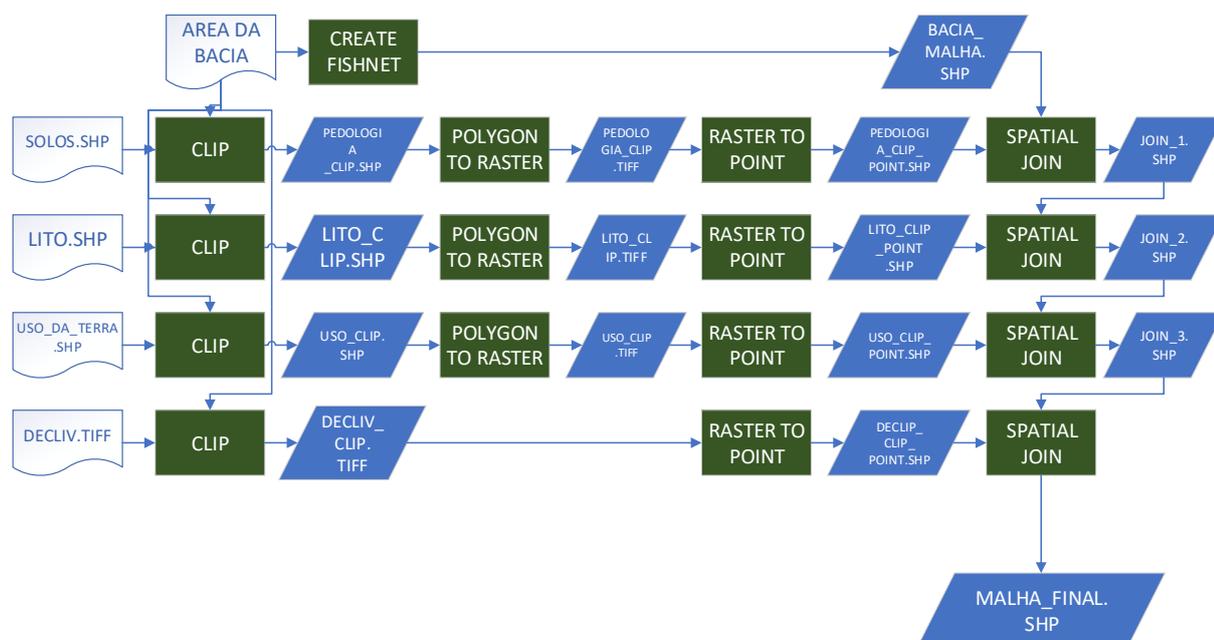
**Figura 3-3** - Esquemática das naturezas representativas dos dados vetoriais e matriciais, Pereira (2013) apud Câmara *et al* (2001).

Com dito acima ambas representações geométricas tem suas aplicabilidades: Para a produção de cartas e em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada, porém para as operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial (Câmara *et al*, 2001). Contudo, é importante notar que este estudo buscou aproveitar as qualidades positivas e casar as disparidades das duas formas de representação de dados.

Como é de se esperar os mapeamentos dispostos na internet utilizados nesse trabalho estão em formato vetorial para o já uso, aplicação e consulta. O Modelo de Elevação do Terreno (MDE), por sua vez, é um dado matricial.

Logo criou-se a necessidade de uma ferramenta para auxiliar nessa etapa, uma vez que os dados em formato vetorial, shapes, apesar de ideais para uma consulta visual qualitativa, pouco ajudam em

uma análise quantitativa de 2 ou mais dados vetoriais. Para tanto, utilizando o *Model Builder* do software ARCGIS 10.3 criou-se o sistema ilustrado na **Tabela 3-2**. O *Model Builder* é um recurso programável ofertado pelo software supra citado. Com ele é possível, segundo ESRI (2018), organizar, através de um fluxograma de atividades, os dados e as ferramentas do ARCGIS de maneira sistêmica de modo que automatize um processo. Esse recurso é ideal para quando se há de fazer um trabalho repetitivo e complexo, no qual uma etapa facilmente negligenciada, resulta em um resultado adverso.



**Tabela 3-2** - Processo desenvolvido no *Model Builder*, sendo as formas em branco os dados iniciais, os quadrados em verde os processos e os losangos em azul os dados processados.

O modelo de processo utilizado consiste na alimentação do sistema com os dados cartográficos relevantes, Pedologia, aproveitando os dados de Ordem e Características, Hidrogeologia, Vegetação, Uso da Terra, Geomorfologia, Lito-estratigrafia e a Declividade extraída do MDE. E também a delimitação da área a ser analisada. Após a alimentação, os dados passam por 4 processos. Inicialmente os dados cartográficos são recortados com a ferramenta “*Clip*” segundo a delimitação da área analisada. Com a área recortada os dados são transformados em *Raster* com a ferramenta “*Polygon to Raster*”. Logo os dados em formato matricial são transformados novamente em pontos com a ferramenta “*Raster to Point*”. A partir do polígono que delimita a área amostral é criado uma malha quadrada de polígonos de 50m x 50m. Ao fim utilizando a ferramenta “*Spatial Join*” uniu as informações pontuais contidas e cada ponto dentro da unidade de 50m x 50m em uma nova *shape* de malha gerada. Os dados adquiridos na nova *shape* gerada são alocados em uma nova coluna. Este processo repete até que todos os dados cartográficos sejam adicionados a *shape* de malha.

A malha de 50m x 50m foi assim escolhida a partir de repetitivas tentativas com diferentes dimensões. Buscou-se sempre as menores dimensões para maior detalhamento, porém as dimensões abaixo da escolhida resultavam em cálculos até 4 vezes mais demorados. Logo optou-se pela malha de

50 por 50 metros. Vale notar que essas malhas representam áreas de 2.500m<sup>2</sup> ou 1/4 (um quarto) de Hectare.

Resumindo: Inicialmente temos dados que representam a natureza, ou seja, representam distribuições naturais. Durante o processo, transforma-se esses dados em dados matriciais aonde a informação deixa de ser um “corpo” e torna-se fragmentos individuais desse “corpo”. Depois todos esses fragmentos individuais que representam uma área dentro do espaço, são transformados em dado vetorial. Ao final, o processo resulta em uma única *shape*, intitulada “Malha\_Final\_6.3.shp”, com todas as informações cartográficas selecionadas em um único arquivo aonde cada coluna da tabela de atributos representa um aspecto físico do mundo real.

## CAPÍTULO 4

### INTEGRAÇÃO INTERDISCIPLINAR

---

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Martins Jr. *et al*, (2008) definem a abordagem pluridisciplinar como articulações dois a dois, os registros de sistemas naturais próximos, podemos dar exemplo das classes, solos e rochas, solos e erosão, rochas e geomorfologia, entre outros. Nesse sentido o zoneamento por atributos permite a análise de padrões geográficos através da visualização por mapas e dados numéricos, como será demonstrado nesse capítulo.

#### 4.2 MAPAS PLURIDISCIPLINARES

Com a manipulação e transformação dos dados descritas no capítulo anterior, é possível então confeccionar os mapas pluridisciplinares. Esses mapas tem o objetivo de verificar o intercâmbio e a inter-relação entre as classes na área da bacia (Martins Jr. *et al* 2008). Nesse nível de mapa é possível cruzar duas classes de dados. Utilizando a “ferramenta de estilização de camadas” do QGIS 2.18.16, com as camadas já carregadas, primeiramente acessa-se o modo “Baseado em Regra”, e cria-se uma nova regra de apresentação, conforme a **Figura 4-1**.

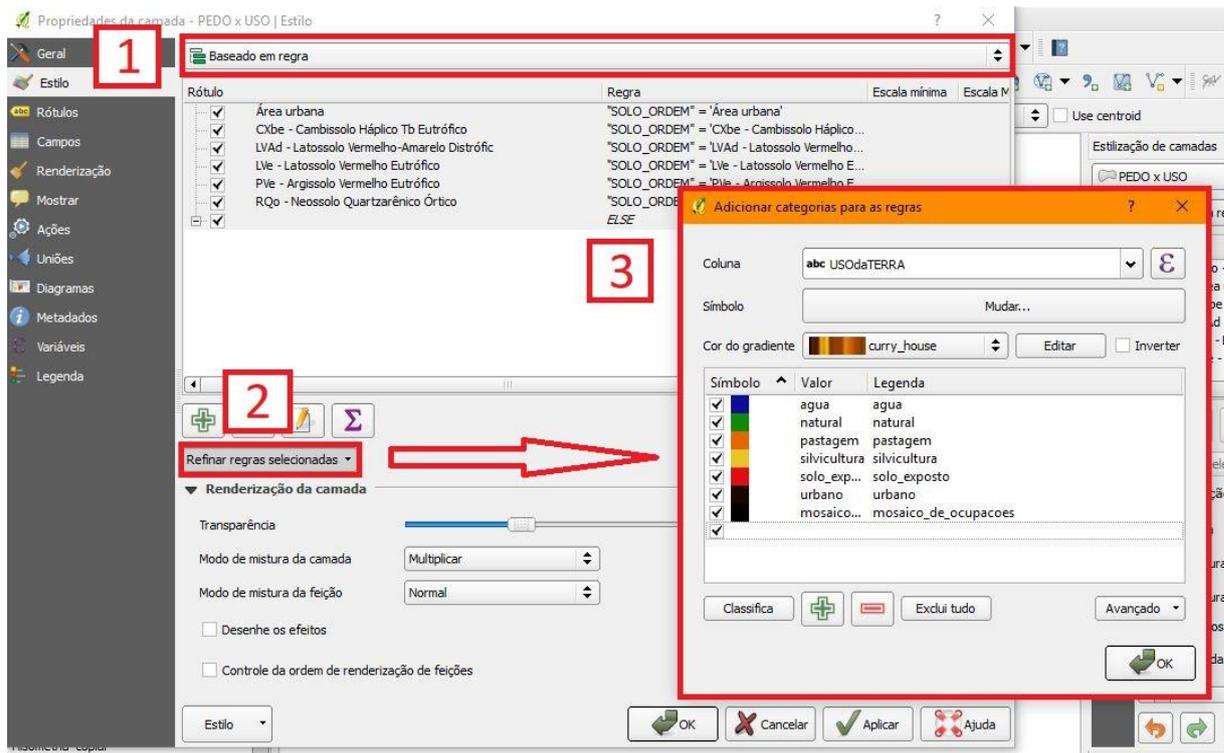


Figura 4-1 - 1ª Etapa do processo de criação das feições representativas.

Seleciona-se todas as camadas e logo adicionam-se categorias para as regras. A primeira classe selecionada, Pedologia, não será representada graficamente nesse momento. No próximo passo define-se as representações da segunda classe selecionada, Uso da Terra.

Em seguida se utilizada a calculadora de campo conforme a Figura 4-2.

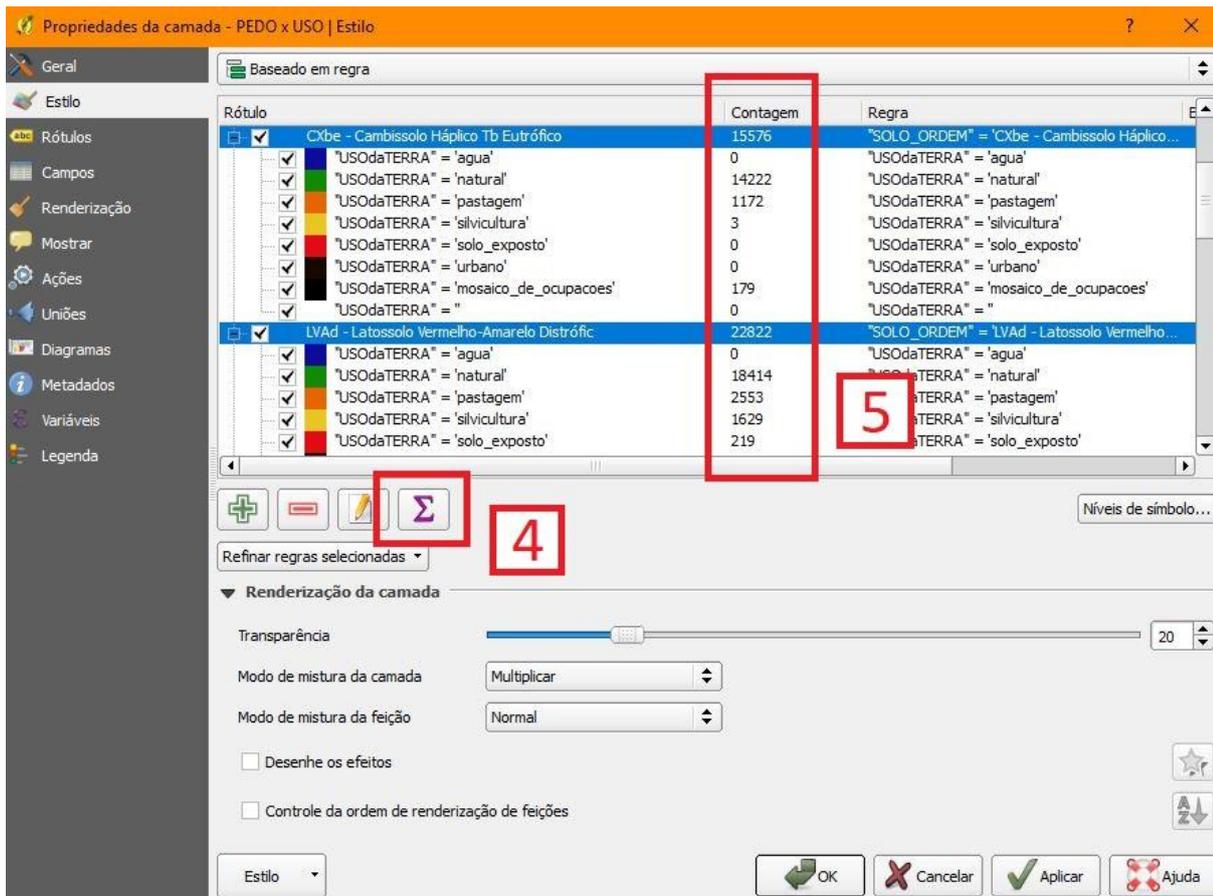


Figura 4-2 - 2ª Etapa do processo de criação das feições representativas.

A calculadora irá contabilizar todas as unidades 50 por 50 metros (1/4 de hectare) da *shape* e conforme a regra criada para a análise essa contagem irá denotar o total de unidades classificadas conforme as qualidades da primeira classe, Pedologia, e o quanto de cada qualidade da segunda classe, Uso da Terra, se inserem na da primeira classe. Para melhor interpretação gráfica dos elementos pode-se criar uma outra *shape* e representar as unidades da primeira classe através de hachuras.

Uma vez as duas classes de dados cruzados, é possível segundo Martins Jr. *et al* (2008), realizar-se uma relativização para quantificar a relação entre as classes ao longo da área da bacia. Ainda segundo o autor, deve-se analisar e interpretar as associações de forma a destacar as características fisiográficas mais relevantes da área.

#### 4.2.1 Mapa de Solos e Uso da Terra

O mapa da **Figura 4-3** é composto pela fusão de dois mapeamentos: o pedológico (Solos\_IBGE\_250000\_2006) e o de Uso e Ocupação da terra, adaptado do mapa do Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado, Projeto TerraClass (Uso\_da\_Terra\_MMA\_250000\_2013). Nota-se que os trabalhos têm compatibilidade de escala, o que facilita a análise. Ao fundo da imagem, para

auxiliar na compartimentação e interpretação da bacia, foi utilizado o MDE extraído do Satélite Alos-Palsar para gerar a topografia através da técnica de sombreamento.

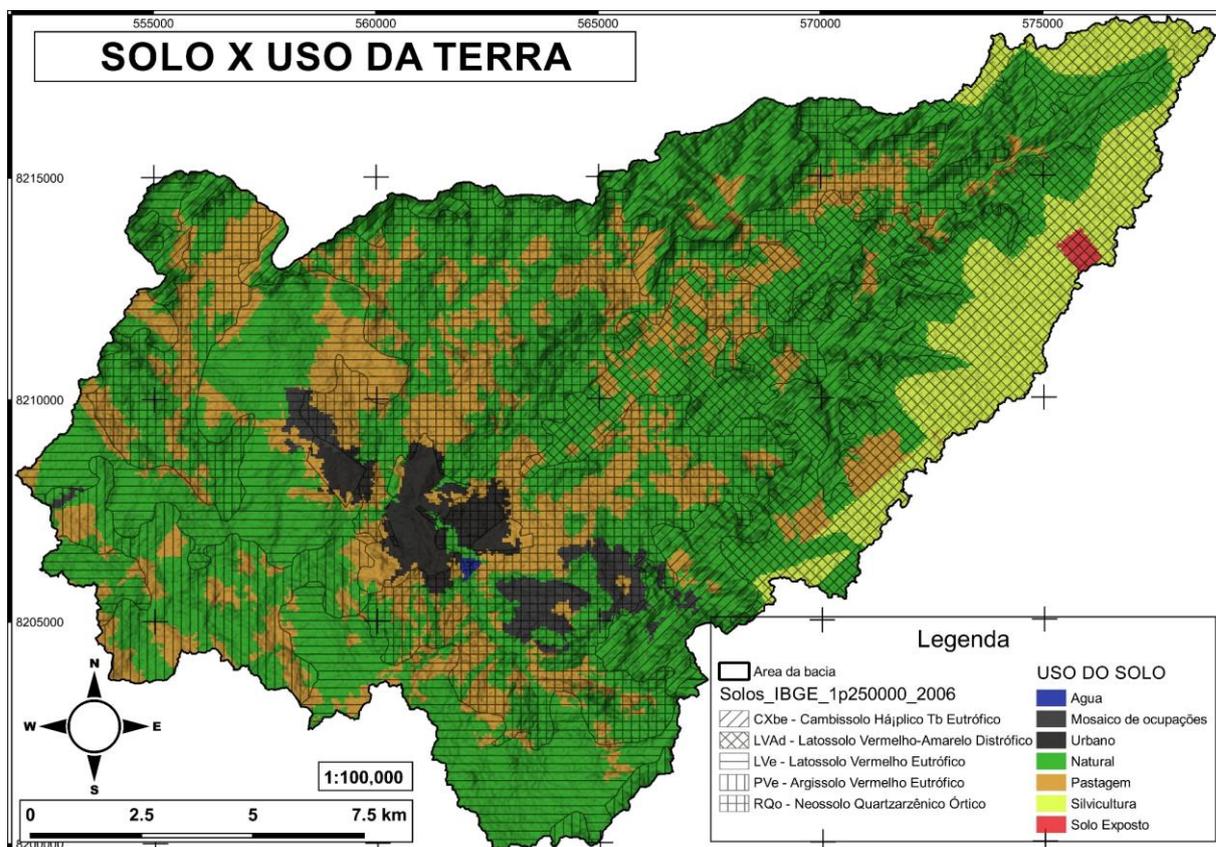
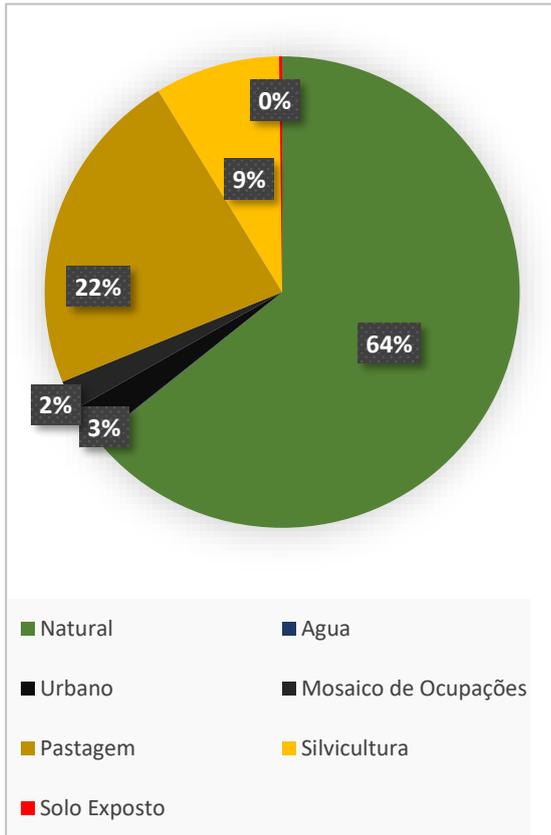
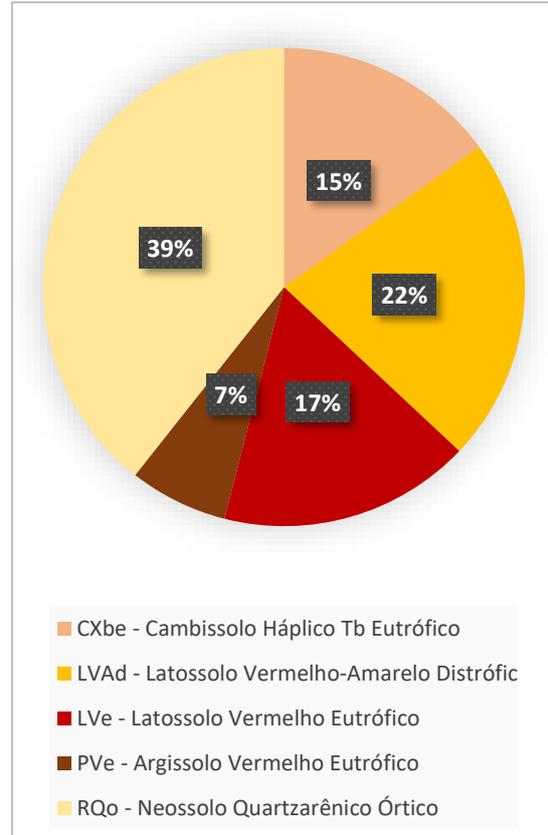


Figura 4-3 - Mapa de Solo x Uso da Terra.

Com o auxílio do Excel produziu-se a **Tabela 4-1** e a **Tabela 4-2** que denotam a distribuição de cada classe ao longo da bacia. Na **Tabela 4-2** - Distribuição dos Solos na bacia percebe-se a maior existência do Neossolo Quartzênico Órtico, 39%, seguido por Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, 22%, Latossolo Vermelho Eutrófico, 17%, Cambissolo Háptico Tb Eutrófico, 15% e por último Argissolo Vermelho Eutrófico com 7%. O Uso da Terra tem por maioria a ocupação natural do terreno com 64%, seguido por pastagem 22%, Urbano 3%, Mosaico de Ocupações 2%, Silvicultura 9% e os demais Água e Solo Exposto com menos de 0.5% do total.

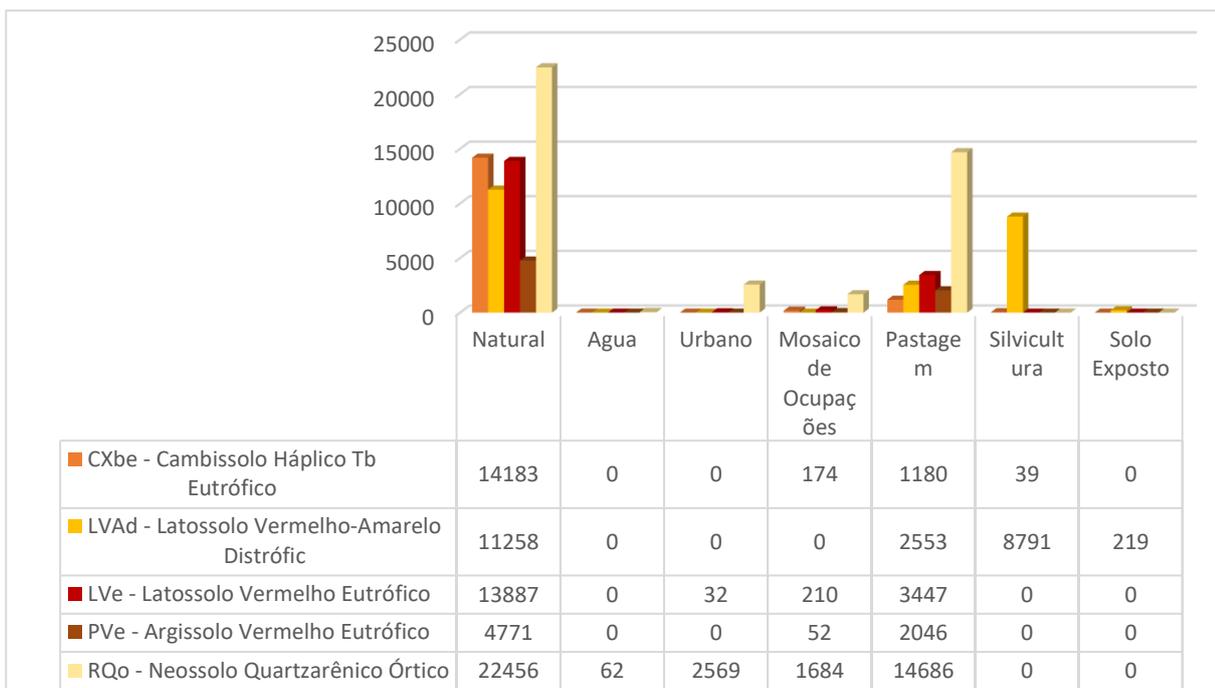


**Tabela 4-1** - Distribuição do Uso da Terra na bacia



**Tabela 4-2** - Distribuição dos Solos na bacia

Ainda com o auxílio do Microsoft Excel, extraiu a **Tabela 4-3** seguinte:

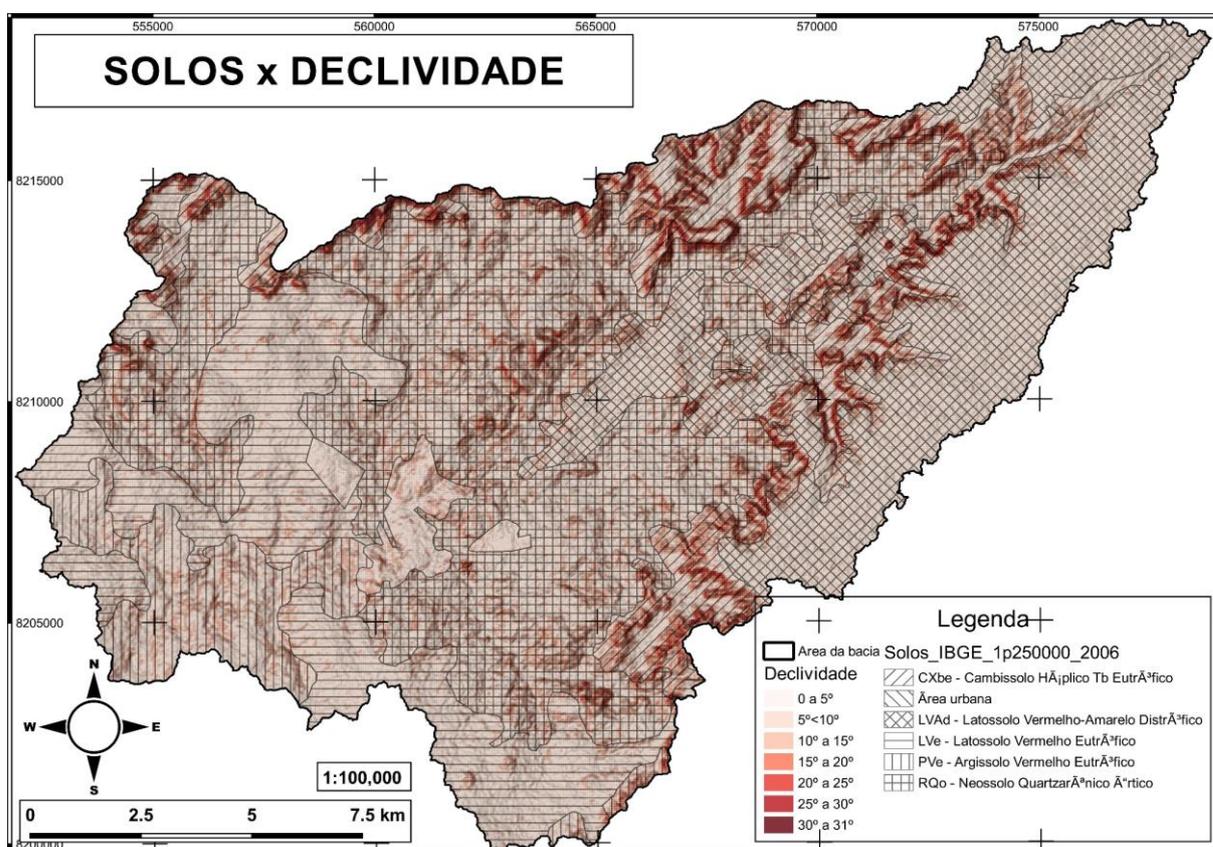


**Tabela 4-3** - Concentração do Uso do Solo por tipo de Solo (unidade = ¼ Hectare)

A **Tabela 4-3** exalta as relações observáveis na **Figura 4-3** e logo, a frente dos dados, podemos tirar algumas conclusões. A distribuição da vegetação natural respeita quase em sua totalidade uma distribuição homogênea ao longo da bacia, somente competindo com a seletividade das ocupações urbanas e especialmente das pastagens e silviculturas, sendo as pastagens mais frequentes no Neossolo Quartzênico Órtico e a Silvicultura no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

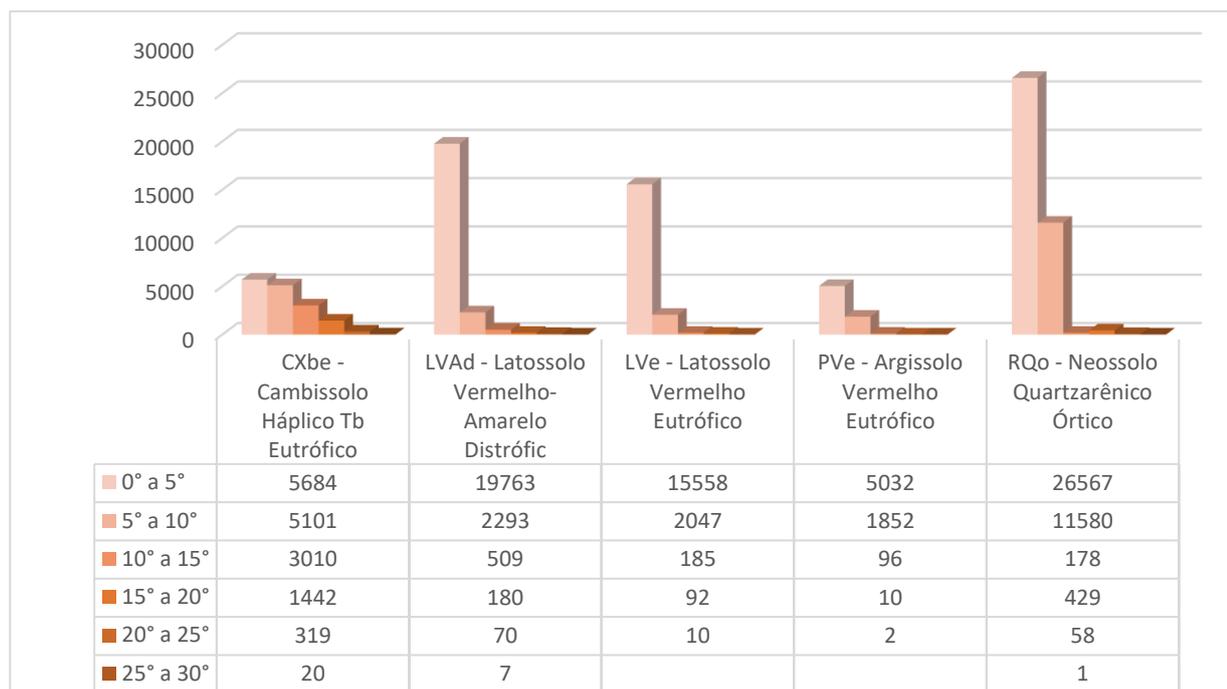
#### 4.2.2 Mapa de Solos e Declividade

O mapa da **Figura 4-4** por sua vez é composto pela fusão do mapeamento Pedológico (Solos\_IBGE\_250000\_2006) e do de declividade extraído do modelo de elevação do terreno (MDE).



**Figura 4-4** - Mapa de Solos pela Declividade.

Com os dados obtidos pela metodologia foi possível confeccionar o seguinte **Tabela 4-4**.



**Tabela 4-4** - Gráfico dos Solos pela Declividade (unidade = ¼ Hectare).

A Bacia em sua totalidade tem relevo mais suave com mais 90% de sua área com declividades entre 0° a 10°. Os Solos que se apresentam como mais planos são os Latossolos, seguido pelo Argissolo Vermelho Eutrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, por último o Cambissolo Háplico Tb Eutrófico é o que possui os relevos mais inclinados, como característico.

O Latossolo Vermelho Eutrófico é o mais suave com 87% do total entre 0° a 5°. O Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico é predominantemente suave, porém possui 172 hectares entre 10° a 20°. O Argissolo possui 72% da área entre 0° a 5° e 26% entre 5° a 10°.

O Neossolo tem 68% da área entre 0° a 5° e 30% entre 5° a 10° e 1% ou 150 hectares em relevo inclinado. O Cambissolo por último possui 70% em relevo suave de 0° a 10° e 29% em relevo inclinado de 10° a 20°.

### 4.2.3 Mapa de Uso da Terra e Declividade

Semelhante ao anterior esse o mapa da **Figura 4-5** é fruto do cruzamento do mapa de Uso da Terra com o de Declividade.

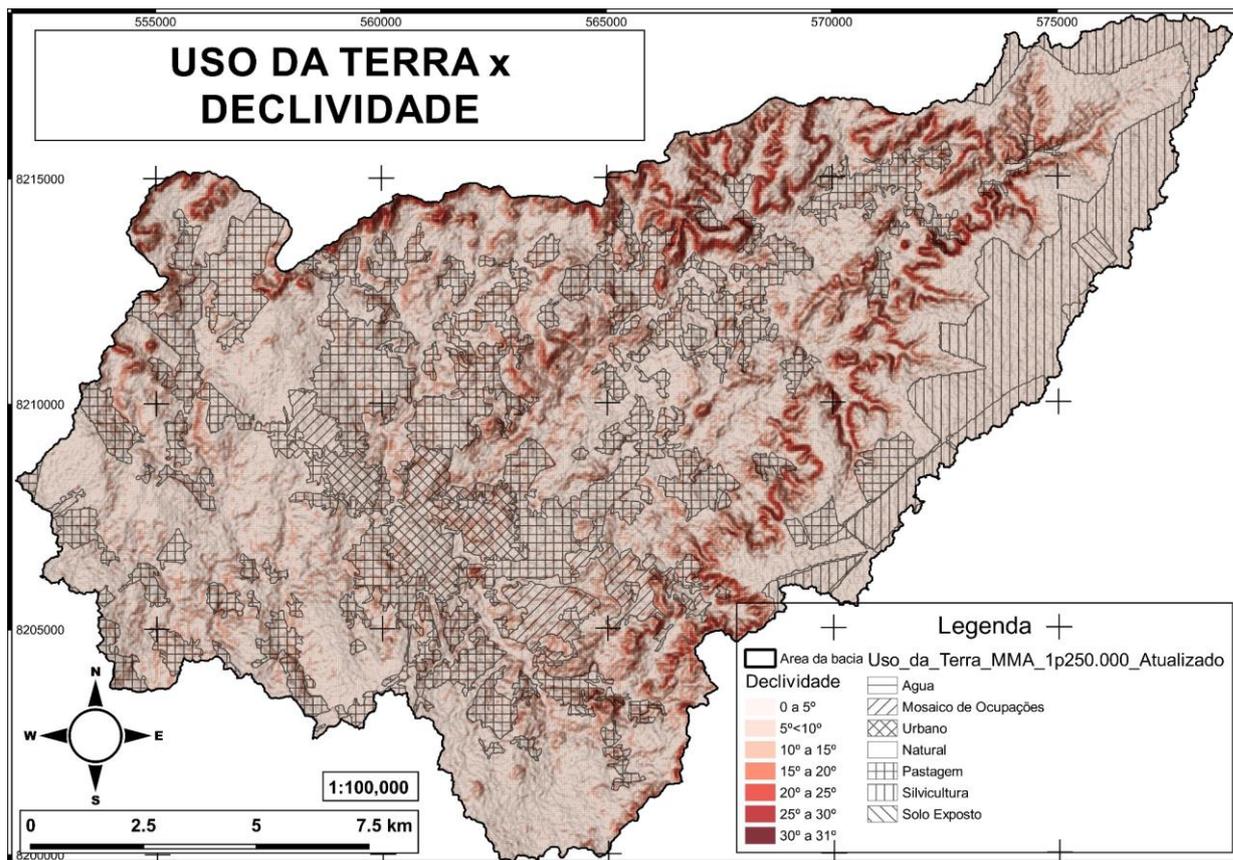


Figura 4-5 - Mapa de Uso da Terra por Declividade

Foi possível então gerar a Tabela 4-5 :

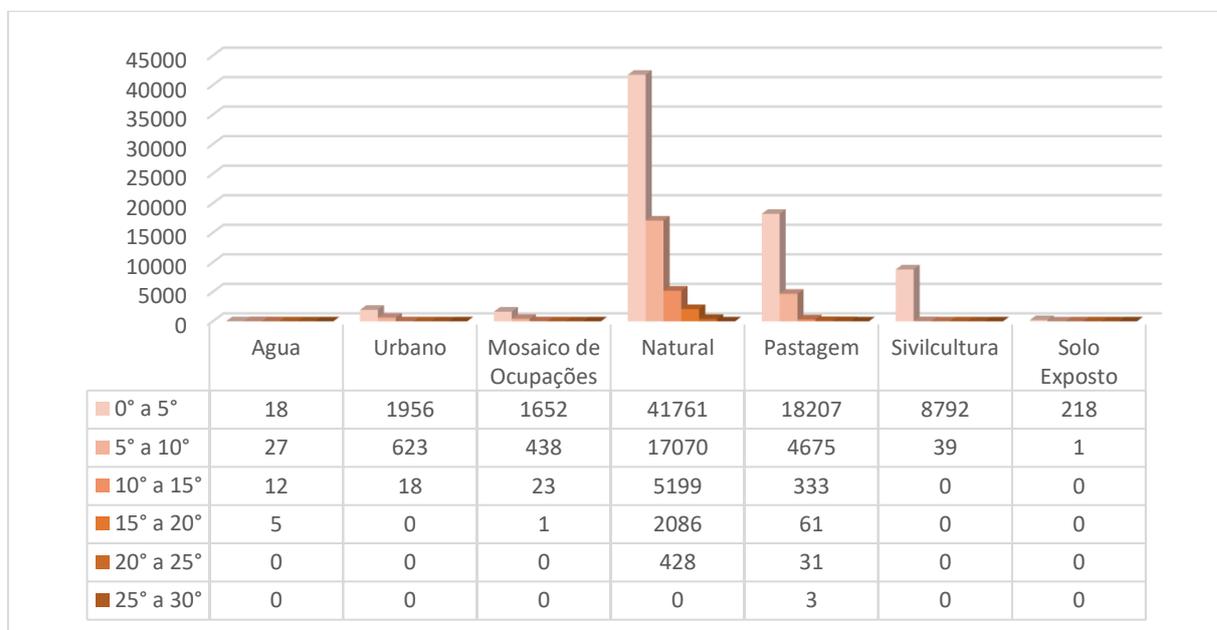


Tabela 4-5 - Uso do Solo pela Declividade (unidade = ¼ Hectare).

Com a interpretação dos dados percebe-se que as regiões mais inclinadas não foram visadas pela ocupação humana. Porém, há ressalvas: a mancha urbana e o mosaico de ocupações estão sobre 10

hectares de ambiente levemente inclinado, 10° a 15°, as pastagens também ocupam 106 hectares em terrenos levemente inclinados a inclinados. A Silvicultura, que se resume basicamente a eucaliptais, tem uma alta seletividade do terreno, onde praticamente 100% se ocupa em terreno plano.

### 4.3 MAPAS MULTIDISCIPLINARES

Utilizando os parâmetros estipulados por Crepane (2001) foi realizado uma carta de vulnerabilidade natural e perda de solo. O autor construiu uma escala de vulnerabilidade do solo exposta na **Tabela 4-6**. Aonde valores da média próximos a 1 prevalece a pedogênese, próximos a 2 há equilíbrio entre pedogênese e morfogênese e em sequência valores prevalece a morfogênese.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			CORES
				VERM.	VERDE	AZUL	
U1		3,0		255	0	0	Red
U2		2,9	VULNERÁVEL	255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6		255	204	0	Yellow
U6	L	2,5	255	255	0		
U7	N	2,4	MODERADAM. VULNERÁVEL	204	255	0	Light Green
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	Green
U10	A	2,1		51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	Light Green
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	Light Green
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	Cyan
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	Blue
U18	E	1,3		0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	Dark Blue
U20		1,1	0	51	255		
U21		1,0	0	0	255		

**Tabela 4-6** - Escala de vulnerabilidade do solo, Crepane (2001).

Dos 5 critérios utilizados pelo autor, Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Climatologia, Pedologia, não foram usados nesse projeto a vegetação por uma falta de mapeamento que se estende por todo território da Sub-Bacia, nem os dados de dissecação do relevo e comprimento de rampa, dado a esses dois últimos serem dados de mais complexa obtenção. Para Geomorfologia foi então usado apenas os dados de declividade.

As **Tabela 4-7** tabelas: **Tabela 4-8**, **Tabela 4-9**, **Tabela 4-10** e a **Tabela 4-10** a seguir contém os valores adotados nesse projeto.

Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns					
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estauroлита xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassilito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármoreos	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Tabela 4-7 - Ponderação dos tipos de Rocha, Crepane (2001).

CLASSES MORFOMÉTRICAS	DECLIVIDADE (%)	VALORES DE VULNERABILIDADE
Muito Baixa	< 2	1,0
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 –20	2,0
Alta	20 - 50	2,5
Muito Alta	> 50	3,0

Tabela 4-8 - Ponderação para a declividade, Crepane (2001).

<b>CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS</b> (Camargo et al., 1987)	<b>CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS</b> (EMBRAPA, 1999b)	<b>VULN.</b>
Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelho-Escuros Latossolos Roxos Latossolos Brunos Latossolos Húmicos Latossolos Húmicos Brunos	Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelhos Latossolos Vermelhos Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos	<b>1,0</b>
Podzólicos Amarelos Podzólicos Vermelho-Amarelos Podzólicos Vermelho-Escuros Terras Roxas Estruturadas Brunos Não-Cálcicos Brunizéns Brunizéns Avermelhados Rendzinas Planossolos Solos Hidromórficos (abrupticos) Podzóis	Argissolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvisolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Planossolos Planossolos Espodossolos	<b>2,0</b>
Cambissolos	Cambissolos	<b>2,5</b>
Solos Litólicos Solos Aluviais Regossolos Areias Quartzosas Vertissolos Solos Orgânicos Solos Hidromórficos (não abrupticos) Glei Húmico Glei Pouco Húmico Plintossolo Laterita Hidromórfica Solos Concrecionários Lateríticos Afloramento Rochoso	Neossolos Litólicos Neossolos Flúvicos Neossolos Regolíticos Neossolos Quartzarênicos Vertissolos Organossolos Gleissolos Gleissolos Plintossolos Gleissolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Afloramento Rochoso	<b>3,0</b>

Tabela 4-9 - Ponderação dos Solos, Crepane (2001).

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidad e	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidad e	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidad e
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Tabela 4-10 - Ponderação do Clima, Crepane (2001).

Para ponderar os dados registrado dentro das *shapes* em formato de texto utilizou-se a calculadora de campo do QGIS 2.18.22 e nela foram inseridos os seguintes códigos:

Para o Parâmetro Geologia (G):

```
CASE
WHEN "NOME_UNIDA" = 'Depositos coluvio-eluviais' THEN 3.0
WHEN "NOME_UNIDA" = 'Formacao Lagoa do Jacare' THEN 2.9
WHEN "NOME_UNIDA" = 'Formacao Serra da Saudade' THEN 2.7
WHEN "NOME_UNIDA" = 'Grupo Areado Indiviso' THEN 2.5
END
```

Para o Parâmetro Declividade (D):

```
CASE
WHEN "DECLIV" = '0' THEN 1
WHEN "DECLIV" = '1' THEN 1
WHEN "DECLIV" = '2' THEN 1.5
WHEN "DECLIV" = '3' THEN 1.5
WHEN "DECLIV" = '4' THEN 1.5
WHEN "DECLIV" = '13' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '14' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '15' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '16' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '17' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '18' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '19' THEN 2
WHEN "DECLIV" = '21' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '22' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '23' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '24' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '25' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '26' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '27' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '28' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '29' THEN 2.5
WHEN "DECLIV" = '31' THEN 2.5
```

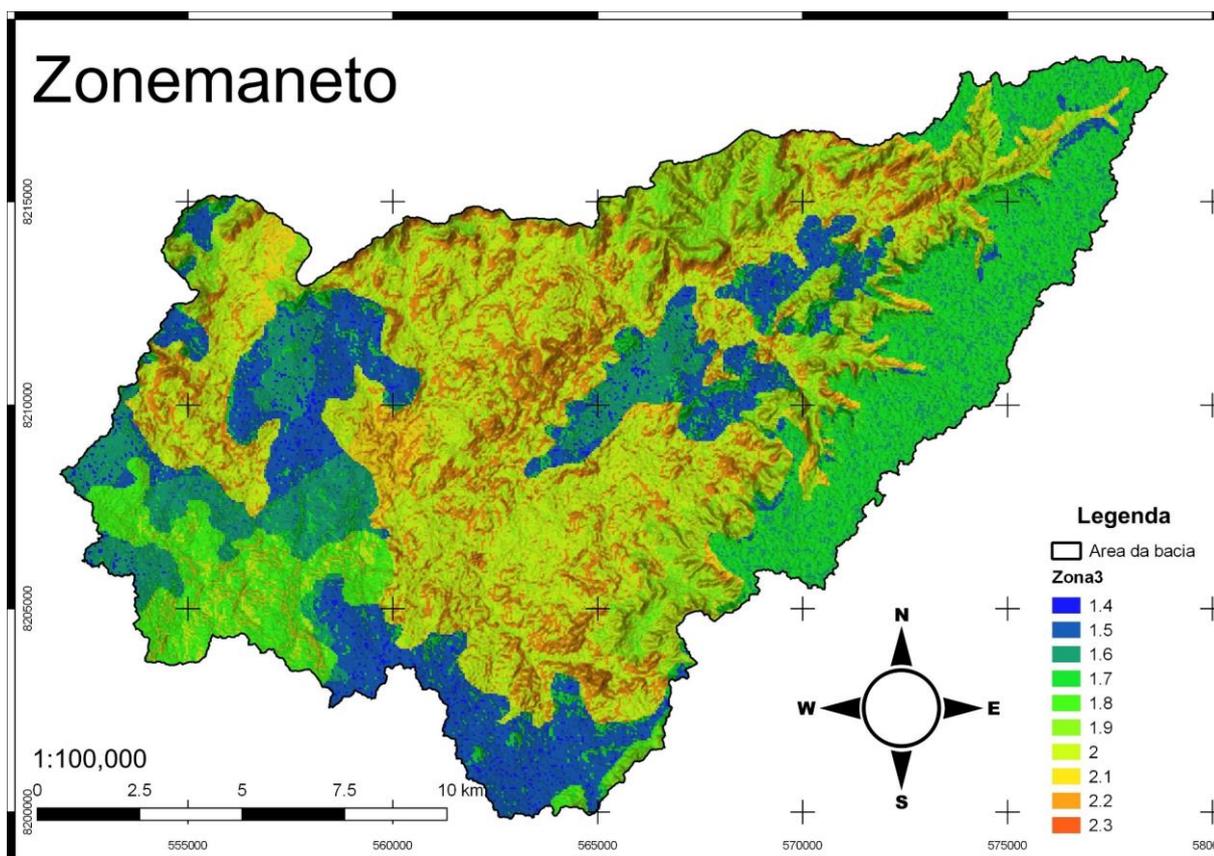
Para o parâmetro Solos (S):

```

CASE
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'CXbe - Cambissolo Háplico Tb Eutrófico' THEN 2.5
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'LVAd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico' THEN
1
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'LVe - Latossolo Vermelho Eutrófico' THEN 1
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'PVe - Argissolo Vermelho Eutrófico' THEN 2.0
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'RQo - Neossolo Quartzênico Órtico' THEN 3.0
WHEN "SOLO_ORDEM" = 'Área urbana' THEN 0
END
    
```

Para o parâmetro clima (C), dado a precipitação média de 75-100 mm/mês o peso dado a toda a área é de 1.2.

Com todas as unidades desejadas ponderadas utilizou-se novamente a calculadora de campo do QGIS 2.18.22 para obter a média simples, para tanto somou-se todos os valores e dividiu-se o resultado por 4. Assim gerou-se o mapa da **Figura 4-6**.



**Figura 4-6** - Carta de vulnerabilidade natural e perda de solo

Cruzando este mapa com o mapa pedológico nós obtemos o mapa da **Figura 4-7** e a **Tabela 4-11**.

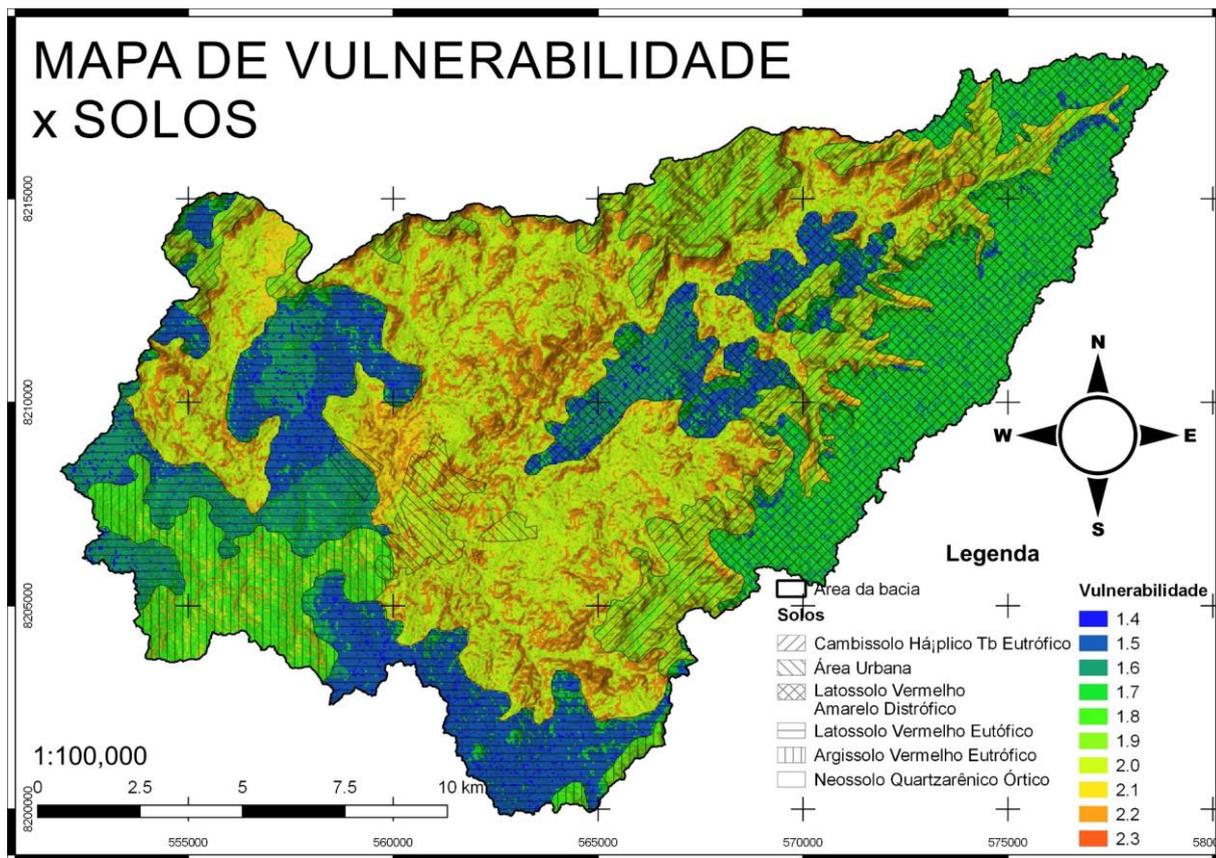
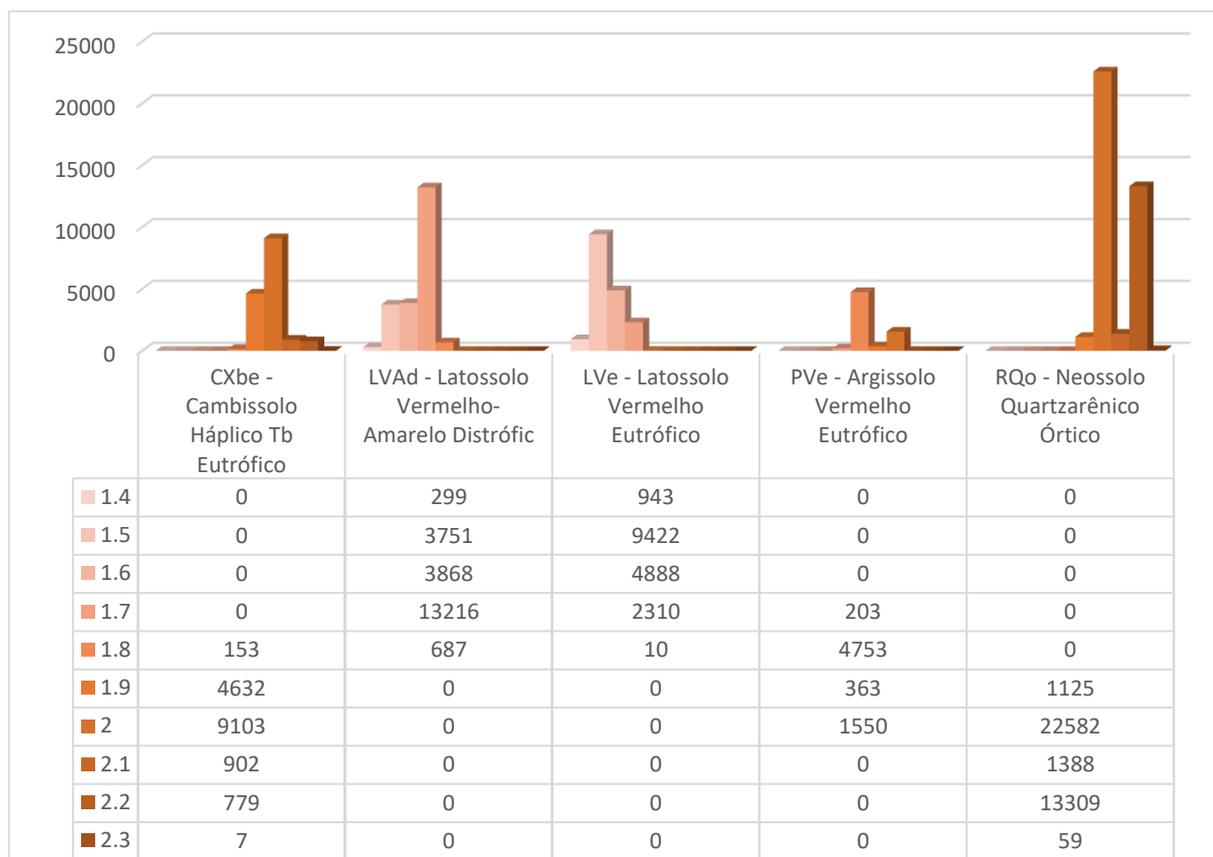


Figura 4-7 - Mapa de Vulnerabilidade por Solos.



**Tabela 4-11** - Gráfico gerado pelo cruzamento dos mapas de Solos e Vulnerabilidade

## **CAPÍTULO 5**

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

---

#### **5.1 INTRODUÇÃO**

A partir dos dados gerados, processados e interpretados, pode-se então partir para a discussão primeiramente do método e em seguida dos dados gerados e das possíveis discussões.

#### **5.2 A METODOLOGIA E SUA PRECISÃO**

Dentre os produtos obtidos através da metodologia desenvolvida, os dois principais fatores limitantes para as conclusões é a escala dos mapeamentos e a capacidade de processamento do computador utilizado. Por um lado, a precisão dos mapas não permite uma análise aproximada e mais precisa e por outro o computador utilizado possui um limite de cálculos por tempo e logo não se torna ideal uma área ampla de amostragem, dado o tempo necessário para processar todos os dados. Contudo, como já exposto, o foco desse projeto não é um mapeamento final, não é a produção de uma série de cartas para consulta esporádica, e sim uma série de cartas para auxílio de tomada de decisão ao profissional que venha a estudar a bacia.

O estudo da escala de precisão da malha esbarra na natureza mista de sua composição que apesar de ser um dado vetorial afinal, comporta-se como um dado matricial por se tratar de uma matriz  $p(m,n)$ . Até o presente momento não se encontrou na bibliografia estudo que auxilie nesse cálculo para esse caso em específico, porém se adotarmos a natureza matricial, Boggione (2009) através de cálculos por EIFOV (Effective Instantaneous field of view ou campo de visão efetivo instantâneo na tradução livre) assume que imagens de satélite com resolução de 50 metros possuem escalas equivalentes de 1:100.000, logo esta é a escala dos mapas confeccionados.

#### **5.3 CONDICIONANTES DOS SOLOS**

A erosão dos solos é um processo natural e ocorre mesmo em ecossistemas em equilíbrio. A intervenção humana eleva a taxa de incidência desse processo gerando a “erosão acelerada”. Esta constitui um fenômeno de grande importância em razão da rapidez de seu desencadeamento e por acarretar grandes. A magnitude da erosão acelerada se relaciona às características do solo, às condições climáticas e ao uso e manejo dos recursos naturais (Hernani, 2002). A erosão acelerada, ou erosão antrópica, é um problema mundial. Vastas áreas estão sujeitas à degradação do solo, às vezes de forma irreversível, por uma série de processos como erosão e desertificação acelerada, compactação e selamento, salinização, acidificação, diminuição da matéria orgânica e da fertilidade do solo e redução da biodiversidade (LAL, 1994).

Martins Jr. (2014) traz a discussão, de maneira sistematizada, os diversos tipos de degradações ambientais a bacias hidrográficas, em especial as inseridas no contexto do Rio São Francisco. No estudo há uma série de atividades recorrentes que implicam desgastes ambientais e suas possíveis repercussões em novos processos. O autor organiza em macro grupos as tipologias dos impactos: Circulação Hídrica, Desmatamento Florestal, Erosional, Geotécnico, Queimadas, Solos, Barragens de grande, médio e pequeno porte (inundações). Outros como Insumos e Biocidas, Químicos, Reprodução de espécies, Poluição Nuclear, são em parte relevantes em outros não, e estão além do entendimento e precisão desse projeto, logo não foram adicionados a argumentação.

Os impactos repercussivos vêm elencados nas tabelas **Tabela 5-1**, **Tabela 5-2**, **Tabela 5-3**, **Tabela 5-4**, **Tabela 5-5**, **Tabela 5-6** e **Tabela 5-7** a seguir.

### 5.3.1 Circulação Hídrica

1 – Desmatamento extensivo e aniquilador de ecossistemas	1 – Contribui para o fim de ecossistemas locais ou de pequena extensão. 2 – Compromete a existência da fauna. 3 – Aumenta a descontinuidade floral. 4 – Pode afetar a circulação hídrica. 5 – Pode atuar como indutor de erosão. 6 – Incêndios
2 – Ruptura do processo de infiltração da água pluvial nas zonas e áreas de recarga dos aquíferos subterrâneos	1 – Aumenta o escoamento superficial durante chuvas e pós chuvas. 2 – Diminui a infiltração. 3 – Compromete a quantidade de água reservada. 4 – Pode induzir a erosão. 5 – Pode favorecer, conforme o caso, facilitar a infiltração e/ou disseminação de NPK e de biocidas NPK
3 – Diminuição das vazões específicas de curto, médio e longo prazo.	1 – Essa diminuição pode resultar de impactos na circulação hídrica. 2 – Pode ser resultante de diminuição do processo de infiltração. 3 – Pode ser derivada de mudança climática. 4 – Pode ser conjugada as relações dos itens 1, 2 e 3 ao mesmo tempo.
4 – Exploração indevida de Veredas	1 – Efeitos na circulação hídrica 2 – Efeitos na variação da quantidade de água para menos, pelo aumento de evaporação
5 – Represamento de Veredas pelas rodovias	1 – Aumento de evaporação. 2 – Destruição do ecossistema associado. 3 – Morte dos Buritis.
6 – Ressecamento definitivo de áreas de inundação permanente e também de áreas de inundação periódicas	1 – Morte do ecossistema associado. 2 – impacto sobre a circulação hídrica. 3 – diminuição das vazões específicas.

**Tabela 5-1** - Degradações relacionadas a Circulação Hídrica, Martins Jr. (2014).

9 – Desmatamento controlado feito segundo critérios de legítimo uso da terra com conservação de sistemas naturais	1 – Impacto da perda florestal. 2 – Espera-se produzir impactos que sejam sem repercussão.
10 – Desmatamento realizado de forma descontrolada e não sistêmica	1 – Produz perda de espécies ou atua nessa direção. 2 – Aumenta possivelmente a descontinuidade floral. 3 – Pode afetar a circulação hídrica.
11 – Desmatamento extensivo e aniquilador de ecossistemas	1 – Contribui para o fim de ecossistemas locais ou de pequena extensão. 2 – Compromete a existência da fauna. 3 – Aumenta a descontinuidade floral. 4 – Pode afetar a circulação hídrica. 5 – Pode atuar como indutor de erosão
12 – Produção de descontinuidade floral ao longo do bioma com remanescentes de matas isoladas.	1 – Impactos sobre a reprodução da vida animal. 2 – Perda de espécies. 3 – Impactos sobre a flora que permanecer existente. 4 – Destruição progressiva do bioma. 5 – Alteração possível da circulação hídrica. 6 – Impactos possíveis sobre o solo. 7 – Eventualmente favorece erosão.

**Tabela 5-2** - Degradações relacionadas a Desmatamento Florestal, Martins Jr. (2014).

### 5.3.2 Erosional

13 – Processos erosivos em vários estágios de adiantamento	1 – Perda de solos produtivos. 2 – Perda universal de solos acelerada ainda que sem erosão explícita. 3 – Instabilidade com impactos sobre obras humanas. 4 – Desastres coletivos sobre obras humanas. 5 – Perdas de vidas humanas.
14 – Indução à erosão propiciada pela construção de vias.	1 – Erosão nas vertentes para fora da estrada. 2 – Erosão de vertentes sobre a estrada. 3 – Erosão da própria estrada. 4 – Desestruturação da paisagem. 5 – Perda de solos. 6 – Aumento de sedimentos em circulação

**Tabela 5-3** - Degradações relacionadas a ação erosional, Martins Jr. (2014).

### 5.3.3 Geotécnico

15 – Enrijecimento (encrostamento ou adensamento) de solos com pisoteio de gado e outros fatores	1 – Produção de caminhos nas vertentes. 2 – Endurecimento progressivo dos caminhos. 3 – Endurecimentos do solo na pastagem. 4 – Eventual aumento de escoamento superficial.
--	--

**Tabela 5-4** - Degradação relacionada a fatores Geotécnicos, Martins Jr. (2014).

### 5.3.4 Queimadas

16 – Queimadas de origem antrópica	1 – Propagação de incêndios de grandes proporções. 2 – Perda de espécimes da fauna. 3 – Perda de amplas áreas de vegetação natural. 4 – Perda de obras humanas. 5 – Poluição atmosférica.
------------------------------------	---

	6 – Aumento de CO <sub>2</sub> na atmosfera. 7 – Favorecimento de doenças alérgicas e respiratórias
--	--

**Tabela 5-5** - Degradações relacionadas a Queimadas, Martins Jr. (2014).**5.3.5 Solos**

16 – Encrostamento localizado de solos	1 - Geralmente local quando em início de processo. 2- Aumenta o escoamento superficial durante chuvas.
17 – áreas extensivas com encrostamento de solos	1 – Aumento expressivo de escoamento superficial. 2 – Perda expressiva do processo de infiltração. 3 – Perda de nutrientes de solos. 4 – Perda de produtividade agrícola, pastoril e florestal.
18 – Enrijecimento (encrostamento ou adensamento) de solos com pisoteio de gado e outros	1 – Produção de caminhos nas vertentes. 2 – Endurecimento progressivo dos caminhos. 3 – Endurecimentos do solo na pastagem. 4 – Eventual aumento de escoamento superficial.
19 – Indução à erosão propiciada pela construção de vias.	1 – Erosão nas vertentes para fora da estrada. 2 – Erosão de vertentes sobre a estrada. 3 – Erosão da própria estrada. 4 – Desestruturação da paisagem. 5 – Perda de solos. 6 – Aumento de sedimentos em circulação.
20 – Perda de solos por projetos de barragem de grande porte	1 – Destruição da vegetação natural. 2 – Desaparecimento de espécies aquáticas. 3 – Isolamento de áreas dentro do bioma 4 – Desaparecimento eventual de espécies terrestres

**Tabela 5-6** - Degradações relacionadas aos Solos, Martins Jr. (2014).**5.3.6 Barragens de grande, médio e pequeno porte (inundações)**

21 – Construção inadequada de barramentos de quaisquer tipos.	1 – Inundação que pode destruir ecossistemas e ecotopos. 2 – perda de área agrícola. 3 – perda de área florestal. 4 – perda de áreas urbanas e de propriedades rurais. 5 – perda de patrimônio intangível como a paisagem.
22 – área de inundação por projetos de uma única barragem	1 – Destruição da vegetação natural. 2 – desaparecimento de espécies aquáticas

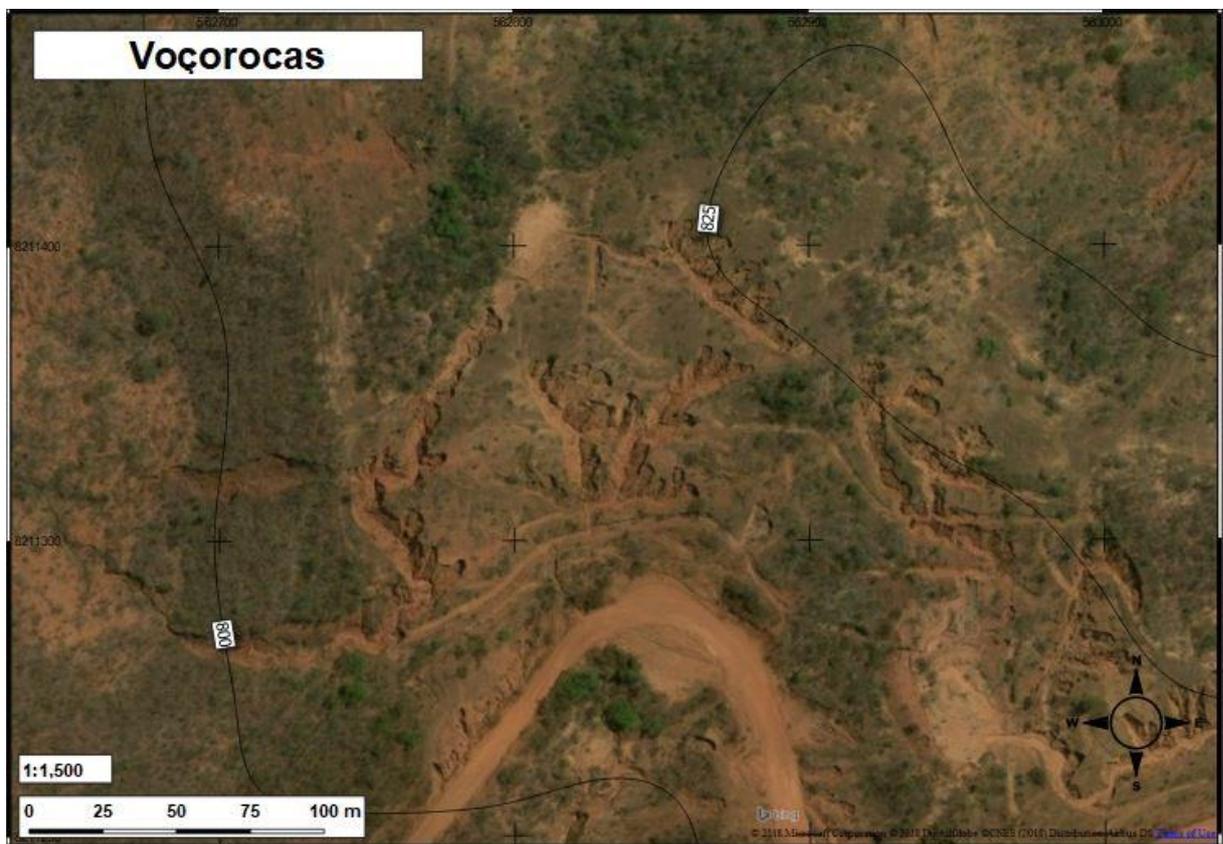
**Tabela 5-7** - Degradações associadas à instalação de barragens de qualquer porte e as inundações consequentes, Martins Jr. (2014).

Como exposto os impactos prováveis, encadeiam-se e podem se propagar se não devidamente compreendidos, pois as reações de causa e efeito muitas vezes se auto alimentam, como se confere a seguir.

No caso da bacia estudada nesse projeto se destacam alguns fatores expostos pela metodologia aplicada. Um deles é a alta seletividade das pastagens ao Neossolo Quartzênico Órtico, que apesar de ocupar 39% total da bacia, corresponde a 61% do total da área destinada a criação bovina. O avanço sobre esse solo se pode explicar na vegetação pouco desenvolvida sobre o terreno quartzoso pobríssimo em nutrientes. A investida agressiva da pecuária é notada por EMBRAPA (1979) que o classifica como um regime extensivo e precário. Segundo Martins Jr. (2014), algumas consequências repercussivas de

desmatamento extensivos são: a lesa a circulação hídrica, a indução a erosão e queimadas. O Neossolo Quartzênico, como já exposto, é poroso a muito poroso e a falta de argila e matéria orgânica dificultam a retenção de umidade nos poros quando a água infiltra, percola rapidamente, e a que escorre na superfície não enfrenta vegetação e logo escorre rapidamente também.

O rápido escoamento da água pode acarretar em erosões superficiais, ocasionando não somente em danos físicos a construções, mas também consiste na perda de solos produtivos, ou no caso do Neossolo, a sua fina camada húmica. Através do mapa da **Figura 4-4**, nota-se ambientes com declividade acentuada sendo 107,25 hectares com declividade de 15 a 20° e outros 14.75 hectares com declividade superior a 20°. Segundo o EMBRAPA (1979) em decorrência da grande susceptibilidade à erosão, o controle dessa deve ser intenso nesse tipo de solo, pois não é incomum a presença de Voçorocas na região, **Figura 5-1**.



**Figura 5-1** - Voçoroca em área indicada como Neossolo Quartzênico Órtico e Pastagem, Imagem Bing.

O rápido escoamento da água sobre o solo quartzoso ainda implica na perda de infiltração da água no subsolo o que é concomitante, sobre a óptica da circulação hídrica, a perda de vazão específica a curto, médio e longo prazo dado a ruptura do processo de infiltração da água pluvial nas zonas de recarga dos aquíferos subterrâneos. Essa perda de vazão está associada também as alterações climáticas, como foi exposto, a precipitação anual não ultrapassou os 600 mm em 2014 e 2015. Segundo Getirana (2016), dados obtidos pela missão *Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE)* comprovam

por análises gravimétricas o esgotamento de reservatórios subterrâneos com taxas de até 6.1cm/ano, que correspondem na região Sudeste a 56km<sup>3</sup> de volume perdido por ano no período de 2012 a 2014. E ainda as taxas de evapotranspiração se mantiveram negativas a - 5mm/dia.

A seca ainda favorece a ocorrência de incêndios florestais e sua propagação extensa, que sendo causados por ação antrópica ou mesmo naturais, propiciam segundo Martins Jr (2014): perda de espécimes de fauna, e amplas áreas de vegetação natural.

Uma unidade de vegetação que deve ser citada devido à importância para a circulação hídrica é a Vereda. Encontradas em solos hidromórficos, se posicionam especialmente em vales ou áreas planas, acompanhadas de linhas de drenagem mal definidas, (Walter e Ribeiro 1998). Essa fitofisionomia do Bioma Cerrado constitui-se num sistema represador de água armazenada na chapada, sendo importante para perenização dos córregos, ribeirões e rios, a jusante deste sistema (Ramos 2006). Essas vegetações vêm sendo pressionadas pelas ações agrícolas e pastoris sendo então descaracterizadas pela construção de barragens e açudes, plantações, pastos, por estradas e por queimadas. Sendo as Veredas uma unidade de difícil recuperação (Carvalho 1991), a preservação dessa se faz necessária, e logo uma análise mais detalhada é recomendada na bacia.

Paralelamente a carta de vulnerabilidade de solos concorda com os elementos elencados acima, aonde a região coberta pelo Neossolo aliada as altas declividades possuem os maiores índices de vulnerabilidade a erosão podendo segundo Crepane (2001) estarem muitas vezes sobre efeitos da morfogênese. Como dito a carta não leva o mapeamento da vegetação, porém é fato que a região mais reprimida de sua vegetação natural é além da mais vulnerável naturalmente como também a mais vulnerável quando sobre impactos da antropomorfização uma vez que esta é a mais utilizada para as pastagens.

A carta por se tratar de um mapa multidisciplinar ainda permite delimitar não somente a região como também as localidades mais críticas que merecem a maior atenção. Uma vez delimitadas essas localidades devem ser supervisionadas com fotos aéreas, uma vez identificada alguma feição erosiva essa deve ser incluída, vide **Figura 5-2**, na investida de campo para serem devidamente examinadas e classificadas. Mesmo não sendo identificado a localidade, essa área merece uma maior atenção.

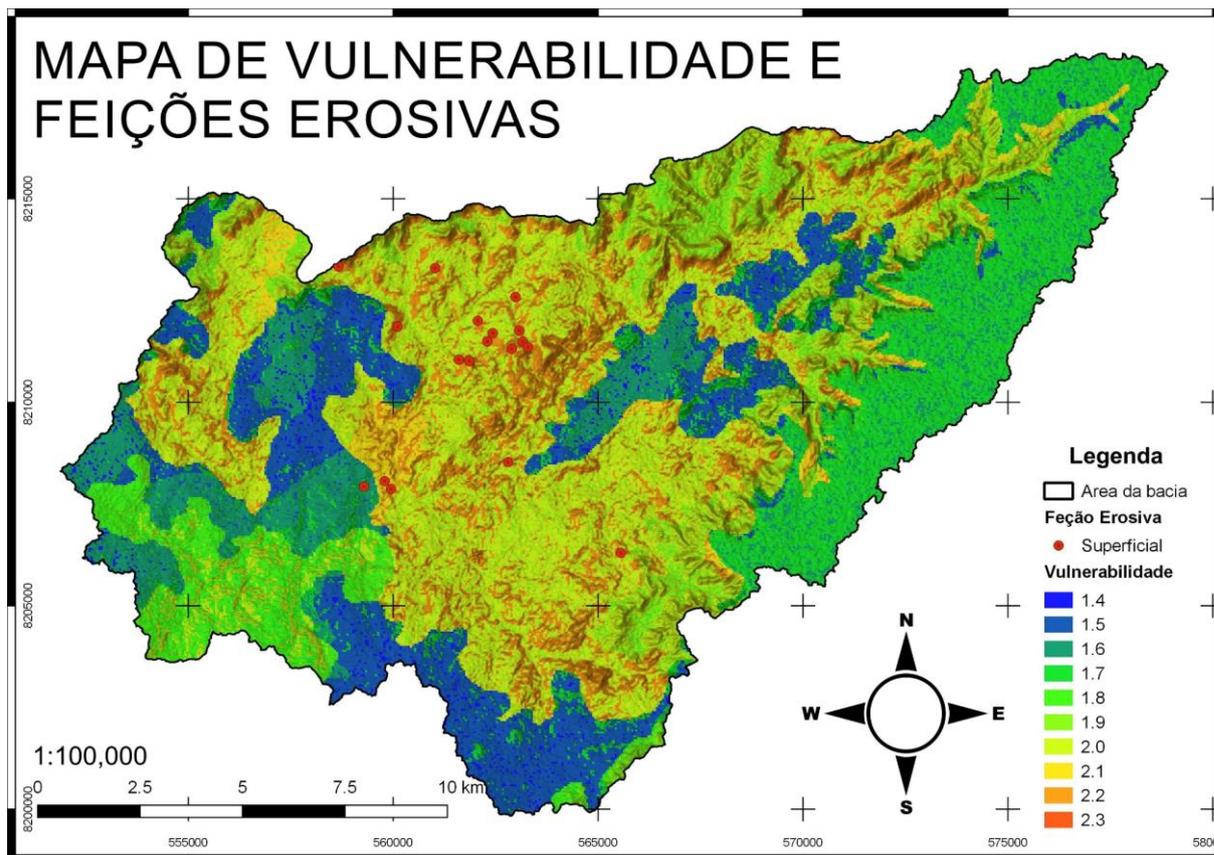


Figura 5-2 - Feições erosivas identificadas pela carta de vulnerabilidade e imagens aéreas.

## CAPÍTULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Os estudos das ciências ambientais encontram um grande aliado no Geoprocessamento, especialmente quando se trata na análise de padrões da distribuição geográfica. Especialmente com o desenvolvimento das tecnologias de SIG e Sensoriamento Remoto, cujo o acesso também tem se facilitado pela diminuição do custo de acesso a essas (Pfaltzgraff 2007). Desde o início da elaboração desse projeto a visualização imediata dos dados que o SIG produz, auxilia no refinamento dos mesmos, de maneira que o estudo das qualidades da região é interminável, permitindo sempre a atualização com novas perguntas, pesquisas bibliográficas e dados mais precisos.

Ferramentas de auxílio de tomada de decisão em etapas de campo são necessárias especialmente quando se trata de uma análise ambiental em áreas extensas, como em uma bacia hidrográfica, a capacidade de visualização, permite ao analista uma visão holística do meio em que está inserido. No caso da ferramenta desenvolvida nesse projeto, o profissional munido de mapeamentos realizados por entidades competentes, fotografias aéreas de precisão e o levantamento topográfico, pode produzir cartas interdisciplinares de maneira automatizada. Recomenda-se o preparo das informações no pré campo, porém os processamentos mais demorados realizados nesse projeto tem ordem de 30 minutos para uma malha de 50 por 50 metros, sendo possível então a manipulação e atualização dos dados ao longo da campanha. Este método ainda tem como vantagem a possibilidade de se focar em uma área específica e dispensar cálculos desnecessários, os dados estatísticos facilmente são calculados usando ferramentas como o Microsoft Excel.

Vale ressaltar que a metodologia aplicada produz resultados cuja precisão é dependente da escala e/ou eficácia dos mapeamentos realizados e da resolução dos imageamentos. Logo como etapa fundamental desta metodologia se deve fazer a análise da bibliografia existente, sempre atento a escala do mapeamento. Deve-se procurar sempre pelo mais preciso pois em muitos casos a mais de um mapeamento sobre a mesma região, como o caso do mapeamento pedológico, há um da EMBRAPA de 1:5.000.000, e outro compilado pelo IBGE de 1:250.000, o Geológico existe 1:2.500.000, 1:1.000.000 e outro de 1:100.000. Logo a manipulação destes dados dentro de um banco de dados organizado e com uma lógica clara ao usuário é indispensável.

Quanto ao método cabe em si o aperfeiçoamento da ferramenta com intuito de diminuir as possíveis perdas de informação. É necessário gerar estudos de retro análise para aperfeiçoar os resultados finais. Por fim sugere-se transforma-lo, com a linguagem *Python*, em formato de um

aplicativo executável em um sistema computacional para assim melhorar sua interatividade e dedutibilidade ao usuário final dos produtos gerados.

Quanto ao estudo de caso é concluí-se que a região apresenta diversas áreas degradadas, não somente ligadas aos avanços antrópicos, mas como a sua vulnerabilidade natural. O avanço com técnicas primitivas de ocupação só intensifica esses passíveis e logo devem ser supervisionadas ativamente especialmente seguindo um plano diretor, ou uma carta de uso optimal do território. Os mapas gerados nesse trabalho, portanto auxiliam na identificação das áreas críticas e das áreas favoráveis a ocupação e mais que isso auxiliam nas próximas etapas de um estudo mais aprofundado e definitivo na sub-bacia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALMEIDA F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozoico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 16:325-349.
- ALKMIM, F.F. 1993 A Danderfer Filho, LE Lagoeiro, - SBG, II Simpósio sobre o Cráton São Francisco. Sistema de dobramentos e empurrões da Chapada Diamantina (BA): Registro da inversão do Aulacógeno do Espinhaço no decorrer do Evento ...
- BERTACHINI, A. C, 1984 Escodino, P. C. B, Avaliação Hidrogeológica Para Captação de Água Subterrânea na Região do Noroeste Mineiro, CETEC.
- BOGGIONE, G.A.; SILVA, M.V.A.; CARVALHO JUNIOR, N.R.; TELES, T.L.; NAZARENO, N.R. X. 2009. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... p. 1739-1746. São José dos Campos: INPE.
- CÂMARA, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.; D'Alge, J.C. 2001. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos, INPE. (2ª edição revista e ampliada) <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>
- COLAVITE, Ana Paula; BARROS, Mirian V. F. Geoprocessamento aplicado a estudos do caminho de Peabiru. *Revista da ANPEGE*, v. 5, p. 86 - 105, 2009
- CREPANE E., Medeiros J. S. 2001, Filho P. H., Florenzano T. G., Duarte V., Barbosa C. C. F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos, INPE. 345p. (INPE-8454-RPQ/722)
- EMBRAPA, 1979. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - . Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 247p
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF. Embrapa Produção de Informação, 412p.
- EMBRAPA. 2006 Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. V.2. Brasília, DF. Embrapa Produção de Informação, 286p.
- ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE 2018. Help/Analyses and geoprocessing / Model Builder, disponível em: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm> acessado em 15/05/2018
- GETIRANA, A., 2016: Extreme Water Deficit in Brazil Detected from Space. *J. Hydrometeor.*, **17**, 591–599, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0096.1>
- GROSTEIN, M. D. 2001. MetrÓpole e Expansão Urbana: a Persistência de Processos Insustentáveis. São Paulo em Perspectiva. São Paulo, Fundação SEADE.
- HERNANI, Luis & Freitas, Pedro & F. Pruski, Fernando & Clerici Demaria, Isabella & de Castro-Filho, Celso & Landers, John. (2002). A erosão e seu impacto. Uso agrícola dos solos brasileiros. p47-60.
- IBGE, 2010, Portal de acesso ao Censo Demográfico, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> acessado em 05/05/2018
- INMET, dados históricos de pluviometria disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual> , acessado em 12/05/2018

Castagnaro, P. 2018, Estudo de ferramentas para auxílio de tomada de decisão em estudos Geoambientais – Estudo de caso de Brasília de Minas - MG

LAL, R. 1994, Soil Erosion Research Methods, Soil and Water Conservation Society.

LEFF, Henrique 2000. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental - DOI: 10.5212/OlharProfr.v.14i2.0007, olhar de Professor, Volume 18, nº 2, UEPG.

MARTINS Jr., P.P., Juarez Andrade Tolentino, Antônio Francisco Sá e Melo Marques, Gabriel Lopes Barbosa, Adriano Barreto Huguet. 2003. Introdução à Estrutura do Sistema SIGea. ¾ Nota Técnica NT-CRHA - 04 / 2003. Belo Horizonte: Projeto CRHA: Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográfica. Financiamento MCT/ FINEP / Fundo Setorial CT-Hidro-2002. 24p.

MARTINS Jr., P.P., Juarez Andrade Tolentino, Antônio Francisco Sá e Melo Marques, Gabriel Lopes Barbosa, Adriano Barreto Huguet. 2003. Introdução à Estrutura do Sistema SIGea. ¾ Nota Técnica NT-CRHA - 04 / 2003. Belo Horizonte: Projeto CRHA: Conservação de Recurso Hídrico no Âmbito da Gestão Ambiental e Agrícola de Bacia Hidrográfica. Financiamento MCT / FINEP / Fundo Setorial CT-Hidro-2002. 24p.

MARTINS Jr., P.P. (Editor). 2014. Ecologia Energia Economia Gestão de Bacia Hidrográfica – Instrumentos o Quê e para Quê. Ouro Preto e Belo Horizonte: APOSTILA PRÉ-LIVRO. Capítulos 8 e 9. 288p.

MARTINS Jr, P.P., Rosa, S. A. G., Cantisano, M.A.M., Andrade, L. M. G. 2008. Zoneamentos Ecológicos de Bacias Hidrográficas e Importância Econômica, ECEN, disponível em ([http://ecen.com/eee69/eee69p/zoneamento\\_ecologico\\_bacias\\_hidrograficas\\_importancia\\_economica.htm](http://ecen.com/eee69/eee69p/zoneamento_ecologico_bacias_hidrograficas_importancia_economica.htm)) acessado em 10/06/2018.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) 2010, Plano de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Minas Gerais – PAE/MG

PFALTZGRAFF, P. A. dos S.; Mascarenhas M. A; Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife. 2007. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PEREIRA, Sandro. (2013). Análise estratégica do zoneamento agroecológico como instrumento de ordenamento territorial e sua aplicação em modelos de mudança de uso e cobertura da terra. 10.13140/RG.2.2.14135.52645.

RAMOS, Marcus Vinícius Vieitas et al. 2006. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. *Ciênc. Agrotec.* [online]., vol. 30, n. 2, pp. 283-293. ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>.

RIBEIRO, José & Walter, Bruno. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. 151-212.

SEMAD, CBH JEQUITAÍ/PACUÍ, FHIDRO, 2010, Plano diretor de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Jequitaí, Pacuí e Trechos do São Francisco – UPGRH SF6, 736p.

SILVA, J. X. Geoprocessamento: para a análise ambiental. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2001

TARBOTON, D. Terrain Analysis using digital elevation models - TAUDDEM. Disponível em: <<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem3.1/>>. Acesso em maio de 2018.

VILELA, M, F, 2018, disponível em [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_70\\_911200585234.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_70_911200585234.html) acessado em 06/06/2018

---