

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - *CAMPUS* MONTE CARMELO  
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**HERBERTH MOTA MAIA**

**IMAGEAMENTO COM VANT APLICADO À RECUPERAÇÃO DO SOLO E  
ÁGUA DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA EM ESTRELA DO SUL -  
MG**

**MONTE CARMELO**

**2019-2**

**HERBERTH MOTA MAIA**

**IMAGEAMENTO COM VANT APLICADO À RECUPERAÇÃO DO SOLO E  
ÁGUA DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA EM ESTRELA DO SUL -  
MG**

Projeto apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Nery F. Vasconcelos

**MONTE CARMELO**

**2019-2**

**HERBERTH MOTA MAIA**

**IMAGEAMENTO COM VANT APLICADO À RECUPERAÇÃO DO SOLO E  
ÁGUA DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA EM ESTRELA DO SUL -  
MG**

Projeto aprovado para obtenção do título de Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo, pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, pela banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 19 de Novembro de 2019.

---

**Prof. Dr. Bruno Nery F. Vasconcelos (UFU)**

---

**Prof. Dr. Rodrigo Gallis (UFU)**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luziane Ribeiro Indjai (UFU)**

## RESUMO

Este trabalho foi concebido com o objetivo de realizar um diagnóstico ambiental dos recursos naturais de uma propriedade rural que está inserida em uma microbacia hidrográfica, localizada no município de Estrela do Sul-MG, afim de subsidiar tomadas de decisão futuras que visam tornar o manejo desta propriedade agrícola mais eficiente e conservacionista. O diagnóstico foi realizado através do aerolevanteamento com uso de um VANT, onde foi gerada uma ortofotocarta com GSD de 5,93 cm, auxiliando de maneira efetiva nas campanhas de campo, onde percorreu-se toda a extensão da propriedade de área equivalente a 53,4 ha, e foram descritos e coletados 12 perfis de solo completos, além de avaliados e coletadas mais 40 amostras extras e 4 amostras de água de forma a representar a realidade total dos ambientes da área de estudo. Após a execução das respectivas análises químicas e físicas do solo e água, foi elaborada uma tabulação com interpretação dos dados onde foi correlacionado o tipo de solo com o ambiente de ocorrência, permitindo assim a confecção de bases cartográficas com auxílio da ortofotocarta. Foram gerados um total de seis mapas, quatro mapas temáticos: Mapa de Solos; Mapa de Geoambientes; Mapa de Zoneamento Agroambiental e Mapa de Focos Erosivos, e dois mapas informativos: Mapa de áreas prioritárias para intervenção; Mapa de Pontos amostrais coletados. Constatou-se que os solos da área de estudo apresentam boa fertilidade natural, no entanto geralmente são solos pouco profundos e com considerável grau de susceptibilidade à erosão, sendo encontrado um total de 12 unidades de mapeamento na área de trabalho. Foram identificados 13 Geoambientes distintos, que representam a estratificação ambiental da propriedade, principalmente quanto a solos e relevo. Foram levantados 28 focos erosivos, todos associados à atividade agropecuária. No zoneamento agroambiental foram identificadas 6 zonas diferentes sendo estas atribuídas a diferentes níveis de intensidade de uso dos solos. Além disso, foi estabelecida uma área prioritária para intervenção no período de chuvas 2019/2020, visando a melhoria do processo de recarga hídrica da propriedade rural. Após definida a área prioritária foram estabelecidas as seguintes propostas de intervenção: Construção de bacias ou bolsões de infiltração; Estabelecimento de represas em pontos estratégicos; Reestabelecimento de curvas de nível; Plantio de árvores (mudas e sementes) nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar.

**Palavras Chave: Aerolevanteamento, Vant, Geoambientes, Zoneamento Agroambiental**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração de uma bacia hidrográfica mostrando os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal.....	14
Figura 2 - Demandas de água no Brasil de acordo com a finalidade .....	16
Figura 3 - Fatores de formação do solo e pedogênese. ....	18
Figura 4 - Diferentes níveis de escala do Sensoriamento Remoto .....	22
Figura 5 - Bloco formado pelas linhas de voo e a sobreposição longitudinal e lateral..	28
Figura 6 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	32
Figura 7 - Mapa das Microbacias Hidrográficas da Área de Estudo .....	33
Figura 8 - Fluxograma da metodologia.....	35
Figura 9 – Parâmetros do Plano de Voo.....	36
Figura 10 - Fototriangulação inicial.....	38
Figura 11 - Gráfico dos pontos de Enlace.....	39
Figura 12 - Nuvem de pontos densificada.....	40
Figura 13 – Modelo Digital de Superfície.....	42
Figura 14 - Orto mosaico .....	42
Figura 15 (A,B,C e D) - Bacia de infiltração.....	66
Figura 16 - Início da construção da Represa do primeiro afluente do córrego principal.....	67
Figura 17 - Represa do primeiro afluente do córrego principal.....	68
Figura 18 - Início da construção da Represa do segundo afluente do córrego principal.....	69
Figura 19 - Represa do segundo afluente do córrego principal.....	70
Figura 20 - Construção das curvas de nível .....	71
Figura 21 - Curvas de nível já estabelecidas.....	72
Figura 22 - Preparo dos berços para o plantio das mudas nativas..	73
Figura 23 - Plantio das mudas de árvores nativas nas curvas de nível.....	73
Figura 24 - Mudas das plantas nativas já plantadas juntamente com adubos verdes já germinados .....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Histórico da fotogrametria.....	25
Quadro 2 - Categoria dos Veículos Aéreos Não Tripulados.....	27
Quadro 3 - Unidades de mapeamento de solos .....	45
Quadro 4 - Unidades de mapeamento de geoambientes .....	51
Quadro 5 - Classes definidas no zoneamento agroambiental.....	56
Quadro 6 - Dados referentes aos parâmetros analisados nas amostras de água.....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>3D</b>	Três Dimensões
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>ANAC</b>	Agência Nacional de Aviação Civil
<b>ANATEL</b>	Agência Nacional de Telecomunicação
<b>BIT</b>	<i>Binary Digit</i>
<b>CTA</b>	Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial
<b>DECEA</b>	Departamento de Controle do Espaço
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>GB</b>	<i>Gigabyte</i>
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellite System</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>GSD</b>	<i>Ground Sample Distance</i>
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevação
<b>MDS</b>	Modelo Digital de Superfície
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>RGB</b>	Vermelho (Red), Verde (Green), Azul (Blue)
<b>RPA</b>	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
<b>REM</b>	Radiação Eletromagnética
<b>RAM</b>	<i>Random Access Memory</i>
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>SiBCS</b>	Serviço Nacional de levantamento e Conservação de Solos
<b>SNLCS</b>	Sistema Brasileiro de Classificação do Solo
<b>SR</b>	Sensoriamento Remoto
<b>SRTM</b>	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicles</i>
<b>VANT</b>	Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
3	JUSTIFICATIVA .....	13
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
4.1	BACIA HIDROGRÁFICA.....	14
4.2	SOLOS.....	17
4.3	SENSORIAMENTO REMOTO & FOTOGRAMETRIA .....	20
4.3.1	Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	25
4.3.2	Plano de Voo .....	28
4.4	GEOPROCESSAMENTO.....	29
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
5.1	ÁREA DE ESTUDO .....	31
5.2	MATERIAL.....	33
5.3	MÉTODOS .....	34
5.3.1	Planejamento .....	35
5.3.2	Planejamento do Voo.....	36
5.3.3	Processos Fotogramétricos.....	37
5.3.4	Levantamento de Solos e Pontos de Erosão.....	43
5.3.5	Geração dos Produtos Cartográficos .....	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	44
6.1	LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO DE SOLOS .....	45
6.1.1	CXbe1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano .....	46
6.1.2	CXbe2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado.....	46
6.1.3	CXbe3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado.....	46
6.1.4	CXbe4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano.....	47
6.1.5	CXbe5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano.....	47
6.1.6	CXbe6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado .....	47
6.1.7	CXbd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado.....	48
6.1.8	CXbd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa-arenosa, relevo forte ondulado .....	48



## SUMÁRIO

6.1.9 CXbd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado.....	49
6.1.10 CYbe - CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano.....	49
6.1.11 RYae - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano.....	50
6.1.12 RYbd - NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, A moderado, textura média, relevo plano .....	50
6.2 GEOAMBIENTES.....	50
6.2.1 Áreas suavizadas de relevo aplainado .....	51
6.2.2 Encostas íngremes circundantes aos topos convexos .....	51
6.2.3 Topos convexos .....	52
6.2.4 Patamares Suavizados.....	52
6.2.5 Leito maior com sedimentos inconsolidados .....	52
6.2.6 Colinas baixas suavizadas .....	52
6.2.7 Encostas íngremes com afloramento de rochas.....	53
6.2.8 Rampa coluvionar de sedimentos arenosos.....	53
6.2.9 Terraço Fluvial .....	53
6.2.10 Topos convexos com solo cascalhento .....	54
6.2.11 Áreas côncavas suavizadas.....	54
6.2.12 Áreas encharcadas .....	54
6.2.13 Rampa coluvionar de sedimentos argilosos .....	55
6.3 FOCOS EROSIVOS .....	55
6.4 ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL .....	56
6.4.1 Zonas adequadas para pastagem.....	56
6.4.2 Zonas adequadas para pastagens arborizadas.....	56
6.4.3 Zonas adequadas para pastagem manejada/cultivos mais intensivos .....	57
6.4.4 Zonas de proteção ciliar de mananciais .....	57
6.4.5 Zonas mais susceptíveis a processos erosivos adequadas para preservação.....	57
6.5 RECURSOS HÍDRICOS.....	58
6.6 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS E AÇÕES PROPOSTAS .....	61
6.6.1 Identificação das áreas prioritárias .....	61
6.6.2 Ações propostas.....	61
6.7 EXECUÇÃO E RESULTADO DAS AÇÕES PROPOSTAS.....	65
6.7.1 Construção de bacias de infiltração (bolsões de infiltração).....	65
6.7.2 Construção de represas em pontos estratégicos .....	68
6.7.3 Estabelecimento de curvas de nível.....	71

## SUMÁRIO

6.7.4 Plantio de árvores nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar .....	72
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS .....	76
APÊNDICE.....	82

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais que existem, a água é de extrema importância para a preservação de todas as vidas no planeta. No nosso corpo ela apresenta diversas funções, dentre elas a manutenção da temperatura corporal e o transporte de substâncias, caracterizando cerca de 70% de toda massa corporal. Também é conhecida como solvente universal, sendo um dos poucos elementos que podemos encontrar nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Portanto é improvável que exista vida sem água (MMA, 2018).

O Brasil é um país de dimensões continentais que dispõe de uma rede hidrográfica formada por numerosos e extensos rios, apresentando uma grande quantidade de água doce. Entretanto, a sua distribuição é desigual em território nacional, tanto no espaço como no tempo. Tais condições, acrescidas às diversas formas de uso da água e ocupação do solo pelas atividades econômicas inseridas nas bacias hidrográficas, prejudicam a qualidade da água, o que gera conflito (ANA, 2019). Sendo assim, a água, embora abundante, é um recurso natural finito, sendo que sua qualidade está cada vez pior, o que se deve ao aumento populacional somado à falta ou carência de políticas públicas que visam a sua conservação (MARTEN, G.H.; MINELLA, J. P. 2002).

Neste sentido, de todas as fases que compõem o ciclo hidrológico, é no deflúvio de uma bacia hidrográfica que se concentram todos os efluentes de um rio principal, os quais são compostos por rejeitos derivados de três elementos condicionantes, o clima, a fisiologia e o tipo de uso e ocupação do solo (RANZINI, 2002). Neste sentido, as atividades agropecuárias representam um dos tipos de uso do solo que mais altera os processos, químicos, físicos e biológicos dos sistemas naturais.

Com isso, o agronegócio tem evoluído nos seus sistemas produtivos, o que possibilita elevar e dar melhores condições de vida a sociedade atual. Entretanto, numa escala maior este sistema de produção apresenta de diferentes formas e intensidades, um alto grau de degradação ao meio ambiente (HADDAD, 2001). Sendo assim, atualmente são encontrados de forma corriqueira sistemas de produção que não levam em consideração o manejo adequado do solo, e na maioria das vezes estes sistemas inibem o potencial de uso da terra, sendo possível identificar a perda de funcionalidades ecológicas dificultando sua reabilitação (RAMOS, M. R. et al. 2015).

Portanto, uma concepção importante que se deve ter em relação às áreas ecologicamente frágeis (áreas declivosas, nascentes e margens dos rios, áreas de recarga dos aquíferos, entre outras.) é que a maioria delas estão inseridas em regiões onde compõem microbacias, que são

áreas vertentes formadoras das drenagens principais, assim como a região do estudo de caso, que compoem os grandes rios sendo eles os fornecedores de água para abastecimento e consumo humano. Dessa forma, há a necessidade de preservação das áreas frágeis ou então exploração mais consciente, onde se aplique sistemas agroflorestais com baixo impacto ambiental preservando a matéria orgânica do solo, o que garante a manutenção da água no sistema através da infiltração pluvial (MARTEN, G.H.; MINELLA, J. P. 2002).

A vista disso, uma atividade de extrema importancia que antecede a qualquer tipo de sistema de produção agropecuária, que esteja inserido seja em propriedade rural, microbacia ou qualquer outro tipo de região, consiste no levantamento sistemático de solos (Batistella & Moran, 2005). O levantamento deve ser feito com o máximo rigor à nível de caracterização de todos os tipos de solos no local, como também da relação com o ambiente no que se refere à compreensão da dinâmica ambiental, o que irá ajudar de forma crucial no entendimento e interpretação da interdependência que existe entre os fatores bióticos e abióticos. (RAMOS, M. R. et al. 2015).

Sendo assim, com o intuito de auxiliar na fiscalização e controle ambiental, se aplicam hoje em dia as ferramentas de geotecnologia, que facilitam no gerenciamento da ocupação do solo de forma global, assim como dos seus recursos, favorecendo de maneira efetiva no monitoramento e simulação de possíveis senários, indicando diversas alternativas de solução para o uso da terra (LEITE et al. 2010).

Uma ferramenta muito utilizada nos dias de hoje para aplicações de levantamento fotogramétricos e mapeamento, são os Veículos Aéreos não Tripulados (VANT's), sendo equipamentos de alta tecnologia, baixo custo e que garantem alta precisão geométrica para aquisição de imagens da superfície terrestre, sendo possível a inserção, manipulação e análise dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (TAHAR 2012). Portanto, os VANT's podem e devem ser utilizados com vista a auxiliar em diversas áreas, tais como, documentação arqueológica, agricultura de precisão, cadastro de imóveis, segurança pública, análise ambiental, etc (EISENBEISS 2009).

Dentre os vários produtos gerados a partir do processamento das imagens obtidas com uso do VANT, se destacam o modelo digital do terreno e o ortomosaico, que é utilizado como ortofotocarta permitindo que seja possível empregar técnicas de extração automáticas de informações geográficas. Essas técnicas podem ser realizadas de forma tradicional, sendo mais indicado que sejam feitas pela vetorização manual. (SANTOS, T.; FREIRE, S; et al. 2010).

No presente trabalho, com base na hipótese de que as imagens dos sensores remotos são capazes de distinguir feições do solo, água e vegetação que são originárias dos processos

naturais e antrópicos, é possível realizar o levantamento de solos atrelado à abordagem feita sobre o processamento das imagens tomadas com uso do VANT, tendo assim um ortomosaico de alta resolução espacial a fim de identificar as feições geomórficas e relacioná-las com as classes de solos, bem como caracterizá-las quanto ao seu potencial e fragilidade de uso, sendo possível fazer a estratificação e um zoneamento agroambiental a nível de microbacia? Com isso, temos que os resultados a serem obtidos possam ser integrados numa base de dados geográfica, permitindo desta forma a atualização e consulta sempre que for necessário.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Gerar produtos a partir das imagens tomadas por VANT para realizar a análise ambiental, com ênfase na recuperação dos recursos hídricos, em parte de uma microbacia hidrográfica no município de Estrela do Sul - MG.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Os objetivos específicos, por sua vez, estão definidos por:

- Avaliar o potencial das imagens obtidas por VANT na proposta de análise ambiental da área de estudo;
- Estratificar os principais ambientes distintos presentes na área de estudo;
- Elaborar bases cartográficas e mapas temáticos que deem suporte a análise ambiental, com base na ortofotocarta.
- Propor práticas de conservação de solo e água, que possam ser implementadas na microbacia em questão.

## **3 JUSTIFICATIVA**

A elaboração deste trabalho justifica-se pelo fato das imagens obtidas com o auxílio de um VANT serem atualmente utilizadas para o mapeamento em diversas situações. Para o estudo de caso em particular, se refere à uma região que sofreu uma dinâmica muito grande em termos de exploração agropecuária nos últimos anos, não sendo monitorado o manejo adequado do solo nem a produção de cartografia atualizada que pudesse facilitar este monitoramento. Dessa forma, a existência das imagens obtidas por meio do uso de VANT da área de estudo constituem

um elemento fundamental para realização deste trabalho, sendo utilizadas como ortofotocarta servindo para a constituição de uma base cartográfica que possibilitou a elaboração de mapas que foram essenciais para tomada de decisão de práticas e manejos mais adequados na propriedade, que está inserida em uma microbacia, visando auxiliar na recuperação da disponibilidade de água e na conservação do solo na mesma.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 BACIA HIDROGRÁFICA

De acordo com Tucci (1997), a bacia hidrográfica é uma região de captação natural da água proveniente da chuva, fazendo com que o fluxo se concentre para um único ponto de evazão. A bacia hidrográfica é composta por um grupamento de superfícies de encosta e de uma malha de escoamento formada por cursos de água que convergem criando um único canal até o seu ponto mais baixo (Figura 1).

Figura 1: Ilustração de uma bacia hidrográfica mostrando os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal.



Fonte: Adaptado ANA (2002).

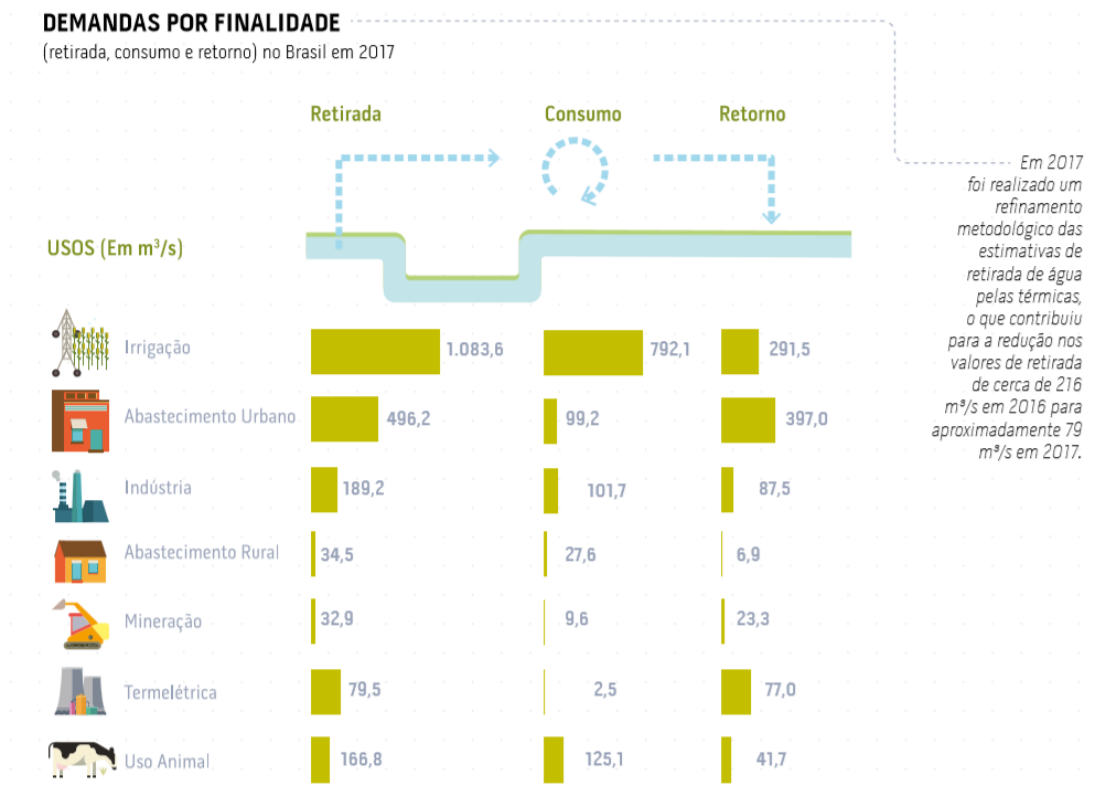
A ordem hierárquica de cada rio que está inserido em uma determinada malha hídrica está relacionada com as definições de bacia e sub-bacia (Fernandes & Silva, 1994). Cada bacia hidrográfica se conecta com outra de ordem hierárquica superior, formando, em relação à última, uma sub-bacia. Com isso, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. O termo “microbacia”, embora muito usado em nível nacional, constitui uma denominação

empírica, imprópria e subjetiva (SOUZA; FERNANDES, 2008). Assim, sugere-se a substituição do termo microbacia por sub-bacia hidrográfica, denominação mais compatível com a estratégia aqui abordada.

Em geral, as bacias não podem ser demarcadas ou vistas por meio de um mapa ou no local. Para o diagnóstico de uma bacia, inicialmente deve-se identificar a sua saída ou exutório, no mapa. Feito isso, alguns padrões podem ser calculados e ajudam a descrever e quantificar os atributos dessa bacia. A caracterização desses padrões da bacia proporcionam uma análise mais acurada, de onde obtem-se informações que são relevantes na tomada de decisão, propiciando um manejo mais correto com essa bacia, além de simplesmente caracteriza-la (Guerra 1995).

Segundo a Agência Nacional das águas (ANA 2018, pag 11), a comarca brasileira possui 12 regiões hidrográficas, por onde percorrem as águas. Estas regiões são definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na Resolução nº32 de 2003. Entretanto, não há nexos entre a hidrografia e organização político administrativa, sendo elas distintas, o que resulta na gestão das atividades relacionadas à água no país pela Agência Nacional de Águas (ANA) e por órgãos responsáveis pelo gerenciamento de recursos hídricos dos Estados brasileiros. Aproximadamente 80% da água superficial do país está na Região Hidrográfica Amazônica que, em contrapartida, possui baixa densidade populacional e pouca necessidade por uso de água. Sendo assim, a maior parte da água que é utilizada no Brasil vai para irrigação, abastecimento humano e animal, indústria, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer, onde as partes usadas de água podem ser divididas em retirada, consumo e retorno. (Figura 2).

Figura 2: Demandas de água no Brasil de acordo com a finalidade.



Fonte: Adaptada ANA (2018).

Assim sendo, são diversos fatores que interferem na qualidade da água de uma bacia, dentre eles estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, assim como o tipo, o uso e a gestão do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997 *apud* DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005). Neste contexto, os diversos métodos que controlam a qualidade da água de determinada nascente integram um equilíbrio delicado, sendo que a causa pela modificação da qualidade da água é provida pelas alterações, sejam elas de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica. Sendo que, nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores (ARCOVA et al. 1998).

As bacias que preservam a cobertura florestal nativa, não apresentam problemas em relação a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes, pois a vegetação promove a proteção do solo (SOPPER, 1975 *apud* DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005), essas áreas são de extrema relevância para conservar o fornecimento de água de boa qualidade. Em contrapartida, não preservar a cobertura vegetal seguida de um uso do solo indevido, favorecem a intensificação da degradação da qualidade da água (BROWN, 1988 *apud* DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005). De acordo com o novo código florestal, em



nascentes (mesmo intermitentes) e olhos d'água, a área de preservação permanente é de 50 m; contudo, na prática há um descumprimento em relação a essa distância, sendo que muitas áreas de preservação apresentam práticas agrícolas.

Nesse sentido, o ambiente rural corresponde à maior parcela de uso do solo inserida nas áreas das bacias hidrográficas, pois as atividades relacionadas ao campo são as que ocupam maiores extensões territoriais. Visto que a natureza dos impactos gerados por essas atividades são tipicamente generalizadas, para que se possa definir esses problemas utilize-se uma bacia hidrográfica como unidade de estudo, o que facilita o reconhecimento de focos de degradação ambiental instalados e o grau de dificuldade da produção conservada. Portanto, a bacia hidrográfica se torna uma unidade de trabalho ideal para a organização da exploração que considere a associação de recursos naturais e aspectos socioeconômicos, dentro de uma possibilidade de renda para o agricultor e de conservação e manutenção do meio ambiente. (EMBRAPA, 2002).

Considera-se que a área ideal de uma bacia hidrográfica é aquela que engloba todos problemas relevantes para o estudo de caso. Sendo assim, os problemas a serem solucionados que definirão qual escala será utilizada. O interesse pode ser em uma pequena bacia de 0,5 km<sup>2</sup> numa área urbana, ou na bacia do Rio São Francisco, com mais de seus 600.000 km<sup>2</sup> de área. Esse entendimento organizado relaciona-se muito bem aos sistemas de gestão de recursos hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

Dentro dessa perspectiva, o comportamento que se escolhe relacionados as práticas de uso e ocupação deve procurar integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, destacando o primeiro pois a base ao progresso e crescimento está diretamente ligado a capacidade ambiental, sendo essencial, uma vez que há sempre um limite a partir do qual todos os outros aspectos são inevitavelmente afetados. Ou seja, as características de cada bacia que vão condicionar o uso e ocupação das mesmas (EMBRAPA, 2002).

## **4.2 SOLOS**

O solo é o conjunto de corpos naturais na superfície da terra, em parte alterado ou mesmo preparado pela atividade antrópica a partir de material terrestre, que contém matéria viva e tem potencial para sustentar plantas ao ar livre. Em relação aos meios que são confrontantes com o solo, ele se limita com a atmosfera na parte superior, lateralmente com corpos de água ou rocha consolidada ou alterada. Não é sabido com clareza sobre o limitante inferior do solo, sendo muitas vezes difícil defini-lo, porém aquilo que é aceito como solo não deve incluir material

que mostre pouco efeito das interações do clima, organismos vivos, material originário e relevo ao longo do tempo (*Soil Survey Division Staff, 1993*).

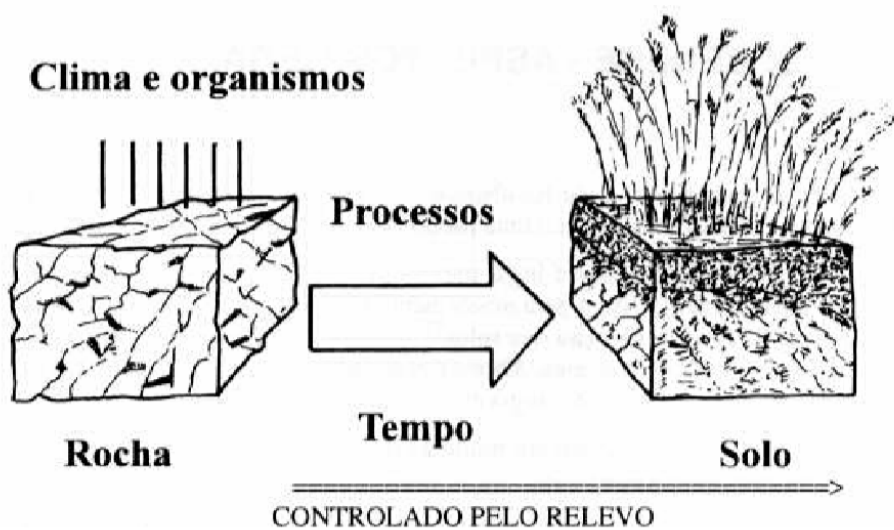
Segundo o SiBCS (2018), o solo é um agrupamento de corpos naturais, formado por porções sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por elementos minerais e orgânicos que envolvem quase que na íntegra o manto superficial do território do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, ocasionalmente, terem sido modificados por interferências humanas.

A composição do solo é produto de intemperização das rochas de forma direta e indireta. As rochas que ficam próximas da superfície passam por uma ação contínua dos agentes físicos, químicos e biológicos do intemperismo. Primeiramente, a alteração se dá por fragmentação através de processos físicos e químicos, como a hidratação dos minerais, existem também outros processos químicos mais substanciais e elaborados. Entretanto, o começo real da formação do solo só se dá quando ele tiver oportunidade de acumular matéria orgânica (Bigarella et al., 1996 *apud* SANTANA, 2003).

**“Solo = f (clima, organismos, material de origem, relevo e tempo)”**

Para a EMBRAPA (2002), os processos de formação e evolução dos solos estão ligados ao tempo, sendo orientado pelo relevo. O clima e organismos são fatores ativos que atuam de cima para baixo, o que indica um solo mais intemperizado à superfície comparado ao de camadas mais profundas. A (Figura 3) ilustra uma dependência mútua entre os fatores e os processos de formação do solo.

Figura 3: Fatores de formação do solo e pedogênese.



Fonte: Resende et al. (1999).

Neste contexto, Dokuchaev, que foi um pesquisador russo do início do século XX, aplicou os princípios geológicos de estratigrafia à caracterização dos perfis de solo, categorizando a ocorrência de camadas horizontais sucessivas que chamou de horizontes do solo. Ele se concentrou no entendimento dos fatores de formação de solos com base nas influências das condições ambientais, o que possibilita inferir sobre o tipo de solos com base na combinação dos fatores ambientais.

O início dos levantamentos de solos no Brasil ocorreram na década de 1950 pelo Serviço Nacional de levantamento e Conservação de Solos (SNLCS). Atualmente existe a quarta edição do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS), publicado pela EMBRAPA (EMBRAPA, 2018). Este é o referencial para a classificação taxonômica de solos no território nacional. Com relação à normatização dos procedimentos de levantamento e mapeamento de solos, incluindo metodologias e densidade de amostragem, e nível de detalhamento associado às escalas de trabalho, o documento mais atual é o manual técnico de pedologia do IBGE (IBGE, 2015).

Neste contexto, o reconhecimento e a descrição do meio ambiente é parte essencial e indispensável à exploração racional de seus recursos naturais.. O solo consiste em um dos recursos naturais demasiadamente utilizados, pois vem a ser o ambiente onde as espécies vegetais se desenvolvem. Para facilitar o seu uso pelas plantas de maneira a ser mais produtivo, controlando seu desgaste por processos erosivos e outros impasses, é fundamental conhecê-lo através da identificação e caracterização de suas propriedades (IBGE, 1995).

Sendo assim, tem-se que o termo geoambiente define compartimentações da paisagem geneticamente relacionadas, e é utilizado amplamente em estudos de ambientes naturais, e representa a estratificação da paisagem a partir de uma combinação específica de elementos do meio físico e biótico, no qual os componentes de extrema relevância para a individualização dos diferentes estratos são o solo e o relevo.

O Solo é essencial para a manutenção da vida humana. Além de ser o ambiente principal da produção de alimentos e origem de nutrientes e sedimentos dos corpos de água (Resende et al. 2002), é a base concreta de todas as atividades antrópicas na território continental. O levantamento pedológico de uma área é fundamental para estudos sobre o uso e ocupação do solo e pra estabelecer planos de Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE) (EMBRAPA, 2002).

Assim sendo, os dados que estão inclusos em um inventário pedológico são necessários para uma avaliação mais acurada sobre o potencial ou restrição de uma região, compondo fonte de dados para estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos de uso, manejo e

preservação de solos. Compõe, ainda, bases ideais para evitar que regiões com pouca aptidão para uso agrícola e demais atividades relacionadas sejam desmatadas ou utilizadas de forma inadequada (IBGE, 1995).

Nesse sentido, a erosão trata da remoção acentuada de solo, e pode desenvolver-se por diversos mecanismos, como formação de lençol de escoamento superficial, formação de ravinas de grandezas variáveis e voçorocas, que representam os processos erosivos de maior intensidade (Gerra et al; 1999), gerando material em suspensão que tem como destino final, no âmbito da propriedade rural, os cursos d'água, gerando assim o processo de acúmulo de sedimentos nos leitos dos córregos conhecido como assoreamento.

A vista disso, uma atividade de extrema importância que antecede a qualquer tipo de sistema de produção agropecuária, que esteja inserido seja em propriedade rural, microbacia ou qualquer outro tipo de região, consiste no levantamento sistemático de solos (Batistella & Moran, 2005). O levantamento deve ser feito com o máximo rigor à nível de caracterização de todos os tipos de solos no local, como também da relação com o ambiente no que se refere à compreensão da dinâmica ambiental, o que irá ajudar de forma crucial no entendimento e interpretação da interdependência que existe entre os fatores bióticos e abióticos. (RAMOS, et al. 2015).

Os levantamentos de solos a nível detalhado, atende a projetos conservacionistas na fase executiva, além de possibilitar a descrição e delimitação exata dos solos de estações experimentais, consultorias práticas de uso e manejo de solos para fins de exploração agrícola, pastoril e florestal intensiva. As escalas devem ser iguais ou maiores que 1:20.000, variando de acordo com o objetivo do mapeamento. A área mínima mapeável é menor que 1,6 hectares.

#### **4.3 SENSORIAMENTO REMOTO & FOTOGAMETRIA**

O Sensoriamento Remoto pode ser determinado como o uso conjunto de sensores, equipamentos de transmissão acoplados a aeronaves, espaçonaves e em outras plataformas, com o intuito de assimilar fenômenos, eventos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, a partir do registro e verificação das influências entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem em suas mais variadas ocorrências (NOVO, 2010).

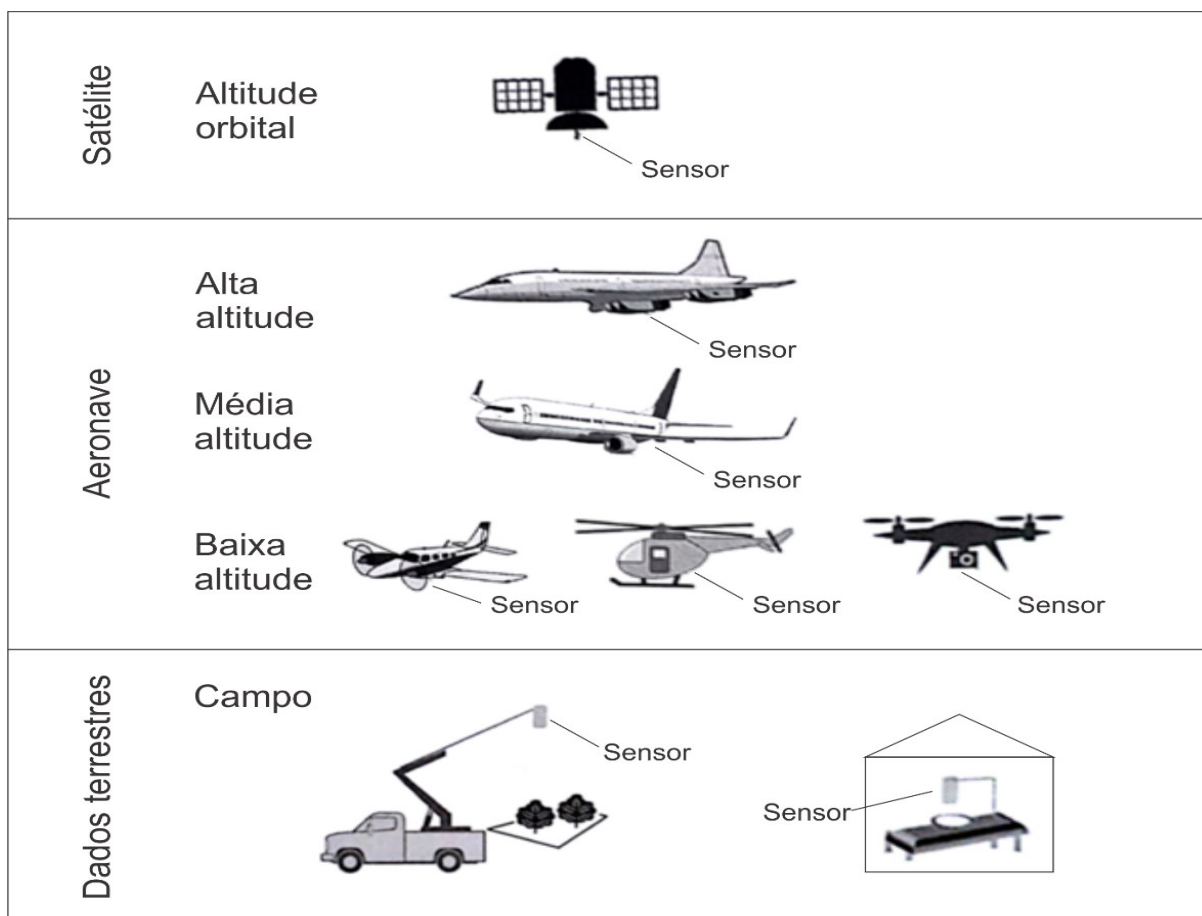
Para o INPE (2016), o sensoriamento remoto é definido como a utilização de sensores para a obtenção de informações sobre objetos ou acontecimentos, sem que haja contato direto entre eles. Desta forma, é preciso definir dois fatores fundamentais para a aquisição das informações, o sensor e a energia. O sensor é um instrumento capaz de coletar energia originária

do objeto (a radiação eletromagnética), transformá-la em sinal apto de ser registrado e apresentá-la em forma favorável à extração de informações. Assim sendo, sensoriamento remoto é definido como um conjunto de práticas que possibilitam adquirir dados advindos remotamente de sensores para interpretação e análise.

As imagens procedentes dos satélites orbitais propiciam uma visão global (de conjunto) e multitemporal (dinâmica) de grandes partes da superfície terrestre. Estas apresentam todos os cenários da transformação do ambiente natural, evidenciando as consequências das atividades antrópicas ou fenômenos naturais sobre o ambiente. Portanto, com o auxílio das imagens de satélite é possível detectar, calcular e monitorar o desenvolvimento de áreas desmatadas, atingidas pelo fogo, impermeabilizadas, submetidas a processos de erosão, inundadas, etc (FLORENZANO, 2002).

Assim sendo, pode-se conseguir dados atuais das regiões da superfície terrestre com maior agilidade e eficiência através do sensoriamento remoto, equiparando-se as pesquisas de campo. A distância do sensor em relação à superfície da Terra varia, por isto sua classificação é dividida em três níveis de altitude (Figura 4), o primeiro é o orbital sendo os sensores a bordo de satélites artificiais, o segundo nível é o aéreo incluindo os sensores a bordo de aeronaves e ou dos veículos aéreos não tripulados (VANT's) e o terceiro nível se destaca o campo e laboratório, recorrendo dos sensores implantados em suportes terrestres (FLORENZANO, 2002; LONGHITANO, 2010).

Figura 4: Ilustração dos diferentes níveis de escala do Sensoriamento Remoto.



Fonte: Adaptado Batista, 2003.

Os sistemas sensores podem ser classificados de diversas maneiras. Quanto à fonte de energia, eles são divididos em sensores passivos e ativos (Novo, 2010). Independentemente do tipo de sensor, ativo ou passivo, todos possuem características específicas que os definem. São estas características que vão auxiliar os usuários na escolha de um sensor, o que irá depender do objetivo pretendido em seu estudo, trabalho ou projeto. Dentre todos os atributos dos sistemas sensores, os essenciais e que definem qual será sua aplicação, estão as resoluções temporal, espacial, espectral e radiométrica.

O intervalo de tempo que leva entre a tomada das imagens que cobrem o mesmo local geográfico ou objeto, em épocas distintas, se refere à resolução temporal (MENESES; ALMEIDA, 2012), isso implica em uma maior acurácia na tomada de dados do sensor remoto. Segundo Batista e Dias (2005), um dos elementos mais importantes relacionados a aplicação dos dados em sensoriamento remoto é a capacidade de se obter imagens de uma mesma região em tempos diferentes, o que auxilia no monitoramento das mudanças do ambiente, sejam por ações antrópicas ou naturais.

Por outro lado, as diferenças que podem ser distinguidas em uma imagem dependem da resolução espacial do sensor, e representam a menor feição do terreno passível de detecção pelo sistema sensor (Novo, 2010). Maior resolução garante maior nitidez, uma vez que o pixel representa a menor área identificável em uma imagem. Para uma mesma área, quanto menor e mais numerosos forem os pixels, mais detalhada será a imagem, e maior será a sua resolução espacial. De acordo com Figueiredo (2005), a capacidade de se definir o tamanho do *pixel* que é correspondente a menor área imageada, irá depender do sensor, sendo impossível o reconhecimento de alguma feição que esteja inserida em um único *pixel*, pois toda a sua área de cobertura terá um único valor.

A medida da largura das faixas espectrais e a sensibilidade do sistema sensor em diferenciar dois níveis de intensidade do sinal que rotorna pode ser definida como resolução espectral. Assim, uma melhor resolução espectral de um sensor esta relacionada ao número de bandas que ele possui em regiões diferentes do espectro, sendo que quanto menores forem as larguras de comprimento de onda, maior será sua resolução. (NOVO, 2010).

A faixa de valores numéricos de cada *pixel* está relacionada com a sua resolução radiométrica. Sendo que estes valores são representados pela a intensidade da radiação emitida pela a área de cobertura do *pixel* no terreno, é chamado nível de cinza, necessitando da quantidade de *bits* usada para cada *pixel* (FIGUEIREDO, 2005).

Nesse sentido, o desenvolvimento tecnológico é um fator fundamental quando relacionado à produção de atuais fontes de informações cartográficas, visto que as recentes coletas de dados topográficos sobrevêm das técnicas aplicadas pelo Sensoriamento Remoto. Destacam-se dentre estas fontes o Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Superfície (MDS) dentre outros, estes representam uma opção muito vantajosa para acrescentar à carência de mapas.

O sensoriamento remoto é possivelmente a área com o maior número de instrumentos desenvolvidos para o uso de VANT's (ZANETTI, 2017). Um fator que possibilita tal relação é que a maioria das práticas atribuídas a VANT's, tem como princípio técnicas tradicionais de sensoriamento remoto, incluindo as ciências exatas e da terra, no que diz respeito a gestão territorial, das costas e servindo de recurso para segurança pública (NASA, 2006).

Na esfera dos trabalhos da Agência Nacional de Águas ANA, o sensoriamento remoto ótico é muito aplicado no mapeamento de espelhos d'água do Brasil (Martins et al., 2007), reconhecimento de pivôs de irrigação na Bacia do Rio Paranaíba, delimitação das áreas plantadas em pivôs centrais na Bacia do São Marcos e o mapeamento do uso e cobertura do solo na margem direita do São Francisco. Encontram-se ainda trabalhos usando radar para a

delimitação de áreas de inundação no rio São Francisco e Paraná, e delimitação de bacias a partir do SRTM.

Portanto, com a contribuição do desenvolvimento e avanço tecnológico, nos dias de hoje o sensoriamento remoto é ferramenta fundamental no que diz respeito as inúmeras possibilidades das suas aplicações em diferentes setores, dado que, os produtos advindos do sensoriamento remoto num momento anterior, eram considerados onerosos devido ao número limitado de plataformas acessíveis, fazendo com que somente instituições governamentais ou grandes empresas tivessem acesso a essa ferramenta. Contudo, de acordo com Naime et al. (2014), nos dias de hoje o uso dos VANT's já é bem efetivo, servindo de auxílio para técnicas de sensoriamento remoto.

Diversas são as áreas que estão sendo otimizadas devido o uso dessa tecnologia, como no meio ambiente, recursos hídricos, estudos dos solos , florestais e na agricultura que em especial, segundo Figueiredo (2005), pode se efetuar mapeamentos que servirão para o melhoramento da produção de safras, na aproximação do volume de biomassa, determinação das áreas com maior aptidão agrícola, apoio ao zoneamento agroecológico, no maior controle do estresse hídrico e de incêndios em lavouras e pastagens.

De acordo com o conceito de Wolf e Dewitt (2004), a Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de se conseguir dados confiáveis sobre objetos e ambientes, através de métodos de gravação, mensuração e análise, de fotografias e imagens de forma genérica. Segundo Coelho e Brito (2007), essa informação tem ampla anuência e correlação com outros autores da área. Por consequência eles ampliam o conceito de forma a corroborar com o principal objetivo da Fotogrametria, que equivale em uma ciência e tecnologia de se reconstruir o espaço tridimensional, através de imagens bidimensionais, proveniente da gravação de padrões de ondas eletromagnéticas, sem contato direto entre o sensor e objeto.

De acordo com Tommaselli (2009), a evolução tecnológica da fotogrametria é dividida em 3 classes, fotogrametria analógica, analítica e digital (Quadro 1), a fotogrametria analógica é o método mais tradicional, onde os trabalhos eram feitos sem o auxílio de computadores e não existia tecnologia suficiente para o processamento e cálculos das mais variadas etapas do projeto fotogramétrico, tendo disponível somente ferramentas analógicas.

Ja a fotogrametria analítica veio com o surgimento dos computadores, o que possibilitou uma maior otimização dos processos fotogramétricos, fazendo com que os modelos matemáticos incluídos no processo se tornassem mais precisos e eficientes. E por último a fotogrametria digital que é a mais atual e aplicada nos dias de hoje, devido ao rápido avanço tecnológico que possibilita a tomada das imagens digitais advindas de câmeras mais modernas,



e o uso dessas imagens para as mais variadas aplicações gráficas pelo fato de serem processadas em computadores mais robustos.

Quadro 1 - Histórico da fotogrametria.

<b>Fotogrametria</b>	<b>Entrada</b>	<b>Processamento</b>	<b>Saída</b>
<b>Analógica</b>	Fotografia Analógica (em filme)	Analógico (óptico-mecânico)	Analógica ( <i>scribes</i> ou fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente
<b>Analítica</b>	Fotografia Analógica (em filme)	Analítico (computacional)	Analógica ( <i>scribes</i> ou fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente
<b>Digital</b>	Imagem digital (obtida de câmara digital, por exemplo) ou digitalizada (foto analógica submetida a um <i>scanner</i> )	Analítico (computacional)	Digital

Fonte: Adaptado de Augusto (1999) apud Coelho e Brito (2007).

A aerofotogrametria é concernente com os procedimentos que são realizados a partir da captura de imagens da superfície terrestre, conseguida através de uma câmara de alta definição que é acoplada em plataformas previamente preparadas, procurando manter o eixo óptico do sistema o mais vertical possível. Para que se possa realizar a visão tridimensional possibilitando um alto rigor nas correções da imagem e precisões na restauração tridimensional do espaço ou objeto, o número de imagens tomadas pode variar, sendo necessárias no mínimo 2, obtidas por ângulos diferentes e devem ter áreas de sobreposição (FONTES, 2005).

É essencial que se defina medidas para o projeto aerofotogramétrico, tais como, a elaboração do plano de voo, estabelecimento dos pontos de controle e o custo total de execução, sendo essas etapas importantes para ajudar na tomada de decisão, o que irá otimizar o trabalho (DALMOLIN, 2005). Assim sendo, dentre as etapas o planejamento de voo é fundamental para o projeto, pois nele é que serão escolhidos e calculados as variáveis para a elaboração do mapa de voo servindo de apoio para o profissional durante a execução do projeto aerofotogramétrico.

#### **4.3.1 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**

O significado mais adequado para VANTs tem sido atualizado frequentemente, simultaneamente com sua regulamentação perante os órgãos oficiais responsáveis. A Portaria

Normativa nº 606 do Ministério da Defesa, de 11 de junho de 2004, caracteriza-o, através de seu Artigo 4º, como sendo:

“Uma plataforma aérea de baixo custo operacional que pode ser operada por controle remoto ou executar perfis de voo de forma autônoma podendo ser utilizada para:

- a) transportar cargas úteis convencionais, como sensores diversos e equipamentos de comunicação;
- b) servir como alvo aéreo; e
- c) levar designador de alvo e cargas letais, sendo nesse caso empregado com fins bélicos.”

No Brasil a maneira mais comum de se referir a uma aeronave que não leva a bordo uma tripulação é determinada como, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). A expressão vem do termo em inglês, *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), esse termo ganhou popularidade no início dos anos 1990 e foi escolhido para sobrepor o termo *Remotely Piloted Aircraft* (RPA), usado durante e após a guerra no Vietnã (NEWCOME, 2004). Assim sendo, o VANT pode ser definido como todas as aeronaves que possam realizar alguma atividade sem necessidade de riscos a vidas humanas (NETO, 2009).

Os primeiros VANT's apareceram no país por volta da década de 1970 a partir de um projeto da Marinha Brasileira, o qual era incumbido por missões de controle do espaço aéreo nacional (EIRIZ, 2012). Depois desse período, na década de 1980, o Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) deu início a um período de estudo sobre as aeronaves não tripuladas, criando o primeiro veículo nacional para uso militar, nomeado Acauã. Entretanto, somente na década de 1990 o VANT começou a ser comercializado para fins civis e desde então vem sendo empregue no monitoramento privado. No momento, a Marinha e o Exército Brasileiro possuem um VANT como alvo aéreo manobrável denominado VANT Harpia, cuja missão é o reconhecimento tático para o Exército objetivando a segurança nacional (ALVES, 2012).

Hoje em dia, encontram-se no mercado uma enorme diversidade de modelos de VANTs, com particularidades e distintas aplicações. Os VANTs são classificados de acordo com seus atributos técnicos, como exemplo, material utilizado em sua fabricação, peso, dimensão, aerodinâmica, execução de voo, duração do tempo de voo entre outras (ANGELOV, 2012).

No ano de 2017 a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) junto ao DECEA (Departamento de Controle do Espaço) e a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação), aprovaram o regulamento especial para o uso de aeronaves não tripuladas em operações civis (ANAC, 2017). Os procedimentos feitos pelas aeronaves não tripuladas (de uso corporativo,

recreativo, experimental ou comercial) a partir deste ano, devem estar de acordo com as novas regras.

As normas da ANAC para utilização de VANT's foram categorizadas em três classes, e variam de acordo com o seu peso máximo no momento da decolagem. Cada classificação apresenta normas específicas e diretrizes a serem seguidas por regulamento. As exigências da norma são diretamente proporcionais ao tamanho do VANT, logo quanto maior o seu peso, maior serão as exigências. Sendo assim, a classificação é apresentada na (Quadro 2).

O aeromodelo usado neste trabalho corresponde à “Classe 3”. Nesse sentido ANAC estabelece normas gerais para o uso de VANT's em aerolevantamentos em que o piloto é impossibilitado de intervir. É terminantemente proibido no Brasil voos abaixo de 30 metros e menores de dezoito anos operarem esses equipamento. Em caso de infrações o responsável, ou responsáveis, estão sujeitos a punição de acordo com o descrito no Código Brasileiro de Aeronáutica (ANAC, 2017).

Quadro 2 - Categoria dos Veículos Aéreos Não Tripulados.

<b>Classes</b>	Classe 1	Classe 2	Classe 3
<b>Peso Máximo de Decolagem</b>	Acima de 150kg	Entre 25Kg e 150kg	Abaixo ou Igual a 25Kg

Fonte: ANAC, (2017).

Portanto, os VANT's são consideradas aeronaves pilotadas através do uso de controle remoto, GPS ou rádio frequência. Suas funções vão desde a auditoria ambiental à mapeamento de áreas específicas, de acordo com suas características abundantes e vantajosas, como exemplo, sua habilidade de mover-se em uma distância significativa com grande segurança em pouco tempo, reduzindo os custos e na aquisição de imagens em dias nublados (LEITE et al., 2012; BERALDO, 2014).

Neste contexto, o VANT é considerado um instrumento excelente para aquisição de imagens de alta resolução espacial e temporal, de baixo custo. Essas características do equipamento têm difundido o uso do VANT, em especial na atualização e produção de mapas, em pequenas ou afastadas áreas onde o emprego da fotogrametria convencional faz-se com que a consumação do trabalho se torne economicamente inviável.

Assim sendo, a aplicação do VANT para análise ambiental tornou-se uma das ferramentas essenciais de levantamento e prevenção de elevados riscos ao meio ambiente. Hoje em dia sabe-se que esta tecnologia vem sendo aplicada em várias áreas como, por exemplo, em grandes obras de engenharia, estradas, dutos, áreas de reflorestamento, controle de uso e

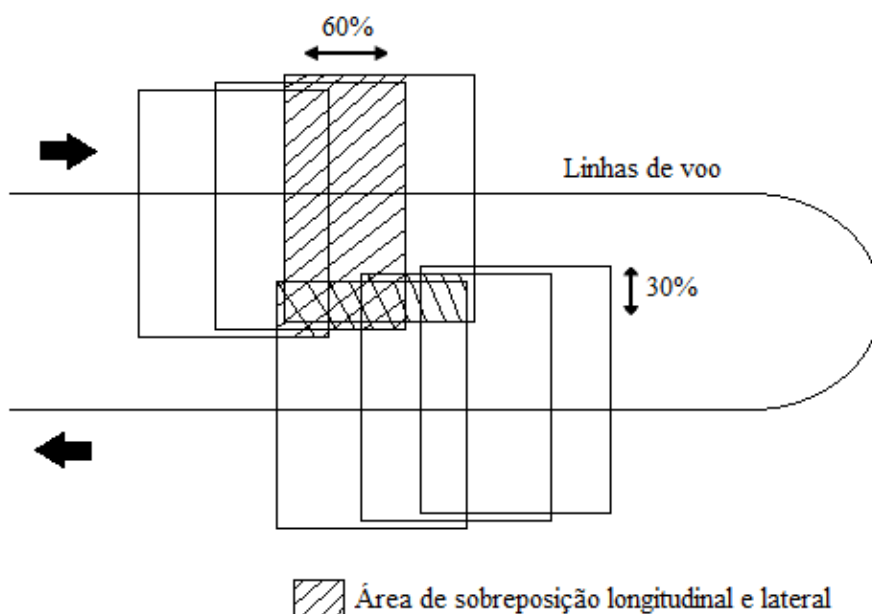
ocupação do solo, inspeção de áreas que possuem algum tipo de risco geológico ou de importância arqueológicas, controle de tráfego, rede elétrica e especialmente em estudos ambientais.

#### 4.3.2 Plano de Voo

O propósito do plano de voo é empregar da melhor forma todos os meios disponíveis para realização do levantamento aerofotogramétrico, tendo em vista todos os princípios necessários de um levantamento fotogramétrico. Conforme Gonçalves (2006), os dados necessários para consumação do voo são a altitude de voo, o espaço entre duas imagens corretamente tomadas próximas e a distância entre as linhas de voo. Outro motivo significativo para a reconstrução tridimensional dos ambientes é a sobreposições das imagens (Figura 5), também representado a seguir.

Na Fotogrametria clássica as linhas de voo em geral são programadas com uma área de sobreposição longitudinal de 60% entre as imagens, concomitantemente, a região de sobreposição lateral é de 30% entre as fotos tomadas de maneira contíguas, pois com isso é possível policiar espaços vazios entre as imagens conseguintes, o que possibilita a visão estereoscópica e assim, obter maiores acurácias e precisões. Outros elementos importantes são a distância focal e a abertura da câmera, estes elementos são estabelecidos conforme as características do terreno a ser levantado (COELHO e BRITO, 2007).

Figura 5- Bloco formado pelas linhas de voo e a sobreposição longitudinal e lateral.



Fonte: Adaptado de Tommaselli (2009).

Outra variável importante de ser determinada é a escala, que é a razão entre uma dada distância medida no mapa e a correspondente no terreno. Portanto, para que se defina a resolução da fotografia, a escala deve seguir o aspecto técnico, ou seja, quanto maior a escala maior será a resolução, tendo em vista que contraria o aspecto econômico devido a maior quantidade de tomadas aéreas a serem realizadas.

As ortofotos são uns dos principais produtos obtidos a partir um aerolevante executado por VANT. Conforme Costa & De Amorim (2009), elas são resultantes do processo de retificação diferencial, onde são corrigidos os deslocamentos gerados pela projeção perspectiva, pela inclinação da câmara fotográfica e pelo relevo. O GSD (*Ground Sample Distance*) médio é uma das variáveis mais importantes a ser previamente definida no mapeamento aéreo, responsável pelo nível de detalhamento desejado nas ortofotos. Ele é a representação do pixel de uma imagem em unidades de terreno, e está relacionada diretamente à altitude de voo.

#### **4.4 GEOPROCESSAMENTO**

Estende-se por geoprocessamento como sendo a tecnologia que através da localização e do tratamento de dados geográficos, engloba variadas disciplinas, equipamentos, *softwares*, métodos, entidades, dados metodológicos, e pessoas capacitadas para a coleta, processamento, exame e apresentação de informações relacionada ao mapa digital georreferenciado (ROCHA, 2000).

Portanto, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode ser entendido como o conjunto de instrumentos computacionais, formados por ferramentas e programas que por meio de técnicas realiza a integração dos dados, pessoas e instituições, possibilitando a coleta, armazenamento, processamento, análise e a concessão de informações georreferenciadas, fazendo com que haja mais facilidade, segurança e agilidade no que se proem as funções do homem referentes ao controle, planejamento e tomada de decisão com relação ao espaço geográfico (ROSA, 2013).

A estrutura de um SIG é composta de um banco de dados digitais, gerenciados para facilitar a atualização e a utilização dos dados georreferenciados de muitas informações para o delineamento e otimização de certas tarefas. Sendo assim, é empregado na associação e análise de dados procedentes de fontes distintas, como imagens digitais de satélites, mapas digitais de uso e ocupação e tipos de solo, topografia, hidrologia, vegetação, fauna e floras, cartas climatológicas, dentre outros. Sendo essencial em relação ao armazenamento, recuperação,

análise e geração de mapas em um sistema computacional (LIU, 2007).

Conforme o INPE (2001), pode-se indicar pelo menos quatro elementos expressivos relacionados a problemas referentes aos estudos ambientais, onde é grande a influência do uso da tecnologia de SIG: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais.

Neste sentido, os estudos de Mapeamento Temático destinam-se a descrever e compreender a organização do espaço, como base para a instauração das bases para ações e estudos futuros. Como exemplos de levantamentos temáticos tem-se (geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal), cujo o Brasil ainda é bastante deficiente, principalmente em escalas maiores. Para a área de diagnóstico ambiental, objetiva-se estabelecer estudos característicos sobre regiões de interesse, visando projetos de ocupação ou preservação. Já para projetos de avaliação de impacto ambiental implicam o controle dos resultados da intervenção antrópica sobre o ambiente. Por último, tem-se os trabalhos de ordenamento territorial, que objetivam padronizar a ocupação do espaço, buscando organizar o uso e ocupação do território, visando um processo de desenvolvimento sustentável. (INPE, 2001).

Portanto, para que se determine os processos de degradação ambiental, deve-se examinar os elementos do ambiente que contribuem com esse processo, onde a espacialização das informações em regiões muito expandidas requer o uso de sistemas em que seja possível assimilar os dados. Os mapas, produzidos em SIG, possibilitam uma análise global do que vem ocorrendo na área de estudos, sendo aplicado no planejamento agrícola, na predisposição e adaptação do uso do solo, a utilização de modelos matemáticos para dimensionar os impactos ambientais e a realização de diversos formatos de zoneamento agroambiental (DINIZ, 2016).

Neste sentido, tem-se que o meio físico é dinâmico e com isso está sempre se transformando, logo o que é trabalhado em ambiente SIG é uma abstração da realidade, sendo que uma região é representada simplificada sendo distinguida pelas classes que à representam geometricamente, seja vetorial (pontos, linhas e polígonos) sendo usados para descrever um limite municipal, hidrografia ou estação pluviométrica, etc, ou matricial (raster) sendo representada por uma matriz bidimensional, como imagens, modelo digital do terreno, dentre outras (ALMEIDA; FERREIRA, 2012).

Sendo assim, a aquisição de dados vetoriais pode ser feita pela conversão de dados matriciais (raster) em vetor, onde os dados raster são escaneados e depois convertidos para vetores. Esse processo de vetorização consiste em criar os elementos vetoriais como o ponto, linha, polígono e texto, tendo-se como base uma estrutura raster já georreferenciada (PAULINO; CARNEIRO, 1998). Portanto, quando trabalhamos com arquivos derivados de

operações manuais e digitais, como a vetorização e escaneamento ou conversão de bases, é comum que se encontre polígonos não fechados, feições digitalizadas mais de uma vez ou inacabadas. Sendo que o processo de correção é fundamental para que no produto final, ou seja, na base cartográfica no SIG, não existam erros. (ROBINSON et. al. 1995).

Com isso, temos que o processo de estruturação de bases cartográficas para SIG depende da finalidade da sua aplicação, e acontece de duas maneiras, primeiro podemos estruturar as bases a partir do processo de construção de bases que acontece a quando se tem os dados disponíveis, como exemplo cartas topográficas, levantamentos aerofotogramétricos, bases em formato DWG, entre outros que podem ser trabalhados em um SIG. A outra forma de estruturar é a partir do processo da criação da base de dados não existindo dados disponíveis, dessa forma os responsáveis pelo trabalho deverão começar a partir do planejamento de um projeto que envolva as técnicas de coleta de dados no campo (SILVEIRA; CARNEIRO; PORTUGAL, 2008).

Portanto, para que se tenha uma base cartográfica consistente em ambiente SIG, deve-se levar em consideração quatro fatores, o custo da criação, onde a coleta de dados de uma fonte cartográfica já existente é menos honerosa em relação a produção de dados novos, sendo viável também por derivar de produtos que possuem altos níveis de exatidão e precisão. O segundo fator é a utilização específica, pois as análises feitas em SIG podem ser para trabalhos de pequena, média e grande escala, sendo que algumas séries de dados necessitam de um maior detalhamento o que irá ocupar mais espaço no armazenamento. O terceiro fator é a falta de fontes alternativas de dados, visto que uma particularidade que o SIG tem em relação à cartografia analógica é de que algumas informações só podem ser vistas em mapa. E o último fator que é a emissão de produtos cartográficos, sendo que em ambiente SIG é possível gerar produtos finais como mapas, gráficos e relatórios, sendo muito difícil a representação de um grande número de dados por processos cartográficos manuais (ROBINSON et. al. 1995).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

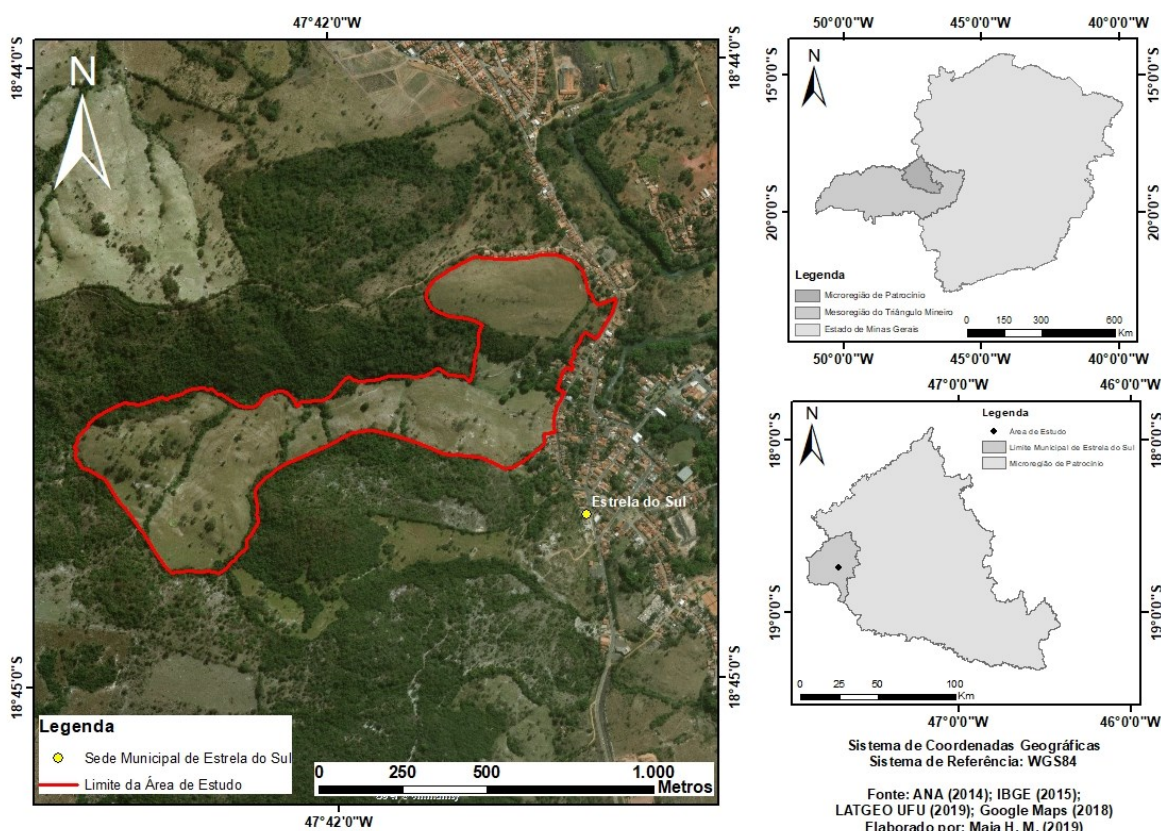
### **5.1 ÁREA DE ESTUDO**

No século XIX, Estrela do Sul - MG teve seu desenvolvimento relacionado ao garimpo de diamantes. No entanto, ao longo dos anos o valor de mercado das pedras caiu fazendo com que a emigração aumentasse, o que resultou numa estagnação econômica, assim a cidade passou a ter suas atividades baseadas essencialmente na agropecuária (VITAL; FONSECA, 2010). A

área a ser estudada (Figura 6), está localizada nas imediações da área urbana do município de Estrela do Sul – MG, que está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, microrregião de Patrocínio.

Com aproximadamente 53,4 hectares (ha) de área, a região apresenta vegetação nativa composta por espécies pertencentes ao bioma cerrado e mata atlântica, sendo de uso exclusivo para criação animal. Situada próximo as coordenadas geográficas de 18° 44' 30'' Sul e 47° 42' 00'' Oeste, com altitude média de 772 m.

Figura 6 - Mapa de localização da Área de Estudo.



Fonte: O autor.

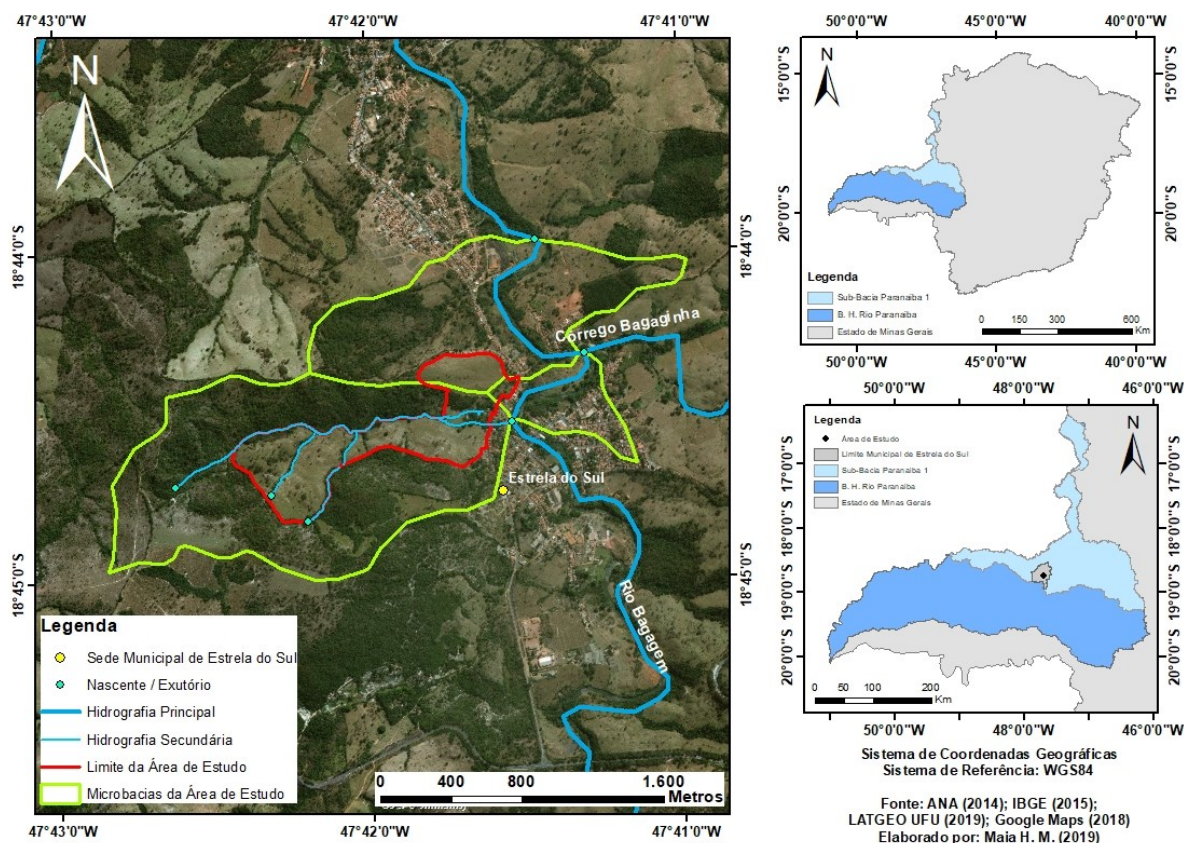
De acordo com Silva & Assunção, 2006, as condições climáticas de uma região estão diretamente relacionadas as atividades agrícolas e a maneira que o uso e ocupação do solo se dispõe sobre a mesma, sendo que a monocultura ou grandes áreas de pastagem modificam o ambiente, alterando de forma direta a dinâmica do ciclo hidrológico.

A área estudada é banhada pelo Rio Bagagem e está inserida na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, sub-bacia Paranaíba 1 (Figura 7), que é o principal formador do rio Paraná. A nascente está no município de Patrocínio/MG e a sua foz está localizada no Reservatório da



Usina Hidrelétrica de Emborcação, sobre o Rio Paranaíba, que possui grande quantidade de afluentes de pequeno e médio porte, incluindo o da área de estudo. Existem duas nascentes na área de estudo, e uma na propriedade confrontante, esta é a formadora do córrego principal.

Figura 7 - Mapa das Microbacias Hidrográficas da Área de Estudo.



Fonte: O autor.

## 5.2 MATERIAL

O trabalho foi dividido em 4 etapas, sendo elas: planejamento, aquisição, processamento e análise dos dados. Para por em prática essas etapas, foram demandados equipamentos para trabalhos de campo, necessários para a coleta de dados in loco, e *softwares* para posterior processamento e análise dos produtos que foram gerados, afim de alcançar os objetivos propostos.

O planejamento é a etapa inicial, que consistiu em definir quais serão as ações, com o intuito de economizar tempo e recursos na realização do trabalho. Para isto, foram utilizados:

- *Software Google Earth* para o planejamento do levantamento dos dados na área de

estudo;

- *Software DroneDeploy* para a elaboração do plano de voo;

A segunda etapa foi a aquisição dos dados, advindos dos levantamentos fotogramétricos e o levantamento de solos, bem como a caracterização do meio físico, incluindo litologias, relevo e hidrologia da área de estudo. Dessa forma, os equipamentos necessários foram:

- *Drone Phantom 4 Advanced*, com peso de 1.368 gramas, autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos e equipado com câmara RGB de 20 *megapixels* e GPS integrado;
- Receptor GARMIN *GPSmap 76CSx*;
- Tabela de cores Munsell;
- Ficha de descrição morfológica de perfis de solo;
- Trado holandês;

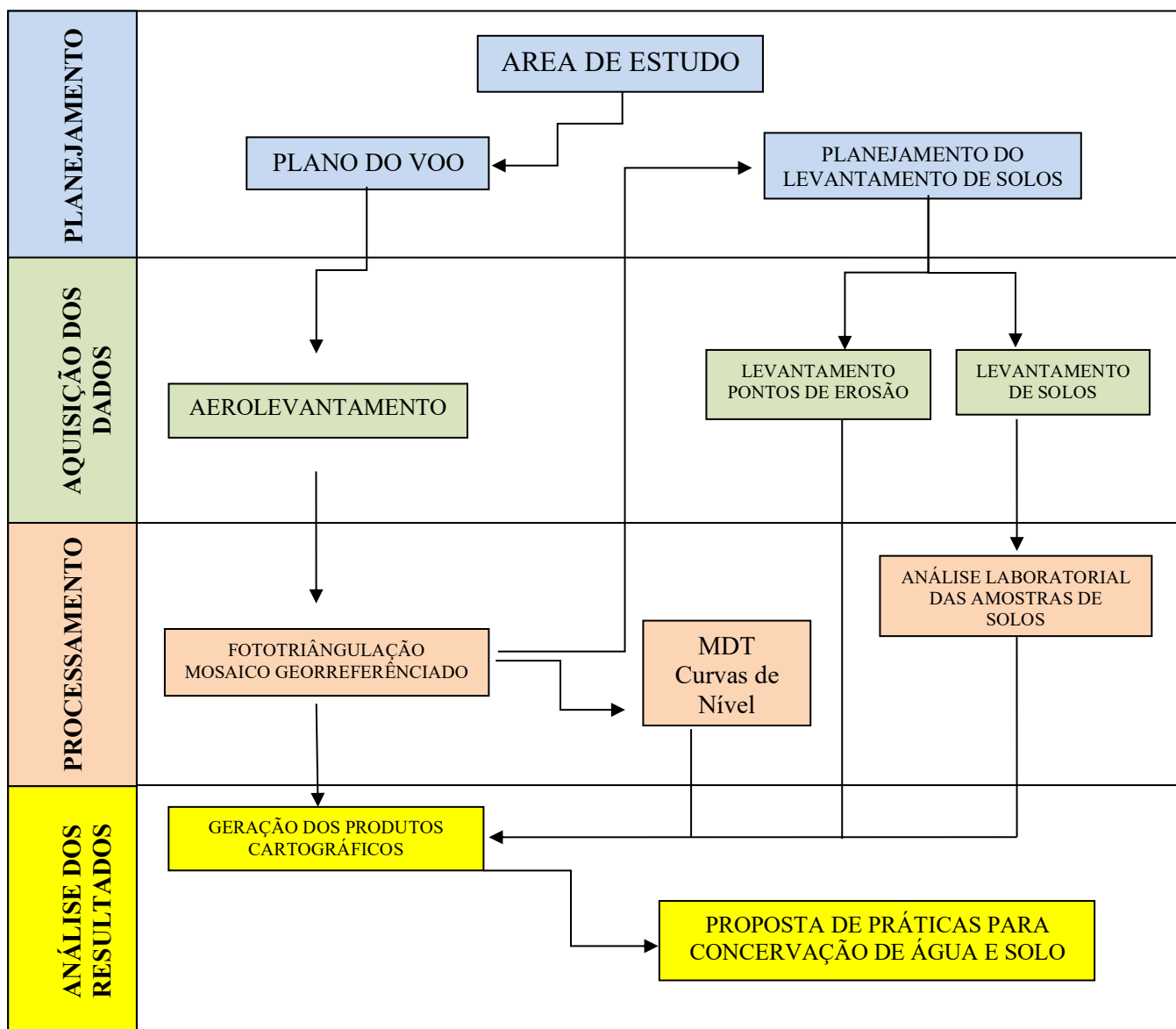
As últimas etapas foram, o processamento, que através do uso de *softwares* possibilitou a manipulação dos dados, confecção da base e dos produtos cartográficos, e a análise dos resultados obtidos. Sendo assim, o material utilizado foi:

- *Software Pix4D* para o processamento fotogramétrico;
- *Software ArcGIS 10.5* para a confecção das bases cartográficas e dos mapas;

### 5.3 MÉTODOS

Abaixo é apresentado um fluxograma, no qual ilustra a sequência lógica e temporal das 4 etapas que foram realizadas no trabalho, como foi descrito anteriormente (Figura 8).

Figura 8 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: O autor.

### 5.3.1 Planejamento

O planejamento das atividades em campo foi imprescindível para otimizar o levantamento dos dados. Esse procedimento foi feito por meio de uma visita técnica de reconhecimento do local e com o auxílio do *software* de visualização espacial *Google Earth*. A relevância dessa etapa se deu por aumentar o desempenho das atividades em campo, onde procurou-se obter maior agilidade, fazendo com que os gastos ficassem menos onerosos e com isso reduziu os custos operacionais.

Nesse sentido, para evitar problemas e futuros imprevistos, fez-se necessário um bom planejamento, que incluiu o reconhecimento das dimensões da área a ser levantada visando

facilitar o acesso ao local, bem como as condições climáticas para a execução do voo. Portanto, dentro das disponibilidades das equipes, foram escolhidos os melhores dias para levantamento aerofotogramétrico.

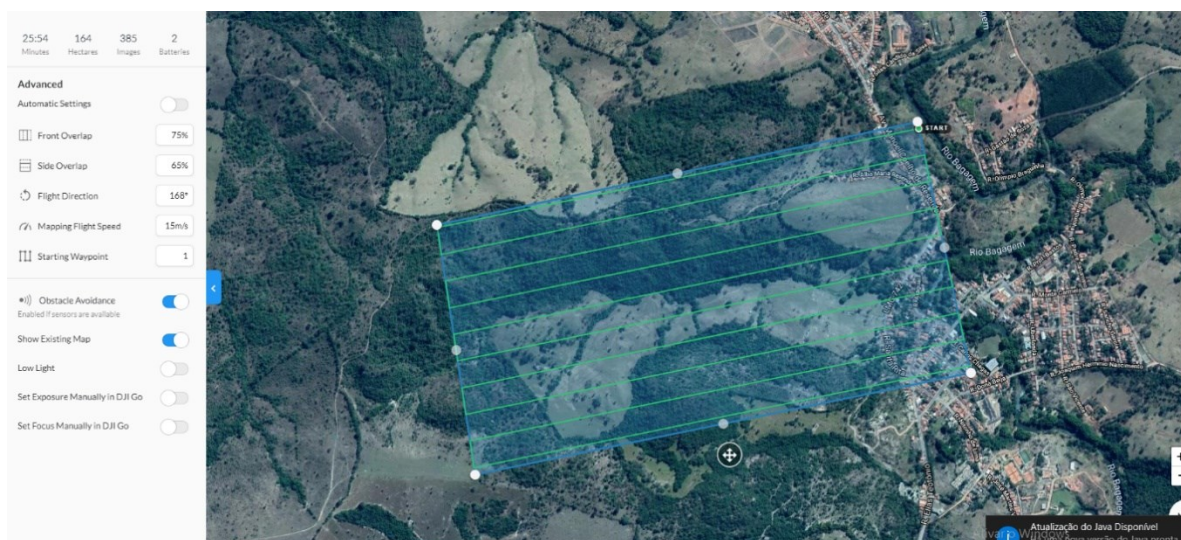
### 5.3.2 Planejamento do Voo

A segunda etapa para a realização do trabalho é o planejamento do voo, onde foram determinados todos os critérios para a execução do aerolevanteamento, tendo como finalidade orientar a equipe em campo. Partindo do pressuposto de que o imageamento deve aproveitar a maior incidência de radiação solar durante o dia e evitar sombras de núvens, o horário escolhido para a execução do voo foi às 11:30 da manhã do dia 27 de Julho de 2019.

O *software DroneDeploy* foi utilizado para calcular todos os componentes que são fundamentais para o plano de voo, dando destaque para o GSD de 5,93cm (Figuras 9), altura do voo, quantidades de faixas, número total de fotos, número total de fotos por faixa, intervalo de tempo entre a tomada das fotografias e o tempo total do voo, quantidade de baterias necessárias, área de cobertura do voo, velocidade e direção de voo. Os voos foram planejados e processados no LASER - Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Uberlândia *campus* Monte Carmelo.

Com o intuito de evitar espaços vazios entre as fotografias, as sobreposições tiveram uma tolerância mínima de 75% na longitudinal e 65% na lateral pois o VANT apresenta pouca estabilidade em relação às aeronaves maiores.

Figura 9– Parâmetros do Plano de Voo.



Fonte: O autor.

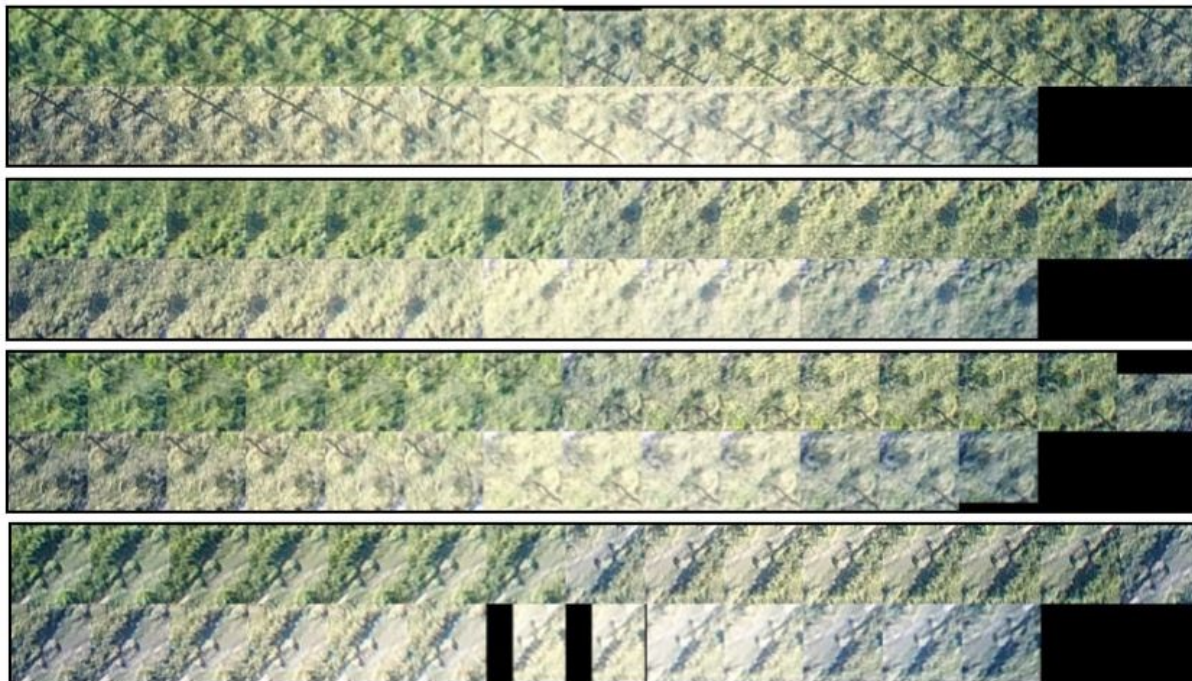
### 5.3.3 Processos Fotogramétricos

Concluído o aerolevanteamento fotogramétrico, foram efetuados os processos de fototriangulação e densificação da nuvem de pontos, com o propósito de se determinar as coordenadas tridimensionais dos pontos no espaço-objeto. Os processos foram realizados sob auxílio do *software Pix4D*, obtendo como produto um mosaico georreferenciado, necessário em etapas subsequentes. A partir deste produto foi realizada a extração das curvas de nível e a geração de Modelo Digital de Superfície (MDS).

#### 5.3.3.1 Alinhamento e fototriangulação

Após o processo de levantamento das imagens, as mesmas foram importadas para dentro do *software* com os devidos dados de orientação interior, vindo do GPS do próprio equipamento. Assim que as imagens foram posicionadas e orientadas, foi possível executar o alinhamento das fotografias, obtendo o posicionamento inicial. Essa e outras etapas são realizadas de forma automática pelo *software Pix4D*, que recebe as imagens e avalia os parâmetros internos e externos da orientação da câmara, incluindo as distorções radiais e não-lineares. O trabalho é executado por meio da correspondência de pontos homólogos entre as imagens e com as coordenadas de cada cena. A obtenção de um posicionamento inicial em campo possibilita maiores ajustes na posição planimétrica fazendo correções das fotografias em relação aos pontos rastreados, porém tal levantamento não foi necessário para realização da fototriangulação nem construção da ortoimagem, os parâmetros interiores já garantem bons resultados (Figura 10).

Figura 10 – Fototriangulação inicial.

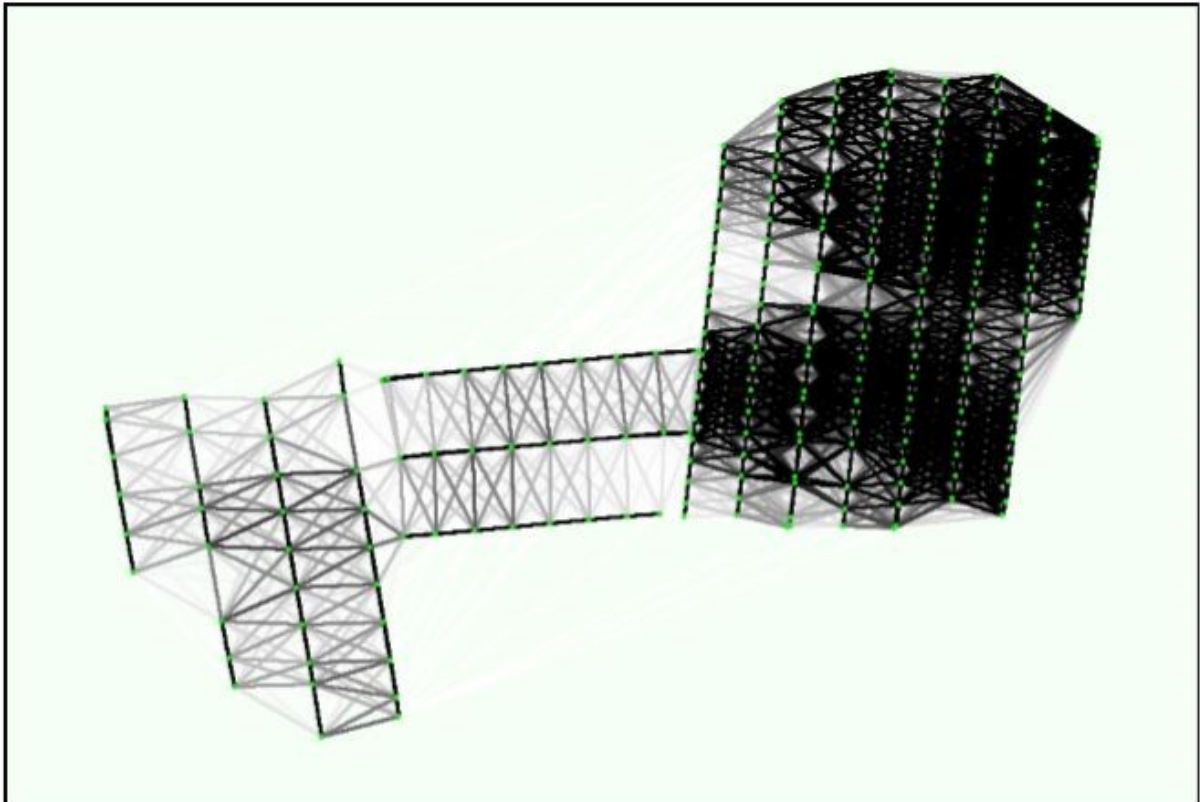


Fonte: O autor

### 5.3.3.2 Densificação da nuvem de pontos

Para a formação da nuvem de pontos o *software* localiza pontos de correlação entre as cenas para serem utilizados como pontos de ligação na fototriangulação, também chamados de pontos de enlace (Figura 11) , o produto gerado nesse processo pelo programa é denominado de nuvem de pontos esparsa. De acordo com os parâmetros de orientação interior das imagens esses pontos são processados no mesmo referencial e desta forma o aglomerado forma uma nuvem de pontos em três dimensões a fim de reconstruir o modelo tridimensional. A posição X, Y, Z e as informações de cor são armazenadas para cada ponto da nuvem possibilitando reconhecimento e a realização de medidas diretamente no modelo digital gerado pela nuvem, sejam elas de distâncias, áreas ou volumes.

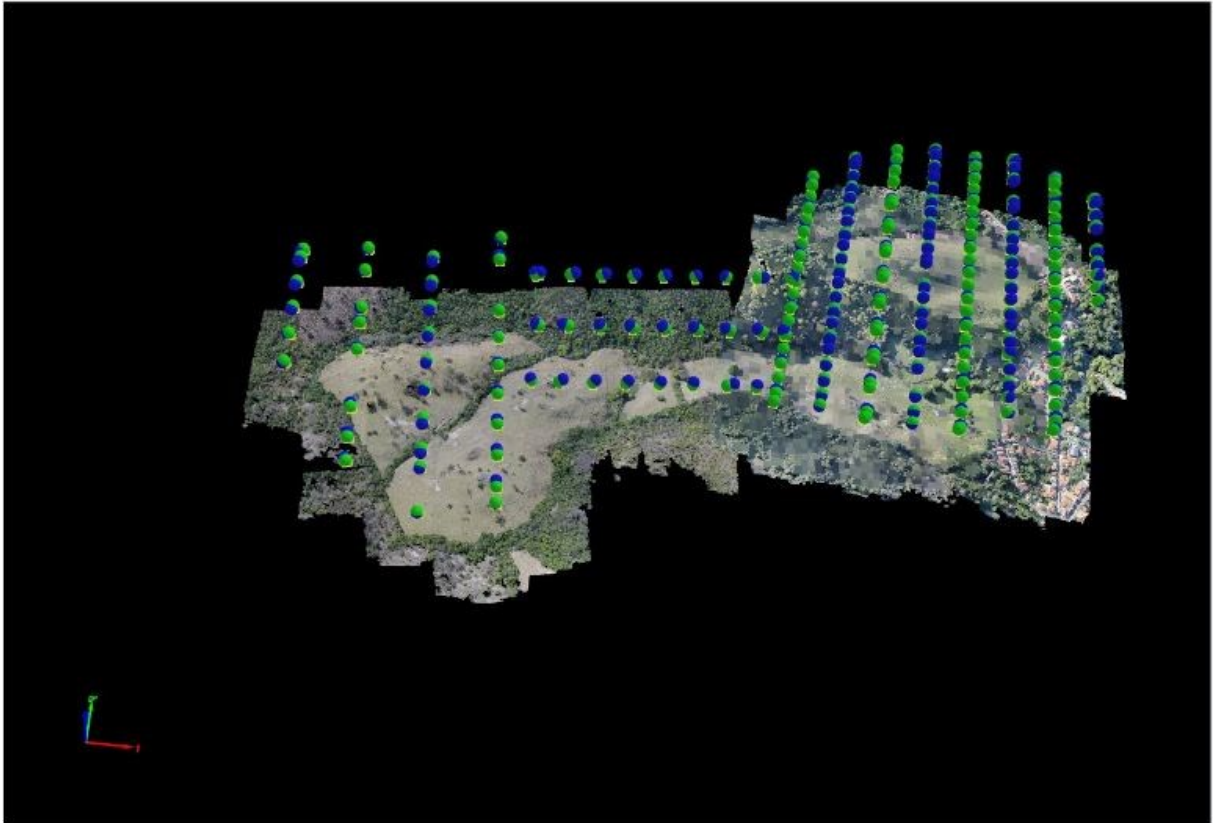
Figura 11 – Gráfico dos pontos de Enlace.



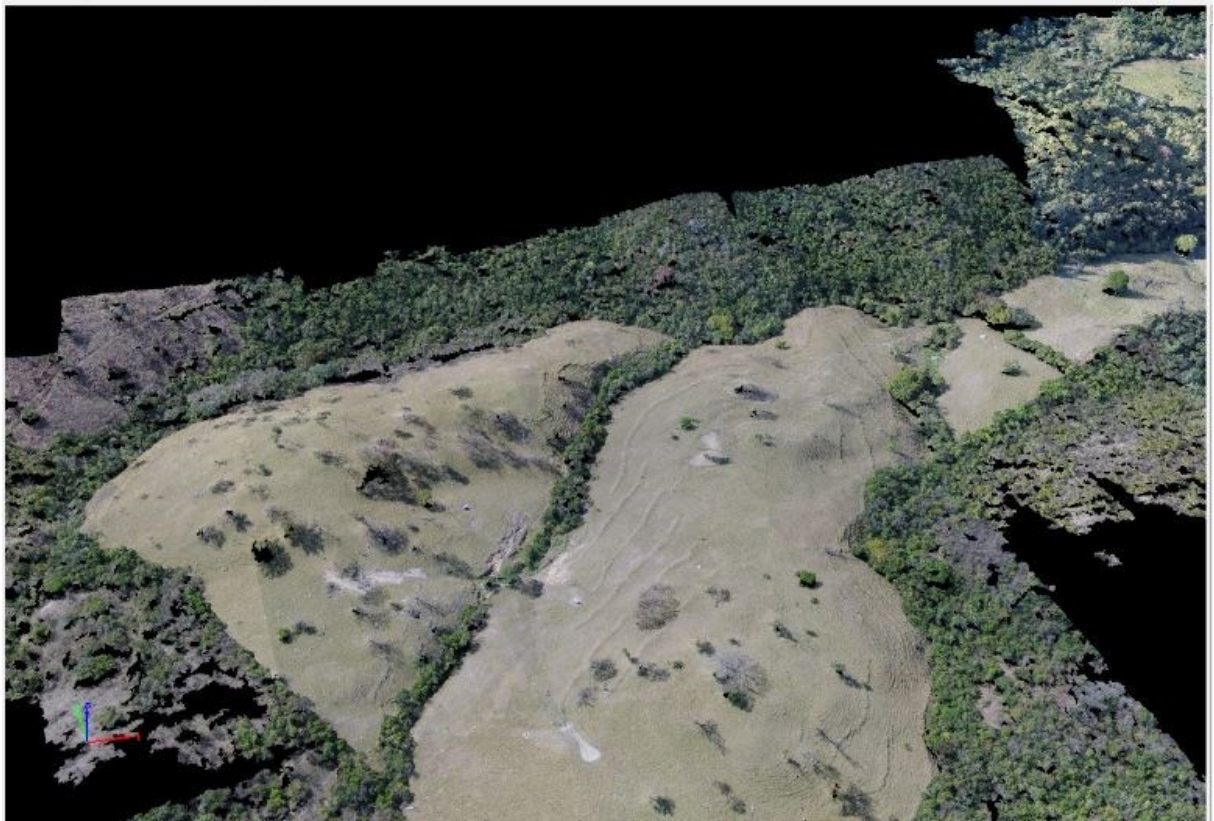
Fonte: O autor

O processo seguinte consiste em uma nova fototriangulação com base nos pontos de enlace. Nessa etapa é gerada a Nuvem de Pontos Densificada, onde mais pontos de enlace são criados, preenchendo e dando maior qualidade e realismo na representação do terreno. Para exemplificar a nuvem está representada após a sua densificação na Figura 12.

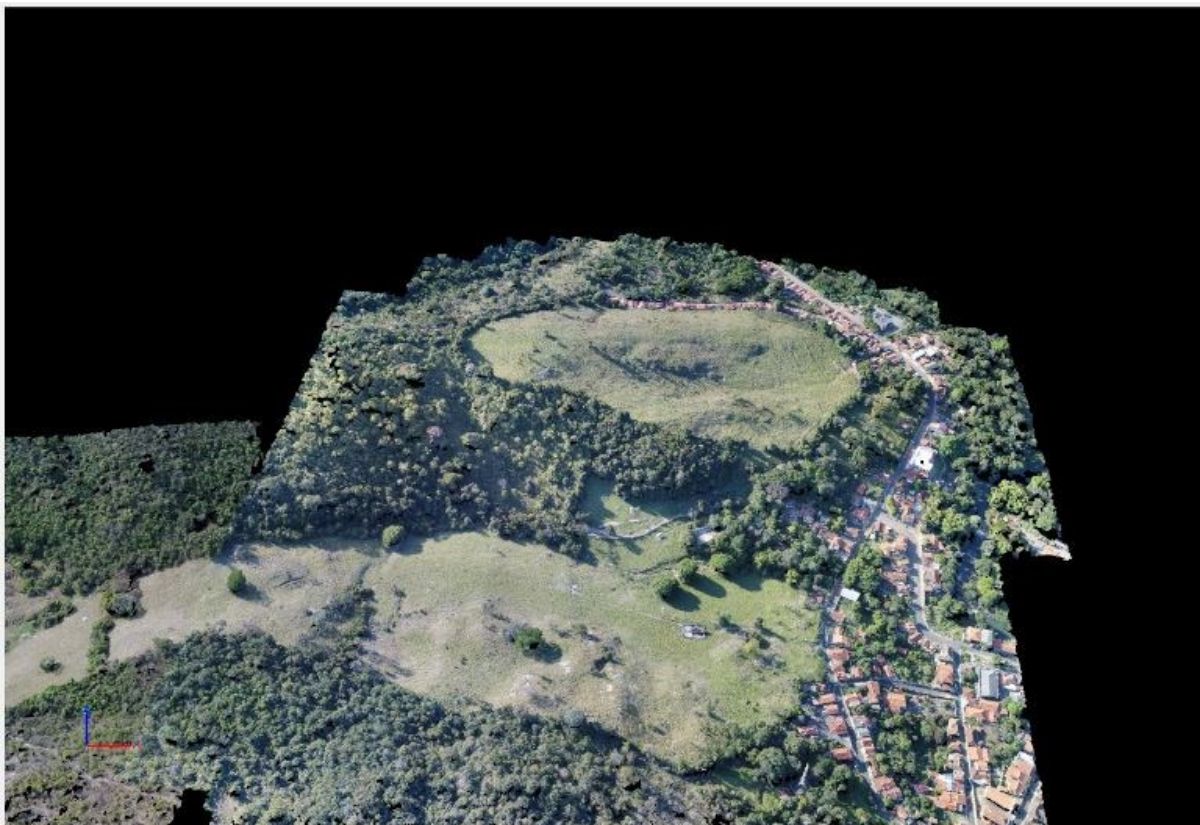
Figura 12 – Nuvem densa de pontos.



Fonte: O autor



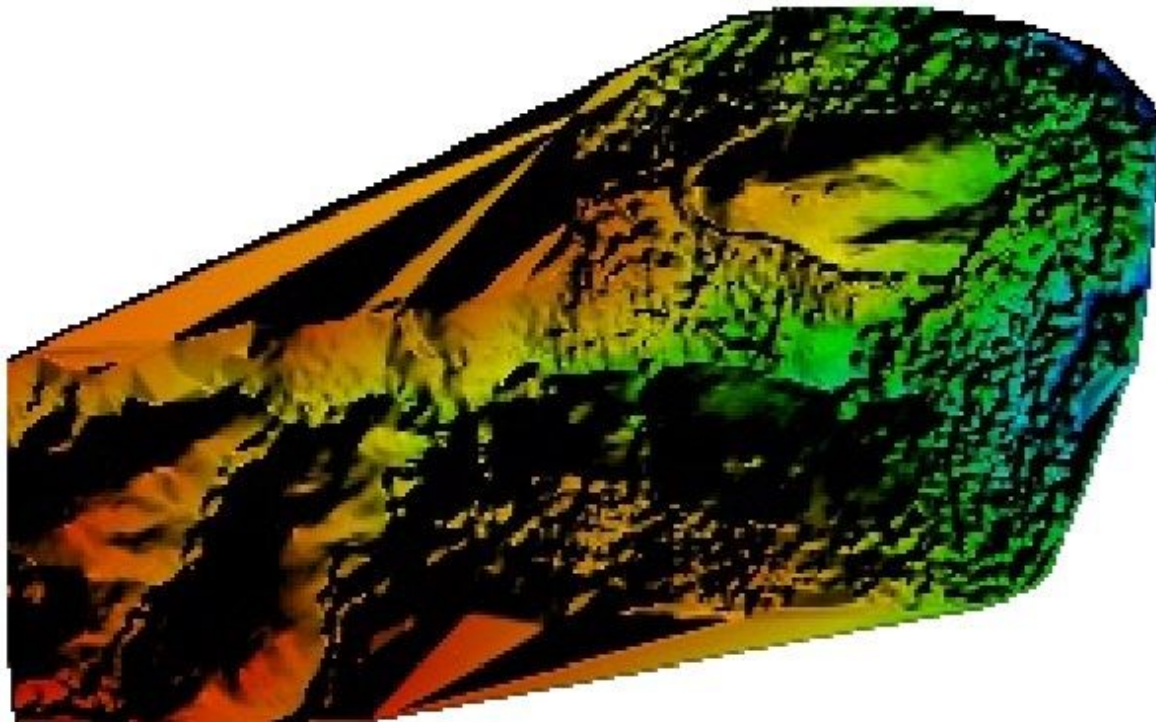




### 5.3.3.3 Ortomosaico ou Ortofotocarta

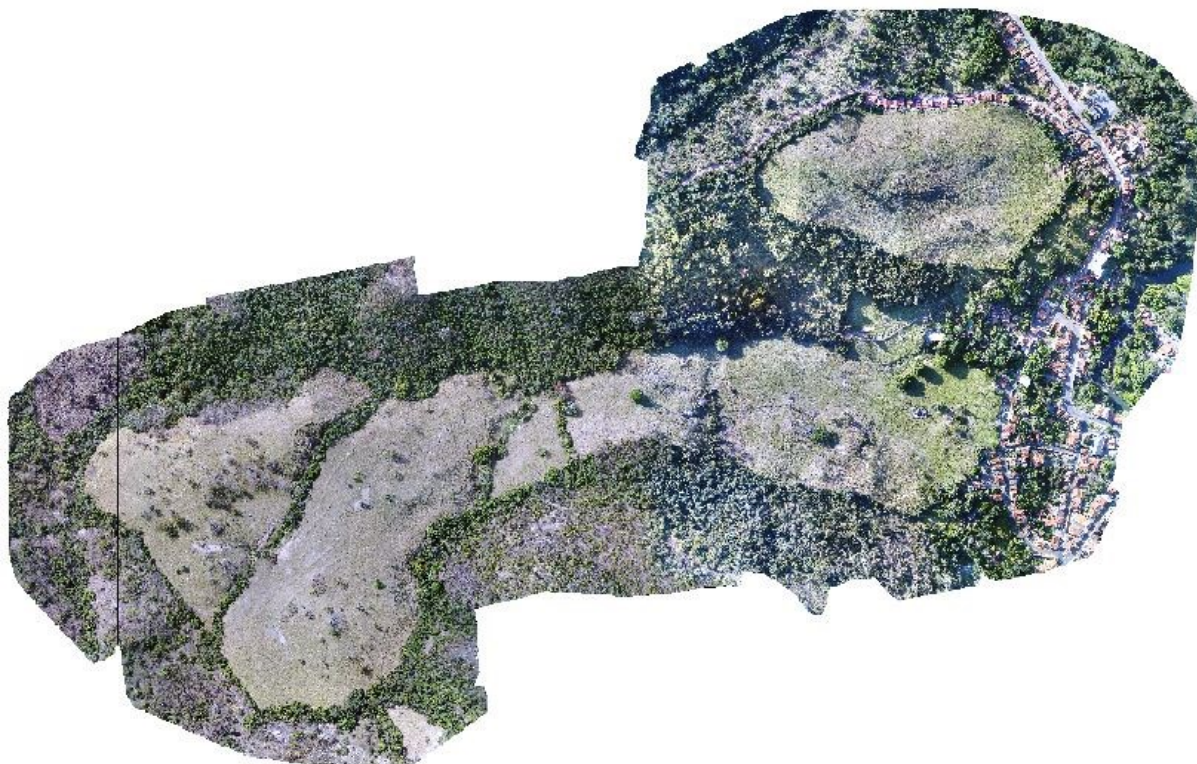
Anteriormente ao processo de criação da Ortofotocarta, é gerada a malha triangular do terreno. Essa é a última etapa no processamento e para sua realização é utilizada a nuvem de pontos gerada no processo de fototriangulação. Essa malha funciona como uma forma de organizar os pontos de maneira a permitir a construção dos modelos digitais. O processo utilizado para produção da ortofoto é também feita de forma automática pelo *software Pix4D*. As fotos são corrigidas de todas as deformações decorrentes da projeção da câmera e das variações do relevo, trazendo tudo para uma mesma escala. Então, utilizando da malha gerada e o consequente modelo digital do terreno (Figura 13), a ortofotocarta gerada está representada com propriedade para tomada de medidas e vetorização com precisão de acordo com a Figura 14.

Figura 13 – Modelo Digital do Terreno (MDT).



Fonte: O autor

Figura 14 - Ortoimosaico.



Fonte: O autor

### 5.3.4 Levantamento de Solos e Pontos de Erosão

Para complementar e caracterizar de forma mais evidente às informações dos solos, foram coletadas dois tipos de amostras, a saber. Amostras de perfis de solo, coletadas em trincheiras abertas com o intuito de proceder a caracterização morfológica dos solos, e “amostras extras” através de tradagens (trado holandês), em posições intermediárias à localização dos perfis. A partir da ortofotocarta obtida através do levantamento aérofotogramétrico, foram definidos os pontos representativos para alocação dos perfis de solo bem como das amostras extras representativas, respeitando as diferentes feições geomorfológicas identificadas na área de estudo.

Com o objetivo de identificar possíveis interferências dos processos erosivos e ou deposicionais e suas relações com as classes de solos predominantes, foram escolhidas regiões que apresentaram-se vertentes convexas e côncavas, levando-se em consideração os diferentes graus de declividade, para se associar os perfis de amostragem, representando os ambientes que caracterizem melhor cada tipo de solo. Durante o levantamento de campo, de antemão foram delineados os polígonos das respectivas áreas correspondentes aos diferentes tipos de solos, utilizando-se do ortomosaico que foi gerado em escala (1:5.000). Os ajustes das manchas de solos foram feitos através de correlações com a paisagem, relevo e regime hídrico, sobretudo através das relações solo-paisagem.

As coletas e descrições de perfis foram realizadas de acordo com os critérios estabelecidos no Manual de Descrição e Coleta de Solos (EMBRAPA, 2013). A definição do número de amostras, de perfis e pontos de observação para caracterização da área, seguiu os preceitos do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), embora a densidade de amostragem obtida tenha sido inferior àquela estipulada nas normativas deste material. Este aspecto se deve às limitações de recursos e tempo para a execução do trabalho. As análises químicas de solos foram realizadas no Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas – LABRAS, e seguiram a metodologia preconizada em EMBRAPA (2011). As análises químicas envolveram a determinação de carbono orgânico, pH (água e CaCl<sub>2</sub> 1N), Ca, Mg, K, Na, Al, H, P, sendo obtido os valores S, T e as relações m e V%, respectivamente, soma de bases extraíveis, complexo de troca catiônica, saturação por alumínio trocável e saturação por bases trocáveis. Essas análises foram feitas com o objetivo de dar suporte na identificação das classes de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

### 5.3.5 Geração dos Produtos Cartográficos

Os produtos cartográficos foram elaborados utilizando o ortomosaico gerado como ortofotocarta, com o objetivo de auxiliar nos procedimentos subsequentes de análise e confecção das bases cartográficas. Através das análises feitas em cima da ortomosaico, foi traçada uma rota preliminar observando-se os locais de referência, como os cursos d'água e mata ciliar, cobertura vegetal nativa, pasto, área construída. Tais informações foram avaliadas previamente em visita de campo, na etapa do planejamento. Assim como para a elaboração do mapa de solos, onde foi realizada a vetorização manual de acordo com a estratificação da área, como descrito na etapa de levantamento de solos.

A próxima etapa foi a associação das curvas de nível, que foram geradas na fase de processamentos fotogramétricos, com as informações sobre o relevo da área de estudo, em sequência foram identificadas e extraídas nessa etapa a hidrografia e as áreas de preservação permanente (APP). Posteriormente foram gerados os mapas de geoambientes, que agrupa do ponto de vista espacial ambientes que possuem características de meio físico e biológicos muito semelhantes, mapa de focos erosivos, que espacializa e detalha os principais tipos e processos erosivos existentes na propriedade onde foi possível ligar a trilha dos gados aos focos erosivos e mapa de zoneamento agroambiental, que trata-se de uma proposta de zoneamento aplicada à propriedade rural, elencando áreas de maior ou menor aptidão de uso agrícola conciliada com a manutenção da qualidade dos recursos naturais. A vetorização manual foi feita sob auxílio do *software ArcGIS 10* do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Uberlândia *campus* Monte Carmelo, obtendo como produtos os mapas temáticos e informativos e as bases cartográficas atualizadas da área de estudo, na escala de 1:5.000.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O propósito deste trabalho foi utilizar o ortomosaico gerado a partir dos levantamentos aerofotogramétricos concomitante com o as informações coletadas no levantamento de solos, afim de se obter produtos cartográficos de nível detalhado - semidetalhado, realizando o diagnóstico ambiental e um mapa de zoneamento agroecológico, servindo como auxílio para propostas de conservação da água e solo de uma microbacia hidrográfica.

- Obteve-se uma ortofotocarta com excelente resolução espacial a partir do aerolevanteamento, que possibilitou a confecção de bases cartográficas e mapas temáticos de ótima qualidade e em escala compatível com a tomada de decisões à nível de microbacias hidrográficas.

- Alocaram-se os pontos de coleta das amostras representativas de solo e água a partir da interpretação da ortofotocarta obtida no aerolevanteamento.
- Estratificou-se a área de estudo no maior número possível de ambientes diferentes a partir da interrelação entre meio físico e biótico, sendo que a ortofotocarta foi uma ferramenta essencial para a análise e interpretação mais criteriosa dos ambientes.
- Utilizou-se os mapas temáticos, produzidos a partir da ortofotocarta e dos trabalhos de campo, para elaborar um conjunto de propostas de conservação de solo e água, aplicáveis à realidade ambiental da área de estudo.

## 6.1 LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO DE SOLOS

Ao longo dos trabalhos de levantamento de solos em campo foram descritos e coletados 12 perfis de solo completos, além de avaliados e coletadas mais 40 amostras extras. O delineamento foi executado sobre o ortofotomosaico obtido através do processamento fotogramétrico, e a composição da legenda foi elaborada por ordem de representatividade das unidades de mapeamento (Apêndice 5). Foram obtidas 12 unidades de mapeamento na área trabalhada sendo a representatividade de cada uma destas unidades apresentadas no Quadro 3.

Dentre as características comuns aos solos da área de estudo, destaca-se a baixa profundidade efetiva e a elevada fertilidade natural. Sendo assim:

Quadro 3. Unidades de mapeamento de solos da área de estudo

Unid. de Mapeamento	Classe de Solo	Área (ha)	Área (%)
CXbe1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano	3,29	6,16
CXbe2	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado	19,24	36,04
CXbe3	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado	5,02	9,40
CXbe4	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Suave Ondulado	1,87	3,50
CXbe5	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano	2,984	5,59
CXbe6	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado	1,163	2,18
CXbd1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado	1,938	3,63
CXbd2	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa-arenosa, relevo forte ondulado	7,278	13,63
CXbd3	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado	6,81	12,75
CYbe	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano	1,389	2,60
RYae	NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano	0,75	1,41
RYbd	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, A moderado textura média relevo plano	0,344	0,64
SEM UNIDADE	ÁREA CONSTRUÍDA	1,318	2,47

Fonte: o autor

## **Descrição das Unidades de Mapeamento (UM's):**

### **6.1.1 CXbe1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano**

Esta unidade de mapeamento ocorre de forma mais expressiva na porção sudoeste da área de trabalho, e ocorre também em uma pequena área côncava localizada em meio as encostas íngremes da porção sul da propriedade. Representa solos originados de Granitos, no entanto com uma fertilidade natural melhor e em um contexto de relevo mais suavizado. São áreas com excelente aptidão para pastagem devido a fertilidade e ao relevo suave. A expressividade é de pouco mais de 6% da área total e o perfil de solo representativo é o perfil P4.

### **6.1.2 CXbe2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado**

A unidade de mapeamento CXbe2 representa os solos derivados de Xistos que ocorrem em áreas mais declivosas. Apesar da fertilidade natural elevada, são solos de baixa profundidade efetiva, muitas vezes menor que 50 cm de profundidade, somados os dois horizontes mais superficiais A e B. Soma-se a este aspecto da baixa profundidade as declividades elevadas das encostas, caracterizando estes solos como muito susceptíveis a processos erosivos. Dessa forma, as áreas ocupadas por esta unidade de mapeamento são pouco propensas a pastagens, e possuem uma ocorrência bem expressiva na área de trabalho, cerca de 36% da área (pouco mais de 19 ha). Os perfis de solo representativos são os perfis P2 e P3.

### **6.1.3 CXbe3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado**

A ocorrência desta unidade de mapeamento está intimamente relacionada com as áreas mais altas da propriedade, representando então os solos das áreas de cimeira. Estas áreas altas caracterizam-se por feições convexas que se iniciam nos terços superiores das vertentes e englobam todo o topo da vertente. Em termos de características físicas e químicas os solos se assemelham muito com os da unidade de mapeamento CXbd2, exibindo alta fertilidade natural, porém baixa profundidade efetiva. No entanto estas áreas são menos susceptíveis a processos erosivos do que as primeiras. Em termos de expressividade, ocupa pouco mais de 5 ha da propriedade, área esta que representa cerca de 9% da área total da chácara. O perfil

representativo é o perfil P1.

#### **6.1.4 CXbe4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano**

Esta unidade é complementar a unidade CXbe3, pois ocorre em porções chamadas de patamares suavizados que sucedem os topos convexos. No entanto é marcante a quase ausência generalizada de horizonte A nos solos desta unidade. Esta ausência demonstra que houve um processo erosivo muito intenso que expos o horizonte mais subsuperficial não havendo tempo hábil para uma nova formação do horizonte superficial (A). Em muitos pontos encontra-se praticamente o horizonte C em superfície. Ocupa uma área pouco expressiva na propriedade com pouco mais de 3,5 da área total. O perfil de solo representativo é o perfil P5.

#### **6.1.5 CXbe5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano**

A unidade de mapeamento CXbe5 representa uma das áreas de maior potencial agrícola da propriedade. Está localizada em uma rampa coluvial, formada a partir dos sedimentos da encosta granítica que a circunda, apresentando solos com boa fertilidade natural e boa profundidade efetiva. Além disso, está localizada em uma porção mais baixa do terreno, o que possibilita o emprego de irrigação por queda livre. Esta área conta também com uma excelente acessibilidade, o que potencializa a chegada de insumos e o escoamento de produtos. Em termos de representatividade ocupa cerca de 5,5% da propriedade com uma área total de cerca de 3 ha. O perfil de solo representativo é o perfil P10.

#### **6.1.6 CXbe6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado**

Esta unidade a semelhança da descrita anteriormente (CXbe5) também é extremamente privilegiada para o uso agrícola ou pecuário. Isto porque também conta com solos de fertilidade natural boa, com boa profundidade efetiva, pouco susceptíveis à erosão e em uma localização extremamente favorável, visto é uma das áreas mais próximas às construções da chácara. Os solos desta unidade são um pouco mais argilosos e originam-se de Xistos portanto apresentam cores avermelhada associadas à presença de óxidos de ferro, fato este que pode demandar

adubações fosfatadas mais generosas, devido à imobilização de fosfatos pelos óxidos de ferro. Outro aspecto relevante para um possível uso agrícola, é o fato de ser um pouco mais inclinada do que a rampa de colúvio localizada na outra margem do córrego, portanto um pouco mais susceptível a ocorrência de erosão.

A expressividade desta unidade é bem pequena e abrange pouco mais de 2% da área total da chácara, no entanto, como já dito, é uma área extremamente nobre devido às suas condições e localização. O perfil de solo representativo é o perfil P13 (apresentado abaixo).

#### **6.1.7 CXbd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado**

Esta unidade de mapeamento já compreende solos de fertilidade natural mais baixa, no entanto ainda com profundidade efetiva boa (acima de 1,0 m de profundidade). A área de ocorrência desta unidade se encontra bem na zona central da propriedade. Está associada a ocorrência de uma colina baixa de forma convexa de declividade pouco pronunciada. Devido as suas características é uma área onde pode-se desenvolver tanto a pecuária quanto atividade agrícolas com culturas perenes, como fruticultura por exemplo. Em caso de uso agrícola demandará doses mais expressivas de fertilizantes orgânicos e ou minerais, devido a sua fertilidade natural mais reduzida. Em termos de expressividade ocupa pouco mais de 3,5% da propriedade e o perfil de solo representativo é o Perfil P7.

#### **6.1.8 CXbd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa-arenosa, relevo forte ondulado**

A unidade CXbd2 é bem expressiva na área da chácara, corresponde a uma extensa encosta declivosa que pode ser avistada facilmente das benfeitorias presentes na área construída. Os solos são de baixa fertilidade natural, apresentando também baixa profundidade efetiva. Além disso, as declividades mais acentuadas facilitam o processo erosivo, fato este comprovando pela densidade de pontos de erosão encontrados na respectiva área. Estes aspectos tornam esta área pouco apta para a utilização com pastagem. Nesta área o pasto tem baixa capacidade suporte, e portanto não possibilita a presença de muitos animais. Dessa forma, esta área pode ser utilizada como pastagem, mas em uma intensidade menor do que aquelas que tem melhor aptidão para tal uso. Outros possíveis usos para esta área seriam conservação de biodiversidade ou a atividade silvicultural com alguma espécie de interesse econômico.



Uma característica marcante desta unidade são os afloramentos de rochas graníticas que abundam em toda a extensão de ocorrência da mesma. A área abrangida por esta unidade é bem expressiva ultrapassando os 13%, representados por pouco mais de 7 ha. O perfil representativo é o perfil P6.

#### **6.1.9 CXbd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado**

Esta unidade ocorre de forma localizada na porção mais a norte da área da chácara. Representa a porção superior do pasto localizado logo acima da área construída. Apesar de serem solos formados por Xistos, sendo portanto, mais argilosos e de coloração avermelhada, são de baixa fertilidade natural, e possuem baixa profundidade efetiva. Outra característica importante é a quantidade de cascalho que se encontra misturado à massa do solo, este cascalho é em sua totalidade constituído de quartzo leitoso (esbranquiçado) proveniente do desmonte de veios (faixas) deste mineral, presentes na rocha de origem. Este aspecto torna o manuseio deste solo um pouco mais dificultado, visto que esta densidade de cascalho pode tornar mais desgastante o trabalho de manuseio do solo.

A expressividade desta unidade é muito significativa alcançando uma área de quase 7 há, o que representa aproximadamente 13% da área total se equivalendo a descrita anteriormente CXbd2. O perfil de solo descrito que representa esta unidade é o perfil P8.

#### **6.1.10 CYbe - CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano**

A unidade CYbe representa solos tipicamente encontrados em ambiente de terraços fluviais. Na área da chácara este terraço fluvial encontra-se localizado na porção mais a leste do limite da propriedade bem próximo ao ambiente urbano do município. Trata-se de uma área muito nobre que se presta a diversos tipos de usos diferentes, desde usos mais intensivos até usos de menor intensidade de manejo, como é o caso da pastagem. Os solos caracterizam-se por uma boa fertilidade natural, boa profundidade efetiva e são isentos de elevações pontuais do lençol freático. Estas características associadas à proximidade da área construída da chácara, bem como do ambiente urbano, tornam a acessibilidade um outro fator muito positivo no planejamento de uso desta área. Em termos de representatividade a unidade abrange pouco mais de 2,5% da área total. Vale reiterar que apesar de ser uma área pouco expressiva, caracteriza uma das áreas com maior potencial de uso intensivo. O perfil representativo desta unidade é o

perfil P11.

#### **6.1.11 RYae - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano**

Esta unidade representa os solos alocados no leito maior dos córregos presentes na propriedade. A principal área desta unidade encontra-se junto ao córrego principal bem próximo à área construída, estando limitada pelas rampas de colúvio que a circundam. Apesar da fertilidade natural esta é uma área que possui um nível de lençol freático relativamente alto, e que ocasionalmente é utilizada pelo córrego, através de um extravasamento do leito menor em ocasiões de cheias muito intensas. Estes aspectos limitam significativamente o uso agrícola desta áreas. Além deste aspecto, destaca-se que geralmente este ambiente é dedicado, ou deveria ser, ao estabelecimento ou conservação de matas ciliares, tratando-se portanto de ambientes muito sensíveis que se enquadram na categoria de Áreas de Preservação Permanente (APP's).

A outra mancha desta unidade de mapeamento se encontra no leito maior do segundo afluente do córrego, sendo praticamente extinta com a implementação da segunda represa de armazenamento de água que irá cobri-la totalmente. A expressividade desta unidade na chácara pouco mais de 1% da área total, e o perfil representativo é o perfil P12.

#### **6.1.12 RYbd - NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, A moderado, textura média, relevo plano**

A unidade RYbd também representa solos de ambiente fluvial e encontra-se dentro do limite da chácara associada a uma área com níveis de lençol freático alto na época das chuvas. Este aspecto é evidenciado pela presença de feições morfológicas no solo de denotam a ocorrência de hidromorfismo. Este aspecto está representado pela palavra “gleissólico” na legenda da UM, remetendo à ordem dos Gleissolos, que são tipicamente solos hidromórficos. Obviamente as condições de uso agrícola destes solos são limitadas por este aspecto, e assim como mencionado para a unidade RYae, estas áreas são caracterizadas como APP's. O perfil representativo desta unidade é o perfil P9, e expressividade da mesma não atinge 1% da área total da chácara.

## **6.2 GEOAMBIENTES**

A interpretação do ortomosaico foi fundamental para o reconhecimento e caracterização do meio físico, correlacionando o mapeamento de solos em campo, foi possível identificar 13

geoambientes distintos (Apêndice 3), e a representatividade dos mesmos em termos de área pode ser observada no Quadro 4.

Quadro 4 – Unidades de mapeamento de geoambientes

Número	Geoambientes	Área (ha)	Área (%)
1	Áreas suavizadas de relevo aplainado	2,91	5,46
2	Encostas íngremes circundantes aos topos convexos	19,24	36,04
3	Topos convexos	5,02	9,40
4	Patamares suavizados	1,87	3,50
5	Leito maior com sedimentos inconsolidados	0,75	1,41
6	Colinas baixas suavizadas	1,94	3,63
7	Encostas íngremes com afloramento de rochas	7,28	13,63
8	Rampa coluvionar de sedimentos arenosos	2,98	5,59
9	Terraço fluvial	1,39	2,60
10	Topos convexos com solo cascalhento	4,15	7,77
11	Áreas côncavas suavizadas	3,03	5,68
12	Áreas encharcadas	0,34	0,64
13	Rampa coluvionar de sedimentos argilosos	1,16	2,18
14	Área Construída	1,32	2,47

Fonte: O autor

### 6.2.1 Áreas suavizadas de relevo aplainado

Estas áreas suavizadas de relevo aplainado apresentam pouca ocorrência na área de trabalho, sendo mapeada somente na porção mais a oeste da mesma. São áreas com baixíssima susceptibilidade a processos erosivos e apresentam pastagens bem formadas e vigorosas. Este geoambiente representa cerca de 5% da área total.

### 6.2.2 Encostas íngremes circundantes aos topos convexos

Estas encostas são as áreas com maior propensão a processos erosivos e este aspecto está diretamente vinculado à declividade das mesmas, fato que pode ser observado a partir da análise do modelo digital de superfície. Portanto são áreas com maior propensão à erosão e dessa forma são áreas menos indicadas para pastagens. Nestas áreas é muito desejável que haja uma densidade maior de árvores e que o pastejo seja menos intenso. Este é o geoambiente que abrange maior área dentro do limite da chácara, cerca de 20 ha, o que representa aproximadamente 36% da área total.

### **6.2.3 Topos convexos**

Os topos convexos abrangem a porção mais alta da propriedade. Estão concentrados na porção oeste da área de estudo e são áreas fundamentais para o processo de recarga hídrica das nascentes locais, pois, representam uma área de intenso processo de infiltração de água no solo. Neste contexto é importante que caso estas áreas estejam sendo utilizadas como áreas de pastagem, que exista um número significativo de árvores em meio ao pasto. A representatividade em termos de área dos topos convexos é próxima de 10% da área total.

### **6.2.4 Patamares Suavizados**

Estes patamares representam um degrau abaixo dos topos convexos. Assim, apresentam características semelhantes aos últimos, no entanto apresentam uma área menos expressiva e evidências de erosão laminar mais intensa. Este aspecto é perceptível na ausência de horizontes superficiais em vários pontos avaliados. São áreas que em situação de uso com pastagens devem contar com presença de árvores, consolidando assim um sistema de pastagem arborizada, visando a maior infiltração de água no solo.

### **6.2.5 Leito maior com sedimentos inconsolidados**

O leito maior representa a área que o córrego utiliza quando tem seu volume de água aumentado repentinamente. Este aumento no volume d'água é muito comum diante de chuvas torrenciais. Portanto é uma área que apresenta limitação ao uso agrícola com culturas de manejo mais intensivo. Nos limites da propriedade a principal área deste geoambiente está associada ao córrego principal e recomenda-se que seja recomposta para cumprir as exigências legais quanto a áreas de preservação permanente. Em termos de representatividade ocupam pouco mais de 1% da área total.

### **6.2.6 Colinas baixas suavizadas**

As colinas baixas suavizadas são áreas de forma convexa que se assemelham em relação à forma muito aos topos convexos. No entanto, ocupam posições mais baixas em relação a estes últimos. Portanto, são menos representativas em termos de recarga hídrica de nascentes e assim podem servir tanto a pastagens quanto a cultivos perenes como fruticultura, cafeicultura

dentre outros. Dentro da área de trabalho a única região com estas geoformas está localizada bem no centro da propriedade e abrange pouco mais de 3,5% da área total.

### **6.2.7 Encostas íngremes com afloramento de rochas**

Este é um geoambiente muito representativo dentro do limite da chácara, ocupando boa parte da porção sul. A declividade desta área juntamente com a presença de rochas graníticas aflorantes torna este geoambiente muito susceptível a processos erosivos. Este fato foi constatado por uma quantidade significativa de pontos de erosão nesta área. Esta característica, juntamente com a baixa fertilidade natural dos solos torna este ambiente mais fragilizado para usos mais intensivos. Portanto, apesar de ter uma boa abrangência em termos de área (13,63%) é um local que deve ter seu uso bem planejado para evitar um processo de degradação mais intenso.

### **6.2.8 Rampa coluvionar de sedimentos arenosos**

A rampa coluvionar se forma a partir do acúmulo de sedimentos provenientes das encostas circundantes. Geralmente apresentam relevo suavizado com declividade muito tênue. Este geoambiente trata-se de uma rampa formada com sedimentos provenientes de encostas formadas por rochas graníticas, e dessa forma tem em seus sedimentos a presença marcante do mineral quartzo, que no solo se apresenta predominantemente na fração areia. Trata-se de um ambiente de grande potencial para usos mais intensivos devido principalmente às suas características de relevo e à acessibilidade e proximidade da área construída. Esta é uma área que pode ser usada como pastagem intensiva, em sistema de piquetes, possivelmente até irrigados ou para estabelecimento de culturas anuais ou olerícolas. A área ocupada por este geoambiente é de cerca de 3 ha.

### **6.2.9 Terraço Fluvial**

O terraço fluvial é um ambiente tipicamente associado ao córrego, como o próprio nome evidencia. São áreas de relevo geralmente plano e com fertilidade natural geralmente mais elevada. O terraço fluvial é formado a partir de deposições sucessivas de sedimentos trazidos pelo córrego. Atualmente o terraço é uma área que já não recebe influência direta do córrego, desta forma seu material mineral se estabiliza e passa por processos pedogenéticos (formação de solo). Trata-se de um ambiente muito privilegiado que assim como as rampas

coluvionares, apresenta muita aptidão para usos mais intensivos de pastagens ou culturas anuais. Na área total da propriedade representa 2,6% da mesma.

#### **6.2.10 Topos convexos com solo cascalhento**

Os topos convexos com solo cascalhento se assemelham muito aos topos convexos descritos anteriormente, no entanto, optou-se por separar este ambiente visto que a incidência de cascalhos no solo é uma característica que merece destaque. Praticamente todo a fração cascalho é constituída por quartzo proveniente do intemperismo de veios presentes na rocha de origem (Xistos). Os topos convexos com solo cascalhento estão concentrados na porção mais a norte do limite da área de estudo e representam quase 8% da área total.

#### **6.2.11 Áreas côncavas suavizadas**

As áreas côncavas suavizadas são importantes áreas de acúmulo de água sendo, portanto, interessantes no processo de recarga hídrica. Dentre as áreas encontradas na chácara com este perfil existe uma localizada em meio às encostas íngremes com afloramento de rochas, que cumpre bem esta função de acúmulo de água para recarga hídrica. Portanto, apesar de ser relativamente pequena disponibiliza água para a formação de uma pequena área encharcada que nada mais é do que uma nascente subterrânea. A outra área desta natureza presente na propriedade tem uma expressividade muito maior e está localizada logo abaixo dos topos convexos com solos cascalhentos. No entanto, como esta área está voltada para o ambiente urbano limítrofe à chácara, seu efeito de recarga hídrica é pouco ou nada perceptível no âmbito do limite da área de estudo.

#### **6.2.12 Áreas encharcadas**

Este geoambiente é muito pouco expressivo na área de estudo representando pouco mais de 0,5% da mesma. No entanto, trata-se de uma área de concentração de água e por este aspecto justificase seu conhecimento e planejamento atencioso. A única área com esta característica na propriedade está localizada justamente abaixo de uma área côncava suavizada, descrita no item anterior. Trata-se de um “brejo” que do ponto de vista da fauna e da flora é bastante importante por permitir estabelecimento de espécies intimamente ligadas a estes ambientes de maior

disponibilidade de água.

### **6.2.13 Rampa coluvionar de sedimentos argilosos**

Esta rampa coluvionar de sedimentos argilosos tem sua formação regida exatamente como a que foi descrita no item referente às rampas coluvionares de sedimentos arenosos, diferenciando-se desta última justamente pela natureza dos sedimentos, que neste caso são argilosos. Esta rampa está localizada na margem norte do córrego e foi originada pelo acúmulo de sedimentos provenientes do intemperismo de Xistos. São áreas também com alto potencial de uso agrícola, apesar de serem menos extensas do que as de sedimentos arenosos, representam somente 2,18% da área de estudo.

## **6.3 FOCOS EROSIVOS**

Os focos erosivos aqui identificados são pontos no terreno afetados diretamente pelo uso antrópico onde o solo se encontra desprovido de vegetação e onde conseqüentemente os processos erosivos são mais intensos.

Quando o deslocamento da água ocorre de maneira dispersa na forma de um “lençol” denomina-se de erosão laminar. Este tipo de processo erosivo atua removendo camadas sucessivas de solo em área total. Este é um processo muito comum em pastagens mal manejadas. No entanto, quando este fluxo de escoamento se torna concentrado em porções específicas do terreno, inicia-se a formação de sulcos. Estes sulcos, ou microravinas, evoluem para ravinas propriamente ditas, que são porções côncavas do terreno formadas pelo fluxo repetitivo de escoamento superficial de água. Quando as ravinas evoluem a profundidades extremas, causando o afloramento do lençol freático no talvegue, estas feições são denominadas de voçorocas.

No levantamento feito em campo na área de estudo foram encontrados 28 focos erosivos de naturezas distintas, mas todos provenientes a atividade pecuária desenvolvida na propriedade a algumas décadas (Apêndice 2). O auxílio da ortofotocarta de alta resolução espacial e temporal possibilitou quantificar a área erodida de forma mais precisa e atualizada, sendo que esses 28 focos erosivos perfazem uma área de pouco mais de meio hectare (5.737,69 m<sup>2</sup>).

## 6.4 ZONEAMENTO AGROAMBIENTAL

O princípio do zoneamento baseia-se na separação da propriedade em zonas com maior ou menor aptidão para determinados usos. O zoneamento baseia-se em características dos componentes do ambiente como solo, relevo, proximidade de áreas construídas, intensidade de manejo e visitas das zonas, disponibilidade de água, fluxos de energia, principalmente de radiação solar e de ventos, dentre outros fatores, que imprimem maior ou menor potencial de uso das zonas. A ideia de zonedar a propriedade rural visa obter planejamentos mais eficazes das atividades a serem desenvolvidas, conciliando melhor aproveitamento dos recursos naturais com uso racional dos mesmos do ponto de vista de preservação ambiental. A partir dos dados levantados em campo, da análise e interpretação do ortomosaico e dos mapas de geoambientes e de solos e do conhecimento prévio de alguns dos objetivos dos proprietários da área de estudo, separou-se a área total em 5 zonas Agroambientais e a área construída, afim auxiliar em planejamentos vindouros (Apêndice 6). A área de cada uma das zonas definidas, bem como a percentagem de contribuição de cada uma na área de estudo se encontram apresentadas no quadro abaixo (Quadro 5).

Quadro 5. Classes definidas no zoneamento agroambiental

Classes	Zoneamento Agroambiental	Área (ha)	Área (%)
1	Zonas adequadas para pastagem	7,88	14,77
2	Zonas adequadas para pastagem arborizadas	11,04	20,68
3	Zonas adequadas para pastagem manejada/cultivos mais intensivos	5,54	10,37
4	Zonas de proteção ciliar de mananciais	1,10	2,05
5	Zonas mais susceptíveis a processos erosivos adequadas para preservação	26,52	49,67
6	Área Construída	1,32	2,47

Fonte: O autor

### 6.4.1 Zonas adequadas para pastagem

As zonas adequadas para pastagem representam as áreas de menor susceptibilidade a processos erosivos e de boa fertilidade natural. Estas seriam, portanto as áreas mais aptas para pastagem, no entanto, com possibilidades de outros usos a depender dos objetivos e da logística empregada na área de estudo. Estas zonas abrangem praticamente 15% da propriedade.

### 6.4.2 Zonas adequadas para pastagens arborizadas



Nestas zonas que também tem ótimo potencial para uso com pastagens, destaca-se a necessidade de introdução de plantas arbóreas para aprimorar o processo de recarga hídrica das nascentes, visto que estão localizadas em áreas mais altas onde a infiltração de água no solo é primordial para este processo. Estas zonas ultrapassam os 20% da área total da propriedade.

#### **6.4.3 Zonas adequadas para pastagem manejada/cultivos mais intensivos**

Estas zonas representam os ambientes mais nobres da área de estudo em termos de uso agropecuário. São áreas com pouca propensão a processos erosivos, de fertilidade natural boa e dessa forma, são mais aptas a usos mais intensivos. Caso estas áreas venham a ser conduzidas com pastagens, entende-se que são adequadas à uma pastagem mais intensiva com o estabelecimento de piquetes e possivelmente de sistemas de irrigação. Estas zonas representam pouco mais de 10% da propriedade rural.

#### **6.4.4 Zonas de proteção ciliar de mananciais**

Estas zonas representam a área de proteção dos córregos e nascentes, sendo recomendado a ampliação das matas ciliares e ou atividades de uso bem pouco intensivo. Este ambiente ciliar, funciona regulando o fluxo de água que chega aos córregos bem como impede a chegada excessiva de sedimentos que provocam o assoreamento dos mesmos. São conhecidas como Áreas de Preservação Permanente (APP's) e são protegidas por lei, de acordo com o Novo Código Florestal Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Art. 1º- A.

#### **6.4.5 Zonas mais susceptíveis a processos erosivos adequadas para preservação**

Estas zonas representam as áreas mais sensíveis do ponto de vista de processos erosivos e de baixa eficiência no tocante à recarga hídrica. Sendo assim, são áreas de uso menos intensivo, podendo prestar a áreas de preservação, atividades silviculturais ou mesmo pastagens de menor pressão de pastoreio. Portanto, não se objetiva restringir totalmente o uso destas áreas, contudo deve-se ter presente que são áreas que tem uma capacidade suporte mais limitada quanto à intensidade de uso dos solos. Vale destacar este ponto de vista, pois esta zona representa aproximadamente 50% do terreno da área de estudo, e restringir totalmente seu uso implicaria em deixar praticamente a metade da propriedade sem um uso direto.

## 6.5 RECURSOS HÍDRICOS

A questão dos recursos hídricos foi o ponto central que impulsionou o estudo ambiental na propriedade, pois a rede de drenagem presente na mesma consiste em um córrego principal que está localizado na divisa da propriedade, na borda norte da mesma. O córrego possui seu leito praticamente todo com rochas expostas, demonstrando que é um córrego de alto grau energético, e portanto, consegue mover os sedimentos que chegam ao seu leito. No entanto, devido a uma diminuição gradativa da vazão ao longo das últimas décadas, é possível encontrar hoje no leito do córrego vários pontos de acúmulo de sedimentos, principalmente arenosos, que se depositam em pontos específicos onde a água trafega com menos energia. Esse fenômeno é conhecido como assoreamento. O assoreamento decorre justamente de um aporte excessivo de sedimentos associado a uma incapacidade do córrego em arrastar estes sedimentos. A fonte de sedimentos que chegam ao leito do córrego é proveniente dos processos de erosão encontrados em diversos pontos da propriedade. Esta situação está intimamente associada com a atividade pecuária, e é portanto, a principal causa de assoreamento do córrego.

Na rede de drenagem presente na propriedade ainda existem dois afluentes que chegam ao córrego principal vindo da porção localizada mais a sudoeste da área de estudo. São drenagens de vazão diminuta, mas de muita importância para a propriedade, pois representam possibilidades concretas de maior retenção de água no interior da mesma. Um dos afluentes nasce dentro da propriedade, e o outro apesar de nascer na divisa sul, percorre um curto caminho até entrar dentro dos limites da área de estudo. A nascente do córrego principal também não nasce dentro da propriedade, e este é um aspecto que dificulta aspectos de gestão destes mananciais. No caso da nascente do córrego principal esta gestão vinha sendo negligenciada e a nascente se encontrava servindo de bebedouro para animais (bovinos), além de receber uma enorme descarga de sedimentos provenientes de pontos de erosão a montante.

Vale ressaltar que o córrego que corta a propriedade tem um alto potencial de depuração, visto que os desníveis existentes em seu curso proporcionam uma condição ideal para aumento da oxigenação da água. E que a partir do momento que os excessos de sedimentos provenientes dos focos erosivos não acessarem diretamente o leito do córrego, o processo de assoreamento estará controlado, possibilitando assim que o córrego se encontre em condições ideais para sua regeneração.

Os recursos hídricos foram avaliados a partir da coleta de 4 amostras de água em pontos diferentes da propriedade. A distribuição das amostras visou contemplar toda a rede de drenagem (córregos e nascentes) presentes na área em questão. Sendo assim, uma amostra foi

coletada na região mais próxima da nascente do córrego principal (nomeada como Córrego Principal). Uma segunda amostra foi coletada na nascente do primeiro afluente do córrego principal (nomeada como Nascente 1). A terceira amostra foi coletada na nascente do segundo afluente do córrego principal, na divisa com a propriedade situada ao sul da área de estudo (nomeada como Nascente 2). E a quarta e última amostra foi retirada no trecho final do córrego dentro da propriedade (intitulada Final do Córrego), visando aferir a condição da água ao sair da propriedade.

Os resultados analíticos encontram-se no quadro abaixo (Quadro 6) e evidenciam que apesar das águas não se enquadrarem como águas potáveis, são de excelente qualidade e apresentam parâmetros importantes como pH, cor e turbidez normais, e teores de metais pesados e Demandas Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO e DQO) baixos. Um parâmetro que merece ser ressaltado foi a ocorrência de coliformes termotolerantes nas quatro amostras analisadas. Este aspecto está diretamente associado a presença de bovinos aos cursos d'água, visto que não existem residências humanas no local. Além disso, este foi o principal aspecto que inviabilizou as nascentes de serem caracterizadas como de água potável.

Um outro aspecto que merece destaque no tocante aos recursos hídricos é a questão do assoreamento do leito do córrego principal. O volume de sedimentos preenchendo o fundo do leito do córrego é considerável e está intimamente associado com os diversos pontos de erosão encontrados na propriedade. Dessa forma apesar de não se ter contabilizado o processo de assoreamento, procurou-se agir dentro das propostas sugeridas no sentido de sanar esta dejeção excessiva de sedimentos por parte das encostas circundantes ao leito do córrego.

Quadro 6. Dados referentes aos parâmetros analisados nas amostras de água.

Parâmetros		Nascente 1	Nascente 2	Corrego Principal	Final do Corrego
Coliformes Termotolerantes	Resultado	92	84	176	32
	Unidade	UFC/100ml	UFC/100ml	UFC/100ml	UFC/100ml
	Referência	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml
Coliformes Totais	Resultado	Ausência em 100ml	< 5	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml
	Unidade	UFC/100ml	UFC/100ml	UFC/100ml	UFC/100ml
	Referência	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml	Ausência em 100ml
Cor Aparente	Resultado	< 5	< 5	< 5	< 5
	Unidade	uH	uH	uH	uH
	Referência	< 15	< 15	< 15	< 15
DBO	Resultado	2,111667	5,565	10,99	3,325
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Alumínio	Resultado	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cálcio	Resultado	< 5	< 5	< 5	< 5
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Cádmio	Resultado	< 0,005	< 0,005	0,7	< 0,005
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo	Resultado	< 0,05	< 0,05	0,1	< 0,05
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobre	Resultado	0,14	0,14	0,21	0,14
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 2	< 2	< 2	< 2
Ferro	Resultado	0,99	0,41	0,27	0,85
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Potássio	Resultado	3,43	2,03	2,1	2,52
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Magnésio	Resultado	< 5	< 5	< 5	< 5
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Manganês	Resultado	0,19	< 0,1	0,18	0,1
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sódio	Resultado	4,48	6	3,3	4,5
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 200	< 200	< 200	< 200
Níquel	Resultado	0,09	0,08	0,16	0,08
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Chumbo	Resultado	0,08	0,1	0,22	0,18
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zinco	Resultado	< 0,1	< 0,1	0,11	< 0,1
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	< 5	< 5	< 5	< 5
Boro	Resultado	0,17	0,15	0,24	0,14
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Cobalto	Resultado	0,06	0,05	0,07	0,06
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Fósforo Total	Resultado	0	0,02	0	0
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
DQO	Resultado	10,87	12,32	15,58	17,75
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-
Molibdênio	Resultado	0	0	< 0,1	0
	Unidade	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	Referência	-	-	-	-

Fonte: O autor

## **6.6 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS E AÇÕES PROPOSTAS**

### **6.6.1 Identificação das áreas prioritárias**

Esta etapa do trabalho foi norteadada pelo objetivo principal que é proporcionar a melhoria nas condições dos recursos hídricos presentes na propriedade. Dessa forma, buscou-se a partir das informações levantadas pela interpretação do MDT, curvas de nível e ortomosaico, elencar as áreas que pudessem de fato impactar positivamente o córrego principal e seus afluentes.

Os estudos de solo e relevo possibilitaram identificar a área de maior importância no processo de recarga hídrica da drenagem local. Esta área encontra-se localizada na região mais a montante do córrego, e representa a zona de maior impacto, positivo ou negativo, na qualidade e quantidade de água disponibilizada pelo córrego às porções mais baixas da propriedade em questão.

Dentro da área prioritária deu-se destaque às zonas de convergência de escoamento superficial e aos pontos de erosão diagnosticados dentro da mesma, para implantação das ações propostas visando melhorar o processo de infiltração de água no solo e a minimização do carreamento de sedimentos para o córrego.

### **6.6.2 Ações propostas**

Diante do quadro diagnosticado e dos objetivos propostos definiram-se as ações com maior potencial de gerar resultados positivos no processo de melhoria e preservação dos recursos hídricos da propriedade. As ações propostas foram: 1- Construção de bacias de infiltração (bolsões de infiltração); 2- Construção de represas em pontos estratégicos; 3- Estabelecimento de curvas de nível; 4- Plantio de árvores nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar.

#### **6.6.2.1 Construção de bacias de infiltração (bolsões de infiltração)**

As bacias ou bolsões de infiltração constituem uma técnica muito comum em obras de conservação de solo no âmbito de estradas rurais. Trata-se de escavações feitas no solo em pontos estratégicos para recolher a água de escoamento superficial, possibilitando assim o armazenamento temporário desta água e sua posterior infiltração no solo de forma lenta e gradual.

O emprego da técnica das bacias de infiltração na propriedade, no entanto, não se deu

em áreas demarcadas por estradas, mas sim em zonas de convergência de fluxo, que são porções côncavas do terreno onde o escoamento superficial se concentra. As formas côncavas possibilitam a convergência do fluxo de escoamento superficial de toda a água que não infiltra no solo. Esta convergência permite que o fluxo ganhe mais volume e velocidade a medida que se desloca pelas vertentes. Este fluxo volumoso e veloz por sua vez, é o principal agente erosivo em regiões de clima tropical úmido.

No âmbito da área prioritária para intervenções definiu-se 6 pontos com estas características para a alocação de bacias de infiltração.

#### **6.6.2.2 Construção de represas em pontos estratégicos**

As represas são reservatórios que objetivam manter um volume maior de água dentro dos limites da propriedade rural. A construção de represas possibilita gerar zonas localizadas mais úmidas que modificam parâmetros microclimáticos no seu entorno, possibilitando assim condições mais favoráveis para todo um grupo de indivíduos da fauna e flora adaptados a este ambiente. Além disso, funcionam como grandes reservatórios de água, possibilitando assim bombeamento ou uso desta por queda livre (gravidade) quando há desnível suficiente. Ambos os aspectos supracitados aumentam as possibilidades de uso e aproveitamento da água na propriedade rural.

Dentro dos limites da área de estudo foram definidos dois pontos estratégicos para a construção de represas, visando criar reservatórios que pudessem modificar as condições microclimáticas, e principalmente que mantivessem a água dentro da propriedade o maior tempo possível. A primeira represa foi sugerida para ser alocada no primeiro afluente do córrego principal, em um local onde já existiu uma represa a alguns anos atrás. Já a segunda represa foi alocada no segundo afluente do córrego principal, em um ponto do mesmo onde havia condições favoráveis e que se encontrava altamente assoreado por descargas sucessivas de sedimentos ao longo dos anos.

#### **6.6.2.3 Estabelecimento de curvas de nível**

A construção de curvas de nível é outra técnica já consagrada no manejo e conservação de solos. Constituem alinhamentos de pontos no terreno que se encontram nivelados que são dispostos de forma contrária ou perpendicular ao fluxo do escoamento superficial. Assim, a medida que o fluxo do escoamento vai se deslocando ao longo da vertente as curvas de nível atuam interrompendo ou retardando o fluxo, diminuindo assim a velocidade do mesmo e

possibilitando que parte da água se infiltre em ao longo das curvas.

O estabelecimento de curvas de nível na área de intervenção prioritária foi indicado através da reativação de curvas de nível antigas, que apesar de não estarem eficientes atualmente, já se encontravam definidas no terreno, tornando assim o trabalho menos oneroso. Além disso, foram reativadas as curvas na porção de terra central entre os dois principais afluentes do córrego principal, visando assim possibilitar uma melhor infiltração de água na zona diretamente ligada à recarga hídrica destes afluentes, além de minimizar significativamente a quantidade de sedimentos que chegam ao córrego via escoamento superficial.

#### **6.6.2.4 Plantio de árvores nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar**

As árvores são as grandes responsáveis pela potencialização do ciclo hidrológico em pequena, média e grande escala. Além do efeito já bem conhecido de transpiração que possibilita a ascensão de água presente no solo, pelos capilares vegetais até que acesse a zona foliar e possa retornar à atmosfera, as raízes profundas funcionam como verdadeiras galerias no solo que potencializam a infiltração de água em zonas mais profundas do solo. Dessa forma, as árvores são imprescindíveis para otimização da entrada, manutenção e disponibilização de água em uma propriedade rural.

Como praticamente todo o território da área de estudo está coberto por pastagens, salvo pequenos remanescentes de mata ciliar e a presença de indivíduos arbóreos isolados em meio as pastagens, este processo de recarga hídrica não vem sendo tão eficiente já há algum tempo. Portanto optou-se por proporcionar o aumento do número de árvores na área de maior interesse para recarga hídrica.

Os locais escolhidos para alocação das árvores foram as curvas de nível reestabelecidas no terreno, bem como o entorno das bacias de infiltração e alguns locais onde a floresta ciliar encontrava-se pouco espessa.

A seleção das espécies para o reflorestamento das respectivas áreas baseou-se em dados já presentes em literatura, além da experiência já consolidada da equipe técnica e obviamente da disponibilidade existente nos viveiros da região. Outro critério adotado para a seleção das espécies foi a função ecofisiológica das mesmas, aspecto este diretamente ligado à sucessão natural de espécies. Desta forma buscou-se uma composição de espécies que preenchesse o aspecto temporal trabalhando principalmente com plantas pioneiras, secundárias iniciais e tardias, e clímax. Abaixo encontra-se a lista das espécies utilizadas.

Nos plantios foram utilizadas mudas de cerca de 30 a 50 cm de altura, a depender da espécie, e sementes de algumas outras espécies conforme descrito também na lista abaixo. Foram adquiridas cerca de 2.600 mudas, sendo praticamente todas plantadas nas áreas selecionadas, optando-se por realizar futuramente um breve inventário florestal para levantamento concreto de quantas plantas deste total realmente se estabeleceram na propriedade. O espaçamento de plantio das mudas na curva de nível foi de 3 metros entre plantas, já as sementes entraram em berços preparados entre duas mudas, seguindo conseqüentemente o mesmo espaçamento de 3 metros. Já nas áreas de pastagem e ou mata ciliar o espaçamento oscilou entre 4 a 5 metros entre mudas, visto que a limpeza da vegetação para abertura dos berços de plantio foi feita pelo trator (retroescavadeira), e dessa forma não foi possível fazer um espaçamento padronizado.

Um aspecto muito importante neste plantio foi a utilização de sementes de plantas de adubação verde entre as mudas e sementes plantadas. As plantas de adubação verde foram sugeridas para atuar como plantas companheiras, afim de gerar biomassa, trabalhar o solo do ponto de vista dos sistemas radiculares, promover a fixação biológica de Nitrogênio e amenizar a incidência de radiação solar e vento nas mudas em desenvolvimento. As espécies utilizadas para desempenhar esta função foram o feijão guandu (*Cajanus cajan*), a crotalária (*Crotalaria sp.*) e o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*).

### **Lista de mudas das espécies recomendadas para o reflorestamento da da área de estudo**

Plantas Pioneiras Tamboril – (*Enterolobium maximum Ducke*)

Mutamba – (*Guazuma ulmifolia*)

Pororoça – (*Rapanea gardneriana*)

Sangra d'água – (*Croton urucurana*)

Aroeira mansa – (*Schinus terebinthifolius Raddi*)

Angico Jacaré – (*Piptadenia gonoacantha*)

Pata de vaca – (*Bauhinia variegata*)

Canafistula – (*Peltophorum dubium*)

Tucaneira – (*Citharexylum myrianthum*)

Amora – (*Morus sp.*)

### **Plantas Secundárias**

Moringa – (*Moringa oleífera*)

Ipê caraíba – (*Tabebuia aurea*)



Ipê roxo – (*Handroanthus avellaneda*)

Ipê amarelo – (*Handroanthus albus*)

Guapeva – (*Pouferia sp*)

### **Clímax**

Jatobá – (*Hymenaea courbaril*)

Bálsamo – (*Myrocarpus frondosus*)

Gonçalo Alves – (*Astronium fraxinifolium*)

Guanandi – (*Calophyllum brasiliense Cambess*)

### **Lista de sementes das espécies recomendadas para o reflorestamento da área de estudo**

Sucupira Preta – (*Bowdichia virgilioides*)

Aroeira – (*Myracrodruon urundeuva*)

Tingui – (*Magonia pubescens A. St.-Hil.*)

Jacarandá do Cerrado – (*Machaerium villosum*)

Garapa – (*Apuleia leiocarpa*)

Vinhático – (*Plathymenia*)

Baru – (*Dipteryx alata*)

Mutamba – (*Guazuma ulmifolia*)

Ipê Rosa – (*Handroanthus heptaphyllus*)

## **6.7 EXECUÇÃO E RESULTADO DAS AÇÕES PROPOSTAS**

As propostas que foram apresentadas pela equipe técnica foram avaliadas em conjunto com os proprietários do local e a partir desta avaliação selecionou-se aquelas que eram viáveis de serem implementadas no período chuvoso 2019/2020. Os encaminhamentos no sentido de realização ocorreram a partir de meados do mês de outubro de 2019. Abaixo encontra-se uma breve descrição da forma em que as propostas foram efetivamente implementadas na área de estudo.

### **6.7.1 Construção de bacias de infiltração (bolsões de infiltração)**

Foram implementadas 5 bolsões de infiltração na área prioritária para recarga hídrica, além de mais 2 que por questões de aproveitamento logístico das máquinas, foram construídas

na porção mais baixa da propriedade próximo ao ambiente de colinas baixas suavizadas e da rampa coluvionar de sedimentos arenosos. Os 7 bolsões de infiltração foram alocados em porções côncavas afim de reter o fluxo convergente do escoamento superficial, temos nas Figuras 15 A, B, C e D exemplos das bacias de infiltração. Logo após o estabelecimento dos bolsões de infiltração, pôde-se facilmente visualizar a efetividade da proposta implementada, pois, com as primeiras chuvas ocorridas no mês de outubro/novembro os bolsões ficaram bem cheios de água proveniente do escoamento superficial. Dessa forma, um enorme volume de água que chegaria rapidamente ao córrego, e dele seguiria para o rio Bagagem que representa o nível de base local, ficaram retidas nos bolsões de infiltração. Juntamente com este volume de água constatou-se também a chegada de um volume considerável de sedimentos que tiveram seu ponto final nos bolsões e não no córrego, minimizando assim o processo de assoreamento do mesmo.

Como etapa posterior deste estudo, indica-se a necessidade de se mensurar com dados de campo a eficiência dos bolsões de infiltração, principalmente no tocante a quantidade de água que chega aos mesmos, e quanto desta água efetivamente se infiltra no solo, promovendo assim a recarga hídrica efetiva das nascentes locais.

Figura 15A - Bacia de infiltração



Fonte: O autor

Figura 15B - Bacia de infiltração



Fonte: O autor

Figura 15C - Bacia de infiltração



Fonte: O autor

Figura 15D - Bacia de infiltração



Fonte: O autor

### 6.7.2 Construção de represas em pontos estratégicos

As duas represas construídas, uma no primeiro afluente (Figuras 16 e 17) e a outra no segundo afluente do córrego principal (Figuras 18 e 19), também se mostraram uma técnica extremamente favorável para a manutenção da água por mais tempo na propriedade em questão. Este fato se confirmou pelos níveis das represas que se encheram rapidamente com as primeiras chuvas, e que provavelmente se manterão ao longo dos meses subsequentes.

As represas criam conforme já mencionado um ambiente de maior umidade que possibilita à fauna e flora um microclima com condições especiais para o desenvolvimento de espécies específicas de ambientes mais úmidos. Este contexto vai tornando a área da propriedade mais enriquecida de vida, visto que a água é de fato o veículo da vida em nosso planeta. Obviamente estes efeitos ainda não são tão mensuráveis devido ao curto prazo de intervenção, mas acredita-se que em poucos anos estes efeitos serão visíveis.

O estabelecimento das represas possibilitou ainda dois enormes reservatórios de água a montante da área principal da chácara, permitindo assim estudos e implementações de projetos de irrigação que utilizem maiores volumes de água e com possibilidade técnica de uso desta água por queda livre, o que permite uma considerável economia com energia elétrica.

Figura 16: Início da construção da Represa do primeiro afluente do córrego principal.



Fonte: O autor

Figura 17: Represa do primeiro afluente do córrego principal.



Fonte: O autor

Figura 18: Início da construção da Represa do segundo afluente do córrego principal.



Fonte: O autor

Figura 19: Represa do segundo afluente do córrego principal



Fonte: O autor

### 6.7.3 Estabelecimento de curvas de nível

As análises feitas sobre o ortomosaico de excelente resolução espacial, o MDS e as curvas de nível foram primordiais para a reativação das curvas de nível já existentes, que se mostraram muito efetivas na melhoria da retenção do fluxo do escoamento superficial (Figuras 20), possibilitando maior infiltração de água no solo e retenção de sedimentos que iriam assorear o córrego. Pois, a partir das primeiras chuvas já foi possível visualizar acúmulo de água e sedimentos ao longo das curvas, já estabelecidas (Figuras 21). Além disso, o revolvimento de solo promovido na construção das curvas, gerou uma extensa área propícia ao plantio de árvores (mudas e sementes), visto que a vegetação atual de gramíneas foi removida. Sendo assim, minimizou-se o valor empregado na mão de obra, bem como o gasto energético no preparo da superfície para plantio das árvores de reflorestamento. As curvas de nível então acabaram por cumprir uma dupla função: contenção do fluxo de escoamento superficial; e preparo de superfície para plantios de reflorestamento.

Figura 20: Construção das curvas de nível



Fonte: O autor

Figura 21: Curvas de nível já estabelecidas



Fonte: O autor

#### **6.7.4 Plantio de árvores nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar**

O plantio das mudas e sementes foi iniciado no dia 02 de novembro de 2019, com a realização de um mutirão familiar. Esta foi uma iniciativa dos proprietários do local que optaram pelo envolvimento dos familiares como forma de aproximação dos mesmos às atividades que vinham sendo desenvolvidas na área de estudo. Esta opção se mostrou extremamente interessante pois além de otimizar bastante o trabalho, acabou por criar um vínculo mais próximo dos familiares com o trabalho em desenvolvimento assim como com o território da área como um todo.

Foram plantadas ao todo cerca de pouco mais de 2.500 mudas, e uma quantidade considerável de sementes de árvores nativas. O preparo dos berços foi feito manualmente utilizando-se como adubação cerca de 2 litros de esterco de curral, 300 gramas de superfosfato simples e 200 gramas de calcário dolomítico (Figuras 22). O espaçamento adotado entre mudas foi de 3 metros, e em curvas de nível muito largas foi adotado estabelecimento de duas filas de árvores por curva de nível (Figuras 23).

Os adubos verdes foram plantados em meio às mudas de forma misturada, e em uma densidade de cerca de 30 sementes por metro linear (Figuras 24).



Como próximo passo seria interessante elaborar um levantamento sistemático das mudas que realmente se fixaram no solo, bem como das sementes de plantas nativas que germinaram e se estabeleceram bem, afim de conhecer com mais detalhes a população de plantas que efetivamente irá compor a área reflorestada na área de estudo.

Figura 22 - Preparo dos berços para o plantio das mudas nativas.



Fonte: O autor

Figura 23 - Plantio das mudas de árvores nativas nas curvas de nível



Fonte: O autor

Figura 24: Mudanças das plantas nativas já plantadas juntamente com adubos verdes já germinados.



Fonte: O autor

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de se realizar um diagnóstico ambiental a nível de detalhamento que corresponda à tomadas de decisões mais acertivas relacionadas ao uso da terra, principalmente em propriedades rurais que estejam inseridas em porções estratégicas de microbacias hidrográficas, se mostra de extrema importância ao passo que a realidade ambiental da área de estudo não é muito diferente da maioria das propriedades da região, que por aspectos culturais e históricos, prestam-se praticamente ao desenvolvimento da atividade de pecuária extensiva.

A aplicação de VANT's com o intuito de avaliar o potencial do ortomosaico e o modelo digital de superfície, que são os principais produtos obtidos a partir do processamento de suas imagens, na análise ambiental vem se desenvolvendo em larga escala, pelo fato desta tecnologia apresentar um custo benefício muito viável, quando se considera a alta resolução espacial e temporal do ortomosaico. Os métodos usados para a aplicação nesse projeto se mostraram promissores, afirmando a hipótese de distinção de valores espectrais do solo, água e vegetação o que facilitou a correlação dos diferentes tipos de geombientes com seu tipo de solo, otimizando dessa forma o zoneamento agroambiental da área de estudo.

Os resultados se mostraram satisfatórios, visto que a ortofotocarta gerada com GSD de 5,93cm possibilitou a confecção de bases cartográficas e mapas temáticos de excelente qualidade e escala compatível com tomada de decisões à nível de microbacias hidrográficas.

Sendo possível alocar os pontos de coleta das amostras representativas de solo e água, estratificar a área de estudo em 12 unidades de mapeamento de solos e 13 tipos de geoambientes diferentes, a partir daí foi possível separar a área total da propriedade em 5 zonas agroambientais além da área construída. Este aspecto favorece a obtenção de planejamentos mais eficazes das atividades a serem desenvolvidas, conciliando melhor o aproveitamento dos recursos naturais com a preservação ambiental.

A excelente resolução da ortofotocarta possibilitou ainda quantificar com precisão a área erodida da propriedade rural, sendo que foram 28 focos erosivos que perfazem uma área total de 5.737,69 m<sup>2</sup>. Esta base cartográfica proporcionou ainda a confecção de mapas temáticos que permitiram propor e alocar um conjunto de propostas para conservação de solo e água, aplicáveis à realidade ambiental da área de estudo.

Portanto, buscou-se a partir das informações levantadas pela interpretação do MDT, curvas de nível e ortomosaico, elencar as áreas que pudessem de fato impactar positivamente a recarga hídrica do córrego principal e seus afluentes. Diante do quadro diagnosticado e dos objetivos propostos definiram-se as ações com maior potencial de gerar resultados positivos no processo de melhoria e preservação dos recursos hídricos da propriedade, sendo elas a construção de bacias ou bolsões e infiltração, represas em pontos estratégicos, estabelecimento de curvas de nível e o plantio de árvores nas curvas de nível e em zonas com funções de recarga hídrica ou de proteção ciliar.

Finalmente, este estudo visa contribuir para a questão da análise e monitoramento ambiental a nível de grande detalhamento, do ponto de vista cartográfico, adequado para propriedades rurais inseridas em microbacias hidrográficas, especialmente pelo avanço e popularização do uso de VANT's como plataformas imageadoras associadas a sensores de baixo custo. Sendo assim, a execução do diagnóstico ambiental foi primordial para o estabelecimento das propostas apresentadas, pois permitiu um conhecimento acurado das características ambientais da área de estudo, bem como de seu estado atual. O sucesso das propostas implementadas, em muito se deve ao emprego dessa tecnologia de imageamento aéreo, que proporcionou a realização do diagnóstico ambiental em nível de detalhamento adequado sendo que, este projeto atingiu o objetivo esperado, contribuindo de fato com uma solução de baixo custo e excelente qualidade.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor**. BRASIL. 2017. Disponível em :<  
<http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>>.  
 Acesso em 14 abr. 2019.
- ALMEIDA, F. C.; FERREIRA, D. A. C. **GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A RECURSOS HÍDRICOS**. ANA 2012.  
<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/98?mode=full>>. Acesso em 06 abr. 2019.
- ALVES, Olinda De Lima Faria - **Planejamento e Controle de Missões de um Vant de Asa Fixa, Ministério da Defesa Exército Brasileiro Departamento de Ciência e Tecnologia Instituto Militar de Engenharia**. Mestrado em Engenharia Elétrica. Disponível em  
 <[http://www.pgee.ime.eb.br/pdf/olinda\\_alves.pdf](http://www.pgee.ime.eb.br/pdf/olinda_alves.pdf)>. Acesso em 12 de abr. 2019.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em:< <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 20 mar. 2019.
- ANGELOV, P. **Sense and Avoid in UAS: Research and Applications**. John Wiley & Sons, Disponível em:  
 <[http://marte.aslab.upm.es/redmine/files/dmsf/p\\_advise/161218114948\\_223\\_Angelov\\_-\\_Sense\\_and\\_Avoid\\_in\\_UAS.pdf](http://marte.aslab.upm.es/redmine/files/dmsf/p_advise/161218114948_223_Angelov_-_Sense_and_Avoid_in_UAS.pdf)>. Acesso em 24 de mar. 2019.
- ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. **Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo**. Revista do Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo, v.10, n.2, p.185-196, 1998.
- BATISTA, G. **Apostila introdutória de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2003. 52p. Disponível em:  
 <<https://goo.gl/XPpnyf>> Acesso em: 11 abri. 2019.
- BATISTA, T. G; DIAS, W. N. **Introdução ao Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens**. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), 2004.
- BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. **Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA**. Revista Acta amazônica, 35: 239 – 247, 2005.  
 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n2/v35n2a14>> Acesso em: 15 abr. 2019.
- CIDADE BRASIL. **Cidade-brasil/Município Estrela do Sul**. Disponível em : <  
<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-estrela-do-sul.html>> Acesso em: 01 maio. 2019.
- COELHO, L.; BRITO, J. N. **FOTOGRAMETRIA DIGITAL**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007. 196 p.
- CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). **Normativos Confea**. Brasil, São Paulo. 2017 Disponível em: <  
<http://www.creasp.org.br/>> Acesso em: 01 maio. 2019.
- DALMOLIN, Q. **PROJETO FOTOGRAMÉTRICO**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2005.

DELL. **Notebooks Inspiron**. Disponível em : <  
<http://www.dell.com/br/p/notebook?c=br&l=pt&s=dhs&~ck=mn> > Acesso em: 01 maio.  
 2019.

DINIZ, M.S. **Estudo da vulnerabilidade e modelagem ambiental para previsão de processos erosivos no entorno de reservatórios: O Estudo de Caso do Ribeirão Sarandi – UHE Corumbá IV, GO**. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2016.  
 Disponível em: <  
[file:///E:/Documents/Materias\\_UFU\\_1%C2%B0\\_2019/TCC\\_1/PROJETOS\\_REFERENCIA/GEOPROCESSAMENTO/2016\\_MarianaDosSantosDiniz\\_tcc\\_DINIZ.pdf](file:///E:/Documents/Materias_UFU_1%C2%B0_2019/TCC_1/PROJETOS_REFERENCIA/GEOPROCESSAMENTO/2016_MarianaDosSantosDiniz_tcc_DINIZ.pdf)>.  
 Acesso em 26 abr. 2019

DONADIO N. M. M.; GALBIATTI J. A.; PAULA R. P. de. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Palo, Brasil**. UNESP. 2005. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162005000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100013)>.  
 Acesso em 07 abr. 2019.

EIRIZ G. K. **As possibilidades de utilização do veículo aéreo não tripulado (VANT) no Exército Brasileiro**. Disponível em:  
 <[http://www.eceme.ensino.eb.br/eceme/index.php/component/docman/cat\\_view/77-publicacoes/92-padeceme-on-line/98-2008/107-desenvolvimento-dadoutrina](http://www.eceme.ensino.eb.br/eceme/index.php/component/docman/cat_view/77-publicacoes/92-padeceme-on-line/98-2008/107-desenvolvimento-dadoutrina)> Acesso em:  
 14 de março de 2012.

EISENBEISS, H. **The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping**. 2009  
 Disponível em: < <https://phowo.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo11/140Eisenbeiss.pdf> >. Acesso em 28 abr. 2019

EISENBEISS, H. **VANT Photogrammetry**. Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences: 237. 2009. Disponível em: <  
[https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp/igp-dam/documents/PhD\\_Theses/105.pdf](https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp/igp-dam/documents/PhD_Theses/105.pdf) >. Acesso em 28 abr. 2019

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. Disponível em: <  
[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf) >. Acesso em 11 abr. 2019

EMBRATOP. **Locação**. Disponível em: < <http://www.embratop.com.br/>>. Acesso em : 02 maio. 2019.

ESPINHOSA, D.R.S. **INFLUÊNCIA DA INJUNÇÃO DA BASE NA FOTOTRIANGULAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS COM UMA UNIDADE DE MAPEAMENTO MÓVEL**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Unesp, Presidente Prudente, 2006.  
 Disponível em: <[http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d\\_espinhosa\\_drs.pdf](http://www2.fct.unesp.br/pos/cartografia/docs/teses/d_espinhosa_drs.pdf)>.  
 Acesso em: 27 mar. 2019.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de SubBacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATERMG. 1994. 24p.

FONTES, A. A. C. L. **Fundamentos de Aerofotogrametria Aplicada a Topografia**. Universidade Federal da Bahia, Departamento de Transportes, 2005. Disponível em: < <http://www.topografia.ufba.br/nocoos%20de%20aerofotogrametriapdf.pdf>>. Acesso em 16 abr. 2019.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. (LIVRO INPE)

GEODRONES. **Agricultura de Precisão. Mapeamento com Drones para Agricultura de Precisão**. Disponível em: < <http://geodrones.com.br/aplicacoes/agricultura/>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

GUERRA, A. J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S.B., organizadores. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995. 2a ed. p. 149-207. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/20020075/guerra-1994>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

HADDAD, P.R. **Clusters e desenvolvimento regional no Brasil**. Revista Brasileira de Competitividade, ano 1, nº 2, agosto/novembro 2001.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_sen.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html)>. Acesso em 14 abr. 2019.

LABRAS – **Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas LTDA**. Av. Laerte Canedo, 1700 – Jardim Zenith – CEP: 38.500-000 – Monte Carmelo, MG.

LEITE, M.E.; LEITE, M.R.; CLEMENTE, C. M. S. 2010. **O uso do solo e o conflito por água no alto rio Riachão – norte de minas gerais: uma análise Auxiliada pelas geotecnologias**. Revista Geográfica Acadêmica, 4(1): 46 – 55. Disponível em: < <http://132.248.9.34/hevila/Revistageograficaacademica/2010/vol4/no1/4.pdf>>. Acesso em 03 mai. 2019.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007. v. 1. 908 p.

LONGHITANO, G. A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes – Geoprocessamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: < [file:///C:/Users/Herberth/Downloads/Dissertacao\\_George\\_Alfredo\\_Longhitano.pdf](file:///C:/Users/Herberth/Downloads/Dissertacao_George_Alfredo_Longhitano.pdf)>. Acesso em: 11 abr. 2019.

MARTEN, G.H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, 2002. Disponível em: < [http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3\\_n4/artigo2.pdf](http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf)>. Acesso em: 04 mai. 2019.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. BRASÍLIA: CNPQ, 2012.

Disponível em: <<http://migre.me/tIIsb>> Acesso em 25 mar 2019.

NAIME, João de Mendonça et al. **Agricultura de Precisão**. São Carlos: Cubo, 2014. 73 p.

NASA. **Earth Observations and the Role of UAVs**. 2006. Disponível em: <[https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/175939main\\_Earth\\_Obs\\_UAV\\_Vol\\_1\\_v1.1\\_Final.pdf](https://www.nasa.gov/centers/dryden/pdf/175939main_Earth_Obs_UAV_Vol_1_v1.1_Final.pdf)> Acesso em 25 mar 2019.

NETO, Arlindo Bastos M., **A análise do emprego do veículo aéreo não tripulado (VANT) nas ações e operações PM** - Universidade do Estado da Bahia e Academia de Polícia Militar do Curso de Especialização em Segurança Pública, 2009, Salvador. Disponível em <http://www.ecsbdefesa.com.br/defesa/fts/VANT.pdf>> Acesso em 27 mar 2019.

NEWCOME, L.R. **Unmanned aviation: A brief history of unmanned aerial vehicles**. Reston, Va.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004. Disponível em [https://books.google.com.br/books?id=HH\\_VZID81rkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ViewAPI&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.br/books?id=HH_VZID81rkC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ViewAPI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)> Acesso em 29 mar 2019.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2010. 387 p.

PAULINO, L. A., CARNEIRO, A. F. T. **Base de dados gráficos para Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)**. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC 98, UFSC, Florianópolis, 1998.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias Hifrográficas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: [file:///E:/Documents/Materias\\_UFU\\_1%C2%B0\\_2019/TCC\\_1/PROJETOS\\_REFERENCIA/BACIA%20HIDROGRAFICA/Gest%C3%A3o%20de%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas.html](file:///E:/Documents/Materias_UFU_1%C2%B0_2019/TCC_1/PROJETOS_REFERENCIA/BACIA%20HIDROGRAFICA/Gest%C3%A3o%20de%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas.html)> Acesso em 07 abr. 2019.

RAMOS, M. R.; CURCIO, G. R.; DEDECEK, A.; GOMES, J. B. V. **Levantamento de solos e caracterização de suas fragilidades e potencialidades**. Embrapa/CNA – Projeto Biomas. 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129826/1/2015-Gustavo-CBCS-Levantamento.pdf>> Acesso em 10 abr. 2019.

RANZINI, M. **Modelagem Hidrológica de uma Microbacia Florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL – Simulação do Comportamento Hidrológico em Função do Corte Raso**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 2002. Disponível em: <[file:///C:/Users/Herberth/Downloads/Tese\\_Ranzini\\_Mauricio.pdf](file:///C:/Users/Herberth/Downloads/Tese_Ranzini_Mauricio.pdf)> Acesso em 20 abr. 2019.

RESENDE, M.; CURI, N; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Microbacias Hidrográficas. In: Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa; NEPUT, 2002. 308 p.

ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCHER, P. C., KIMERLING, A. J., GUPTILL, S.C., **Elements of cartography**. John Wiley e Sons, INC. 6 th ed, 1995.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000. 200 p.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013. Disponível em:  
<[http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila\\_Geop\\_rrosa.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf)> Acesso em 04 abr. 2019.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Embrapa, Sete Lagoas, MG 2003, pag 17. Disponível em:  
<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/docume30ID-TUSBRYuXa7.pdf>>. Acesso em 14 de abr. 2019.

SANTOS, T.; FREIRE, S; FONSECA, A.; TENEDÓRIO. J. A. **Detecção de alterações em meio urbano baseada na comparação de elementos extraídos a partir de imagens de alta resolução espacial. Aplicação à área da Alta de Lisboa**. Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa. 2010. Disponível em: <  
[file:///C:/Users/Herberth/Downloads/2010\\_TeresaSantos\\_SFreire\\_AFonseca\\_JTenedorio\\_XIICIG.pdf](file:///C:/Users/Herberth/Downloads/2010_TeresaSantos_SFreire_AFonseca_JTenedorio_XIICIG.pdf)> Acesso em 20 abr. 2019.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. & ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5a ed. Viçosa: SBCS, 100p, 2005.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO W. L. **O USO DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAGAGEM – MG**. Simpósio Geomorfologia UFV, 2006. Disponível em:  
<[http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/026.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/026.pdf)> Acesso em 02 mai. 2019.

SILVEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. F. T.; PORTUGAL, J. L. **ESTRUTURAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**. Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart. 2008. Disponível em:  
<[https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII\\_CD/Organizado/cart\\_sig/076.pdf](https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/076.pdf)> Acesso em 31 mar. 2019.

**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**, Quinta edição. Embrapa, DF, 2018. Disponível em:  
[http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio\\_Attila/1s2018/livros/Sistema\\_Brasileiro\\_Classificacao\\_de\\_Solo-2018.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Attila/1s2018/livros/Sistema_Brasileiro_Classificacao_de_Solo-2018.pdf)> Acesso em 07 abr. 2019.

SOUZA E. R.; FERNANDES M. R. **SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS UNIDADES BÁSICAS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO SUSTENTÁVEIS DAS ATIVIDADES RURAIS**. Artigo Informe Agropecuário, Emater, 2008.  
TAHAR, K. N. **A New Approach On Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle**. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences Vol:13. 2012. Disponível em<



<https://pdfs.semanticscholar.org/8754/4dd70f8ad237eb0f7b2a0410f584bedf7327.pdf>>  
Acesso em 12 abr. 2019.

TOMMASELLI, Antonio M. G. **Fotogrametria Básica**. 2009. Disponível em:  
<[http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/891/introducao\\_a\\_fotogrametria.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf)>.  
Acesso em: 05 abri. 2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VITAL, G. T. D; FONSECA, M. L. P. F. **Plano Diretor Participativo de Estrela do Sul: o Turismo como Estratégia de Desenvolvimento Sustentável**. FECIV/UFU, 2010.

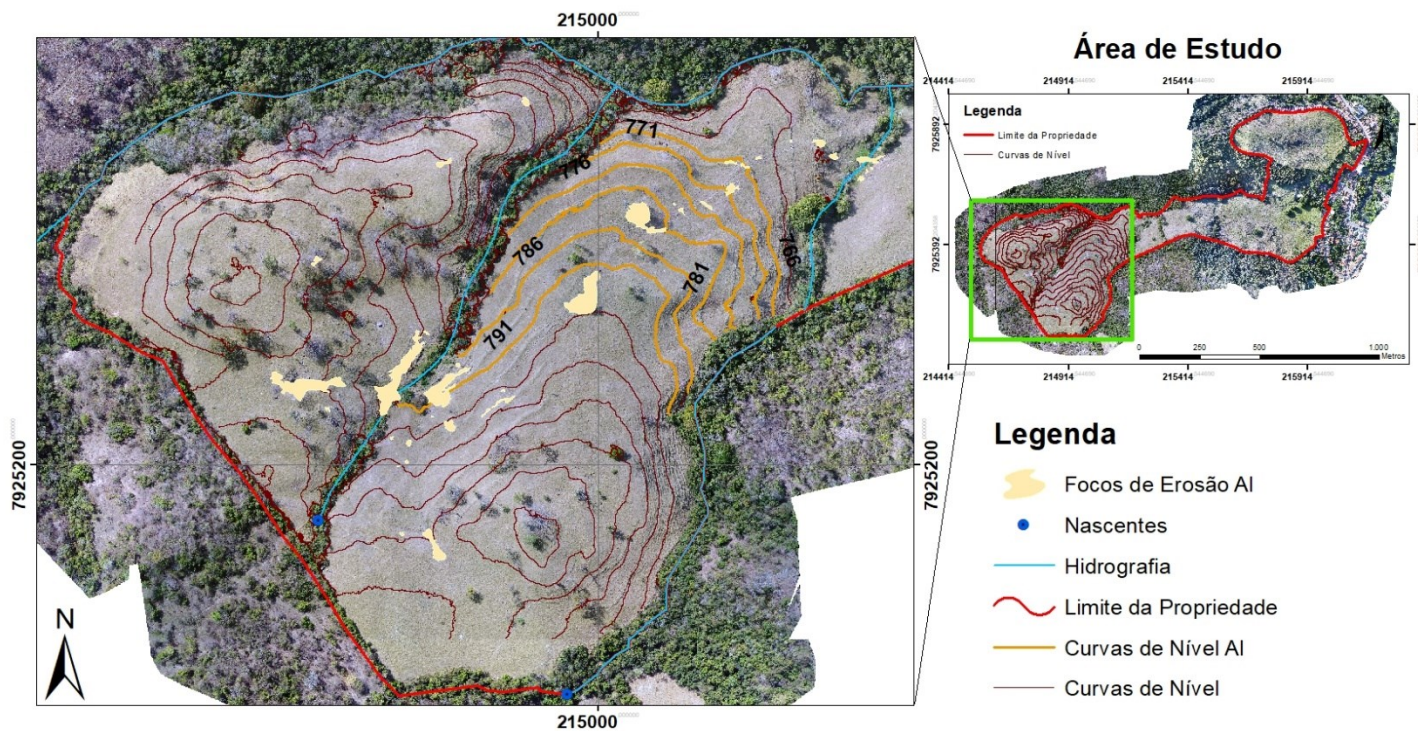
WOLF, P.R.; DEWITT, B.A. **Elements of Fotogrammetry: with Application in GIS**. 3rd edition. USA: McGraw-Hill, 2004.

ZANETTI, Juliette et al. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. 2017. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9808/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

## APÊNDICE

### APÊNDICE 1: Mapa da área prioritária de intervenção visando recarga hídrica

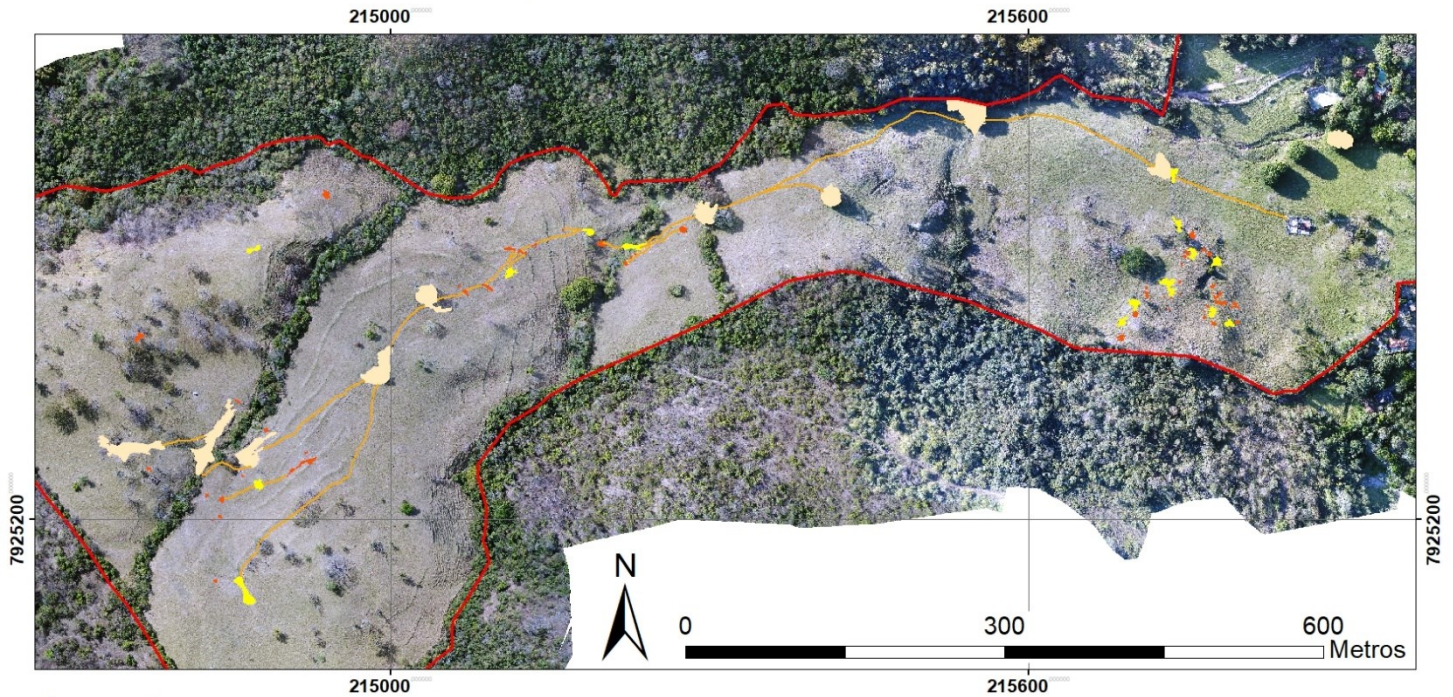
#### Zona Principal de Recarga Hídrica - Área de Intervenção 2019/2020



Atributo	Área (m <sup>2</sup> )	Comprimento (m)
Focos Erosivos AI	3.176,69	-
Curvas de Nível AI	-	7.021,64

## APÊNDICE 2: Mapa dos Focos Erosivos

### Mapa dos Focos Erosivos



#### Legenda

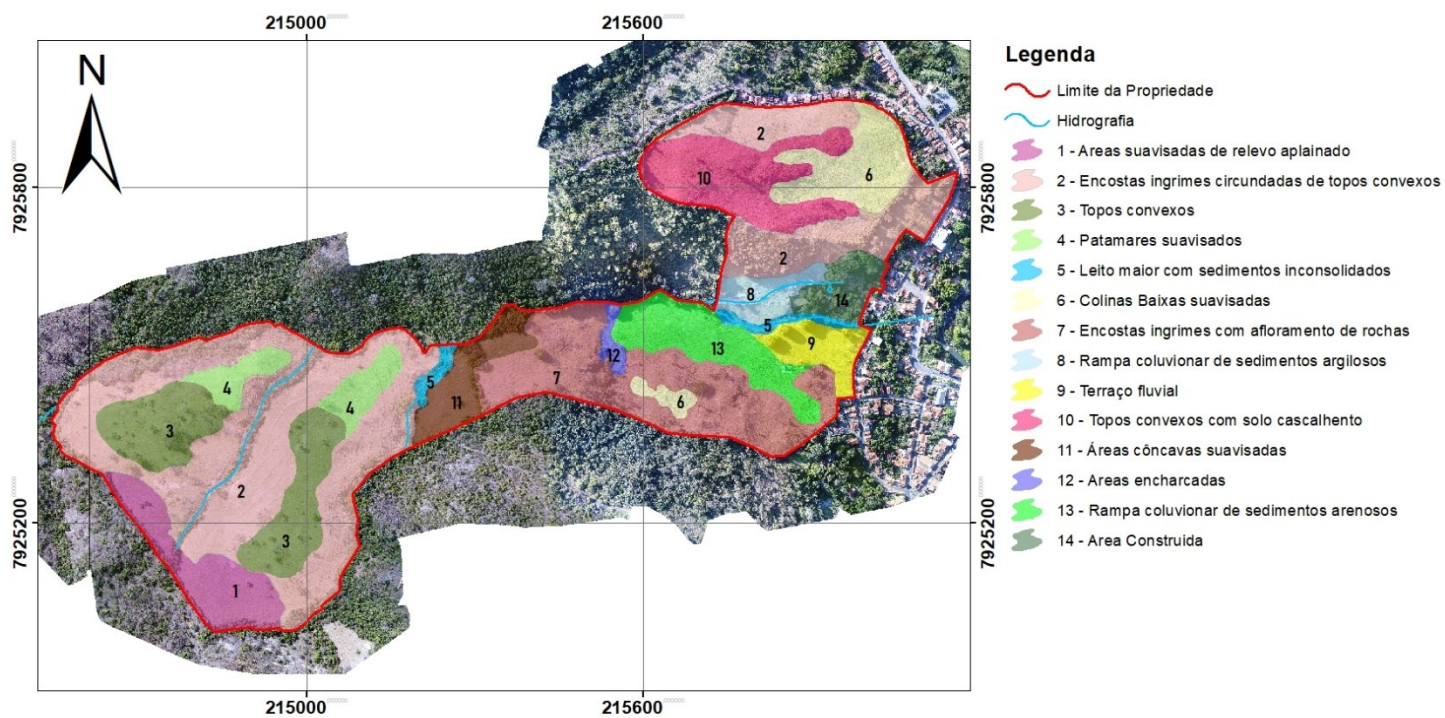
	Limite da Propriedade	<b>Classes de Erosão</b>
	Trilha de Boi	<b>Classes (m²)</b>
		 0,92 - 32
		 33 - 157
		 158 - 668

**Área de Erosão Total = 5.737,69 m<sup>2</sup>**

Sistema de Coordenadas Planas UTM  
 Sistema de Referência: SIRGAS2000 23S  
 Fonte: Lab. de Sensoriamento Remoto UFU (2019);  
 Autor (2019)  
 Elaborado por: Maia H. M. (2019)

### APÊNDICE 3: Mapa de Geoambientes

## Mapa de Geoambientes - Área de Estudo

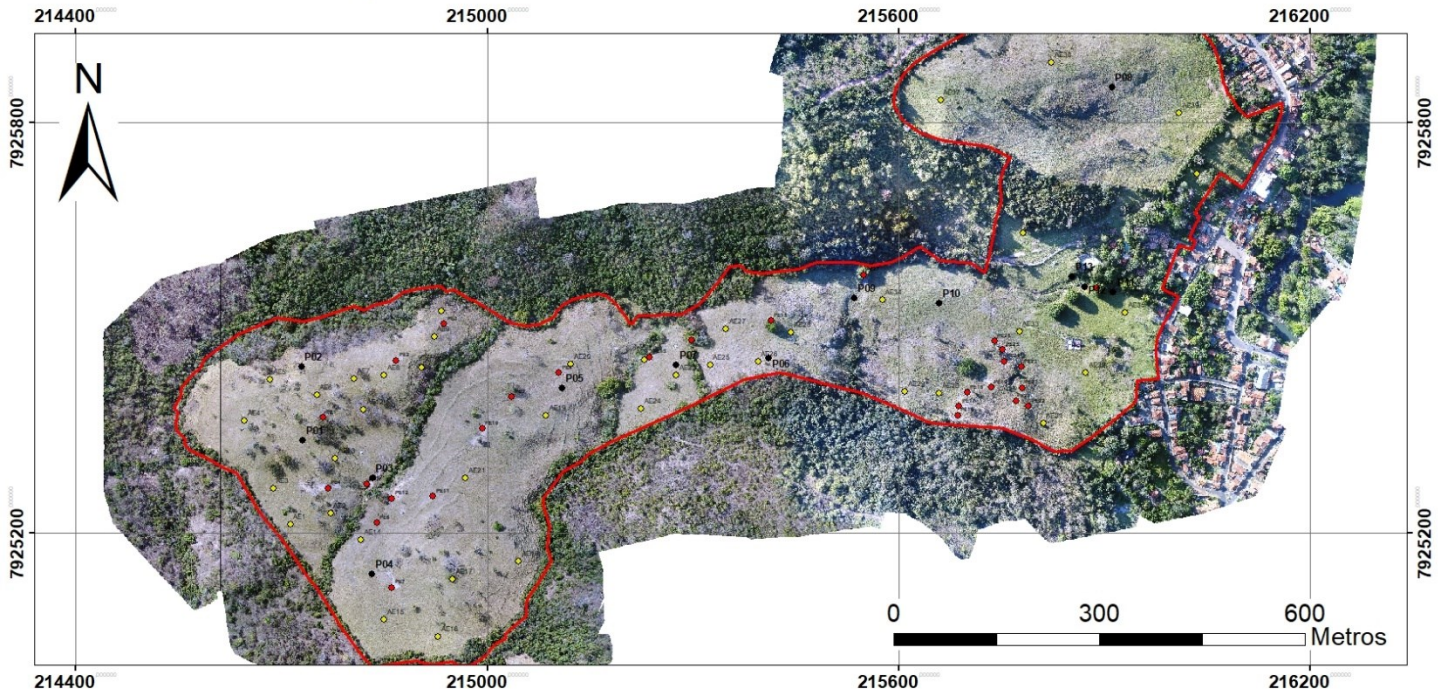


**Sistema de Coordenadas Planas UTM**  
**Sistema de Referência: SIRGAS2000 23S**  
**Fonte: Lab. de Sensoriamento Remoto UFU (2019);**  
**Autor (2019)**  
**Elaborado por: Maia H. M. (2019)**

0 300 600 1.200  
 Metros

## APÊNDICE 4: Mapa com os pontos de amostras de solo coletadas

### Mapa dos Pontos de Amostras Coletadas



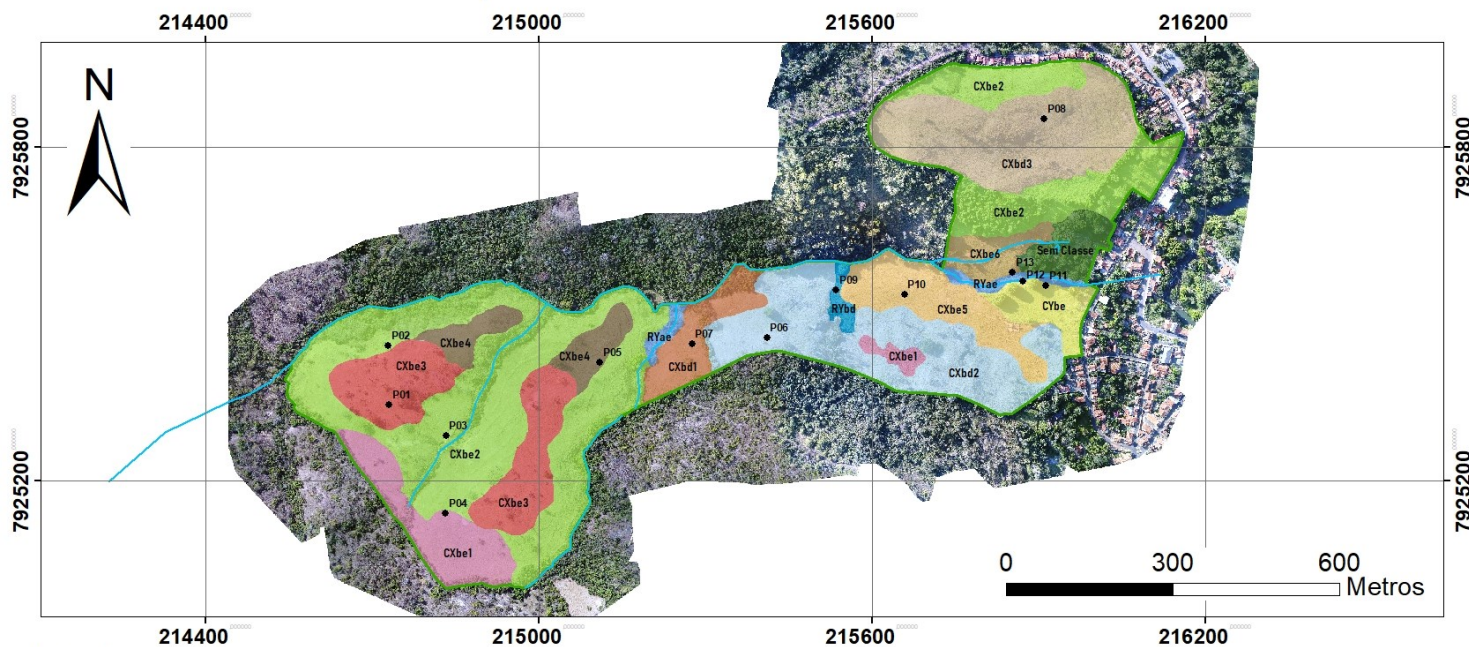
#### Legenda

- Perfis
- Amostras Extras
- Pontos de Erosão
- ~ Limite da Propriedade

Sistema de Coordenadas Planas UTM  
 Sistema de Referência: SIRGAS2000 23S  
 Fonte: Lab. de Sensoriamento Remoto UFU (2019);  
 Autor (2019)  
 Elaborado por: Maia H. M. (2019)

## APÊNDICE 5: Mapa de Solos

### Mapa de Solos - Área de Estudo



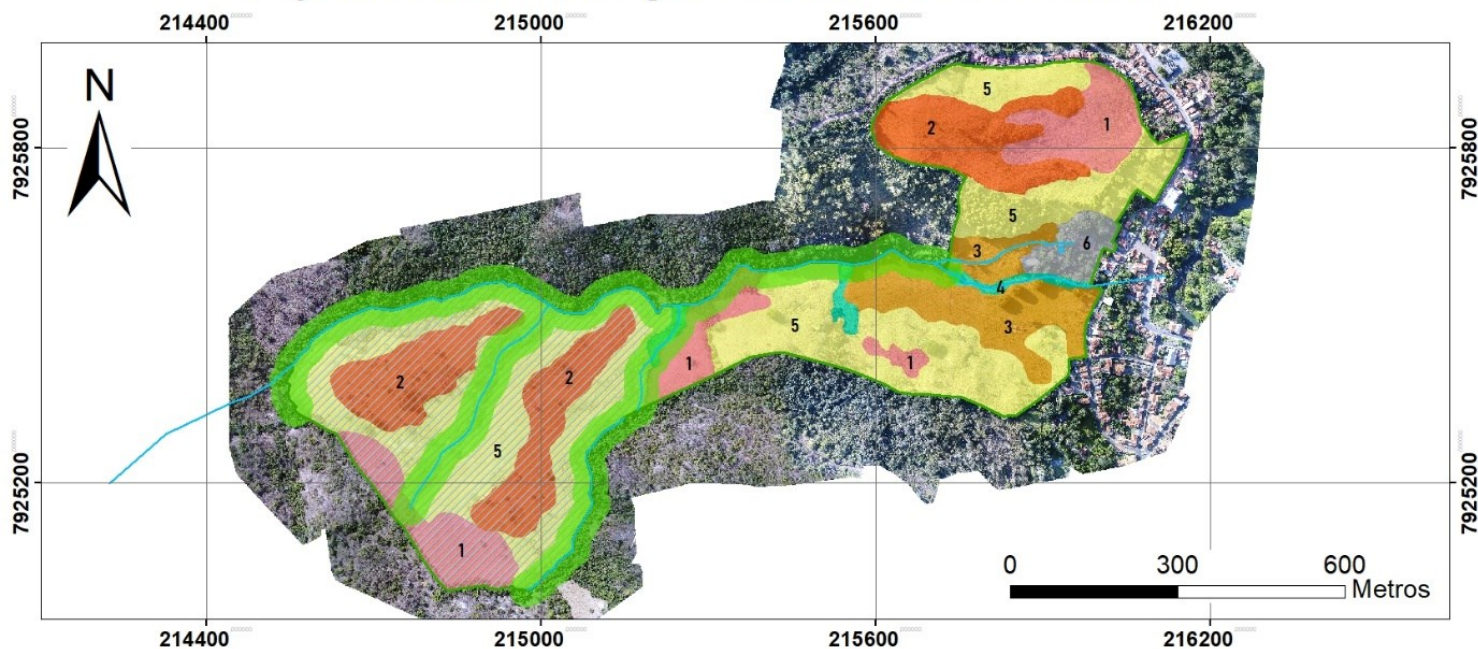
#### Legenda

- Perfis
  - ~ Hidrografia
  - ~ Limite da Propriedade
- Classes de Solo**
- CXbe1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano
  - CXbe2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado
  - CXbe3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado
  - CXbe4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Suave Ondulado
  - CXbe5 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano
  - CXbe6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado
  - CXbd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura média, relevo suave ondulado
  - CXbd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, A moderado, textura argilosa-arenosa, relevo forte ondulado
  - CXbd3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico, A moderado, textura argilosa, relevo Forte Ondulado
  - CYbe - CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano
  - RYae - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo plano
  - RYbd - NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico gleissólico, A moderado, textura média, relevo plano
  - SEM CLASSE

Sistema de Coordenadas Planas UTM  
 Sistema de Referência: SIRGAS2000 23S  
 Fonte: Lab. de Sensoriamento Remoto UFU (2019);  
 Autor (2019)  
 Elaborado por: Maia H. M. (2019)

## APÊNDICE 6: Mapa de Zoneamento Agroambiental.

### Mapa de Zoneamento Agroambiental - Área de Estudo



#### Legenda

- Hidrografia
- Limite da Propriedade
- APP - 30 m
- Zona Principal de Recarga Hídrica

#### Classes de Zoneamento

- 1 - Zonas adequadas para pastagem
- 2 - Zonas adequadas para pastagem arborizadas
- 3 - Zonas adequadas para pastagem manejada/cultivos mais intensivos
- 4 - Zonas de proteção ciliar de mananciais
- 5 - Zonas mais suscetíveis a processos erosivos adequadas para preservação
- 6 - Área Construída

Sistema de Coordenadas Planas UTM  
 Sistema de Referência: SIRGAS2000 23S  
 Fonte: Lab. de Sensoriamento Remoto UFU (2019);  
 Autor (2019)  
 Elaborado por: Maia H. M. (2019)