

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

AVALIAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIAIS PARA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E
ÁREAS DE CONFLITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO
LOURENÇO – ITUIUTABA/MG

LISIANE DA SILVA MENDES

UBERLÂNDIA-MG
2016

LISIANE DA SILVA MENDES

**AVALIAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIAIS PARA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E
ÁREAS DE CONFLITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO
LOURENÇO – ITUIUTABA/MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração Ciências Ambientais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Roberto Rosa

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M538a
2016

Mendes, Lisiâne da Silva, 1990-

Avaliação das áreas potenciais para preservação ambiental e áreas de conflito na bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG / Lisiâne da Silva Mendes. - 2016.

79 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Inclui bibliografia.

1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Geotecnologia ambiental - Teses.
3. Áreas de conservação de recursos naturais - Teses. 4. Solo - Uso -
Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 574

LISIANE DA SILVA MENDES

**AVALIAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIAIS PARA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL E
ÁREAS DE CONFLITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO
LOURENÇO – ITUIUTABA/MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração Ciências Ambientais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2016.

Prof^a. Dr^a. Mirna Karla Amorim da Silva

UFU

Prof. Dr. Arcênio Meneses da Silva

IFTM

Prof. Dr. Roberto Rosa
IG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

*Aos meus pais Maurício e Adélia e à minha
irmã Lígia que foram o alicerce para a
realização deste trabalho, dedico.*

Agradecimentos

A Deus, por me fazer forte durante as dificuldades enfrentadas nesses dois anos de mestrado.

Aos meus pais, Maurício e Adélia por terem me apoiado, e se dedicado a cada dia para a realização deste sonho. À minha irmã Lígia, pelo auxílio em várias etapas deste trabalho. Ao meu namorado Alan pelo carinho e companhia em momentos difíceis.

Aos colegas de mestrado, pelos aprendizados, principalmente à Márcia, pelos conselhos e horas de descontração.

À amiga Kelem e aos seus pais pelo acolhimento nos primeiros meses de mestrado, pelo auxílio na leitura deste trabalho e por todas as conversas e conselhos que me ajudaram quando a ansiedade tomava conta.

À amiga Emmeline pela prestatividade ao ler este trabalho e pelas longas conversas que me ajudaram muito a compreender o mundo e o ser humano.

À amiga Angélica pelo acolhimento nos primeiros meses em Uberlândia e pelo companheirismo e amizade que sempre demonstrou ter.

Às amigas e companheiras de laboratório Patrícia, Tatiana, Daniela e Mirna, pois sem dúvida levarei para toda vida seus ensinamentos, conselhos, amizade e principalmente um olhar diferente para coisas, visto que nossas distintas formações contribuíram para longas discussões e aprendizagem.

Ao meu orientador, prof. Dr. Roberto Rosa, pela paciência ao longo do desenvolvimento desta pesquisa e pelas orientações concedidas que foram essenciais para finalização da pesquisa.

À profª Jussara dos Santos Rosendo por acreditar em mim ao me indicar ao prof. Dr. Roberto Rosa na seleção do mestrado. E por ter me encorajado na realização deste mestrado que tanto contribuiu para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao prof. Luiz Antonio de Oliveira pela prestatividade, paciência e auxílio na elaboração do mapa de solos.

Ao prof. Humberto Ferreira Silva Minéu pela prestatividade ao ler este trabalho e pelas sugestões feitas.

À Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade da realização do mestrado.

*“Pra cada braço uma força
De força não gême uma nota
A lata só cerca, não leva
A água na estrada morta
E a força nunca seca
Pra água que é tão pouca...”*

Chico Cesar e Vanessa da Mata

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| LISTA DE FIGURAS | i |
| LISTA DE TABELAS | ii |
| LISTA DE QUADROS | iii |
| LISTA DE SIGLAS | iv |
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 4 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO | 7 |
| 3.1 Bacias Hidrográficas | 7 |
| 3.2 Áreas de APP e novo Código Florestal | 8 |
| 3.3 Zoneamento Ecológico-Econômico | 11 |
| 3.4 Metodologias para determinação da capacidade de uso das terras | 12 |
| 3.4.1 Sistema de capacidade de uso | 13 |
| 3.4.2 Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras | 17 |
| 3.4.3 Sistema de Avaliação de Terras (SIAT) | 19 |
| 3.5 Uso de geotecnologias para avaliação de terras em bacias hidrográficas | 20 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 4.1 Delimitação da bacia e extração da drenagem | 22 |
| 4.2 Mapa do uso da terra e cobertura vegetal nativa | 22 |
| 4.3 Mapa de hipsometria | 25 |
| 4.4 Mapa de declividade | 26 |
| 4.5 Mapa pedológico | 26 |
| 4.6 Mapa de Áreas de Preservação Permanente - APPs | 28 |
| 4.7 Mapa de conflito de uso da terra | 32 |
| 4.8 Mapa de capacidade de uso da terra | 33 |
| 4.9 Mapa de áreas com potencial para preservação | 36 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 5.1 Mapa de drenagem | 37 |
| 5.2 Diagnóstico do meio físico | 39 |
| 5.2.1 Mapa Hipsométrico | 39 |
| 5.2.2 Mapa de declividade | 41 |
| 5.2.3 - Mapa de solos | 43 |
| 5.2.4 Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa | 46 |
| 5.3 Mapa de Áreas de Preservação Permanente -APPs | 52 |
| 5.4 Conflito de uso em APPs | 55 |
| 5.5 Mapa de capacidade de uso da terra | 58 |
| 5.6 Mapa de áreas com potencial para preservação | 64 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 69 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| REFERÊNCIAS..... | 71 |
| APÊNDICE A | 77 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - Mapa de localização da bacia do Ribeirão São Lourenço | 5 |
| FIGURA 2 - Quadro resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra em função das classes de capacidade de uso. | 13 |
| FIGURA 3 - Esquema de grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso | 14 |
| FIGURA 4 - Representação dos buffers de APP de drenagem (a), nascente (b), represa (c) e vereda (d)..... | 28 |
| FIGURA 5 - Organograma das etapas de delimitação das APPs de topo de morro..... | 29 |
| FIGURA 6 - Área efetiva da APP de nascente..... | 32 |
| FIGURA 7 - Mapa de drenagem..... | 38 |
| FIGURA 8 - Mapa hipsométrico da Bacia do Ribeirão São Lourenço | 40 |
| FIGURA 9 - Mapa de declividade da Bacia do Ribeirão São Lourenço..... | 42 |
| FIGURA 10 - Mapa de solos. | 45 |
| FIGURA 11 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa da Bacia do Ribeirão São Lourenço | 47 |
| FIGURA 12 - Área de pastagem..... | 48 |
| FIGURA 13 - Mata ciliar..... | 48 |
| FIGURA 14 - Cana de açúcar..... | 49 |
| FIGURA 15 - Área urbana na bacia hidrográfica (a) e (b)..... | 49 |
| FIGURA 16 - Represa (a) e (b)..... | 50 |
| FIGURA 17 - Silvicultura..... | 51 |
| FIGURA 18 - Veredas. | 52 |
| FIGURA 19 - Mapa de Áreas de Preservação Permanente, conforme a legislação. | 54 |
| FIGURA 20 - Conflito de uso em APP, as áreas em amarelo representam a agricultura e pastagem nas áreas de APP..... | 55 |
| FIGURA 21 - Conflito de uso em APP, as áreas em amarelo representam a represa e silvicultura nas áreas de APP..... | 56 |
| FIGURA 22 - Mapa de capacidade de uso da terra | 60 |
| FIGURA 23 - Mapa de áreas com potencial para preservação..... | 65 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - Área ocupada pelas classes de hipsometria na bacia do Ribeirão São Lourenço | 39 |
| TABELA 2 - Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do Ribeirão São Lourenço | 41 |
| TABELA 3 - Área das quatro unidades de solo identificadas na bacia | 43 |
| TABELA 4 - Área das classes de uso da terra e percentual em relação à área total da bacia | 46 |
| TABELA 5 - Área das Apps totais sem sobreposição e percentual em relação área total da bacia. | 52 |
| TABELA 6 - Classes de uso nas APPs: áreas totais. | 55 |
| TABELA 7 - Áreas das classes de uso nas APPs de nascente..... | 56 |
| TABELA 8 - Áreas das classes de uso nas APPs de curso d'água..... | 57 |
| TABELA 9 - Áreas das classes de uso nas APPs de vereda..... | 57 |
| TABELA 10 - Áreas das classes de uso nas APPs de represas. | 58 |
| TABELA 11 - Área das classes de capacidade de uso da terra na bacia do Ribeirão São Lourenço. | 59 |
| TABELA 12 - Classes de capacidade de uso e suas respectivas cores segundo Lepsch, (1991)..... | 61 |
| TABELA 13 - Distribuição das classes de capacidade de uso das terras, por unidade de solos e classes de declividades..... | 63 |
| TABELA 14 - Usos da terra na classe de capacidade de uso VII..... | 66 |
| TABELA 15 - Usos da terra na classe de capacidade de uso VIII. | 66 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 - Tipos de Área de Preservação Permanente (APP) e suas respectivas faixas de proteção. | 8 |
| QUADRO 2 - Processos para o enquadramento de terras. | 16 |
| QUADRO 3 - Chave de interpretação. | 23 |
| QUADRO 4 - Classes de declividade adaptadas para utilização no trabalho. | 26 |
| QUADRO 5 - Chave de classificação dos solos. | 27 |
| QUADRO 6 - Fatores que compõe a fórmula mínima e suas respectivas classes de acordo com a EMBRAPA..... | 34 |
| QUADRO 7 - Potencial de erodibilidade em relação à declividade. | 35 |
| QUADRO 8 - Fórmula mínima determinada para cada tipo de solo da bacia do Ribeirão São Lourenço. | 58 |
| QUADRO 9 - Classes e subclasses do sistema de capacidade de uso da bacia do Ribeirão São Lourenço. | 61 |
| QUADRO 10 - Resumo das funções utilizadas na delimitação de APPs de topo de morro..... | 77 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| APP | Área de Preservação Permanente |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| SIAT | Sistema de Avaliação de Terras |
| SIG | Sistemas de Informação Geográfica |
| SRTM | <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> |
| TIN | <i>Triangulated Irregular Network</i> |
| USGS | <i>United States Geological Survey</i> |
| ZEE | Zoneamento Ecológico Econômico |

RESUMO

MENDES, L. S. **Avaliação das áreas potenciais para preservação ambiental e áreas de conflito na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG.** 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹, 2016.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) auxiliam na conservação dos recursos hídricos, proteção do solo e corpos d’água, uma vez que permitem maior percolação da água no solo, oferecem proteção contra processos erosivos, lixiviação, e impedem que quantidades excessivas de sedimentos, ou resíduos de fertilizantes eutrofizem os cursos d’água. O planejamento do uso e cobertura da terra garante o desenvolvimento de atividades sustentáveis necessárias ao equilíbrio do sistema que compõe a bacia hidrográfica, auxiliando na manutenção da quantidade e qualidade da água. A presente pesquisa teve por objetivo avaliar as áreas de conflito do uso da terra em APPs, bem como identificar áreas com potencial de preservação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço e com isso gerar um mapa de áreas potenciais para preservação. Para tanto, foi realizado o mapeamento do uso e cobertura da terra, e elaborados mapas temáticos de uso da terra, de solos, declividade, hipsometria, capacidade de uso, APPs e áreas potenciais para preservação. Foi utilizada a metodologia do Sistema de capacidade de uso para avaliar a capacidade de uso das terras verificando as áreas impróprias para agricultura que teriam potencial para preservação ambiental. Além disso, a partir do cruzamento de dados, foram diagnosticados conflitos com o uso atual em APPs. Dos 29.429,10 ha da bacia, 12,64% correspondem às APPs. Desse valor, 34,84% apresentam conflito de uso representado por atividades antrópicas em APP, e 65,16% são ocupados por vegetação nativa. Apesar de grande parte das APPs estarem cobertas por vegetação nativa faz-se necessário a adequação do uso em áreas de conflito para regularização ambiental e conservação dos recursos naturais e ecossistemas. Do total da área da bacia, 88,82% estão aptos à agricultura e pertencem às classes de capacidade de uso II e III. No entanto algumas técnicas de conservação devem ser realizadas para evitar o depauperamento da terra. Apesar de estarem aptas à agricultura, deve-se observar nessas classes a existência de áreas de preservação permanente. Na classe IV, que corresponde a 2,11%, o uso agrícola é mais restrito devido às limitações mais severas, por isso é indicada para cultivo perene. As áreas inaptas à agricultura representam 6,27% da área da bacia. Esses locais apresentam alto risco de erosão ou má drenagem do solo, portanto foram enquadradas nas classes VII e VIII. As técnicas de geoprocessamento utilizadas neste trabalho permitiram, de forma eficiente, a obtenção de dados referentes às áreas potenciais para preservação ambiental, além dos principais conflitos em APPs na área. Esses resultados podem auxiliar no planejamento e gestão da ocupação do território da bacia, e minimização dos impactos do uso antrópico na mesma.

Palavras-chave: geotecnologias, área de preservação permanente, uso da terra.

¹ Orientador: Roberto Rosa - UFU

ABSTRACT

MENDES, L. S. **Evaluation of potential areas for environmental preservation and conflict areas in Ribeirão São Lourenço's Watershed – Ituiutaba/MG.** 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia², 2016.

The Permanent Preservation Areas (PPAs) help in the conservation of water resources, soil and water bodies protection, as they allow greater water percolation into the soil, offer protection against erosion, lixiviation and prevent that excessive amounts of sediment, or fertilizer residues, waterways' eutrophication. The planning of land's use and cover ensures the development of sustainable activities necessary to the system's balance which makes up the watershed, helping in the maintenance of water's quantity and quality. This study aimed evaluate the conflict areas of land use in PPAs, as well as identify areas with preservation potential at Ribeirão São Lourenço's watershed and with that generate a map of potential areas for preservation. Therefore, it was accomplished the mapping of land use and cover and elaborated thematic maps of land use, soils, declivity, hypsometry, capacity of use, PPA and areas for preservation. It was used a specific methodology to evaluate the land use capacity checking unsuitable areas for agriculture which would have potential for environmental preservation. Furthermore, from the crossing data, It was diagnosed conflicts such as current use in PPA areas. Of 29,429.10 ha of the watershed, 12.64% correspond to the PPAs. Of this amount, 34.84% present conflicts of use represented by human activities in PPA and 65.16% are occupied by native vegetation. Although a great part of the PPAs are covered by native vegetation, it is necessary the use adequacy in conflict areas for the environmental regularization and conservation of natural resources and ecosystems. Of the watershed total area, 88.82% are apt for agriculture and belong to classes of use capacity II and III. However, some conservation techniques must be accomplished to prevent the deterioration of the land. Despite being apt for agriculture, it must be noted in these classes the existence of permanent preservation areas. In class IV which corresponds to 2.11%, the agricultural use is more restricted due to more severe limitations, therefore it is indicated for perennial crop. The inapt areas for agriculture represent 6.27% of the watershed area. These places show a high-risk of erosion or poor soil drainage, so they were placed in the classes of capacity of use VII and VIII. The GIS techniques used in this study allowed efficiently data obtaining referring to potential environmental preservation areas, besides the main conflicts in PPAs in the area. These results can help in the planning and management of territory occupation of the watershed, and minimizing the impacts of anthropic use in it.

Keywords: geotechnologies, permanent preservation area, land use.

² Orientador: Roberto Rosa - UFU

1 INTRODUÇÃO

O uso da terra pode modificar a dinâmica e o funcionamento dos ecossistemas na medida em que a vegetação é suprimida para dar lugar à agricultura, pecuária, construções urbanas, enfim, tais ações podem desestabilizar o solo tornando-o vulnerável a processos erosivos, além de dificultar a permeabilidade da água no solo. Além disso, há a possibilidade de comprometer o abastecimento do lençol freático e como consequência, prejudicar a manutenção da vazão nas bacias hidrográficas.

É importante destacar a distinção entre os termos uso e cobertura da terra. O primeiro se refere às atividades humanas realizadas na superfície do planeta, a fim de atender as necessidades do homem. Já a cobertura da terra remete ao elemento físico que ocupa a superfície em um período ao longo do tempo, sendo possível distinguir tipos de vegetação, terrenos, infraestrutura, etc. (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996).

A partir de 1960, o Brasil passou por inovações no setor agrícola, período conhecido como Revolução Verde. Nesta época, com o advindo de tecnologia norte americana, foi possível um aumento na produção e maior incentivo à pesquisa agropecuária, ações essas que intensificaram a ocupação no Cerrado (ORTEGA, 2007).

O processo de intensa ocupação foi conhecido como expansão da fronteira agrícola que segundo Fernandes (2006) é marcada por mudanças na base produtiva no setor rural, principalmente a partir dos anos 1970, com a adoção de novas tecnologias. Para tanto, maior investimento financeiro foi destinado a esse setor.

Naquele momento o governo oferecia subsídios aos produtores, assim, estes deveriam adquirir um pacote tecnológico disponibilizado pelo Sistema Nacional de Crédito Rural, onde ganhavam assistência técnica, mas deveriam comprar insumos de indústrias estabelecidas (FERNANDES, 2006). Por meio de programas como o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER) o governo incentivava a produção de grãos no Cerrado a fim de atender o mercado exterior, neste caso, a soja destinada ao Japão (INOCÊNCIO; CALAÇA, 2009).

O Cerrado ocupa uma área de cerca de dois milhões de km² distribuídos em nove estados: Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Tocantins e o Distrito Federal (IBGE, 2004). No entanto, de acordo

com Sano et al. (2008), do total dessa área, cerca de 39,5% do Cerrado já foram substituídos por diversos usos, em destaque o cultivo de pastagem e culturas agrícolas. Para Verdesio (1993) o planejamento, nesse caso, é um instrumento imprescindível para a conservação do Cerrado, pois indicaria como e onde a ocupação deve continuar.

Ao analisar, no Cerrado, o processo de ocupação desordenada do território em uma bacia hidrográfica, observa-se ações ocasionadas por atividades degradadoras como práticas agrícolas, desmatamento, mineração e a urbanização, que desestabilizam os solos, as encostas, os vales fluviais e os corpos d'água que constituem a bacia (ROCHA; VIANNA, 2008). Isso ocorre porque a bacia hidrográfica constitui um sistema e qualquer ação pode interferir na dinâmica deste (SANTOS, 2004). Nesse contexto, a observação da existência e manutenção de Áreas de Preservação Permanente – APPs é de suma importância, pois são áreas destinadas a preservação dos recursos hídricos, manutenção dos ecossistemas e conservação da biodiversidade (BRASIL, 2012). Dessa forma, é necessário planejamento na expansão do uso da terra na bacia para não afetar a quantidade e a qualidade da água essencial em diversas atividades humanas.

Para uma melhor compreensão dos processos relacionados ao uso da terra e visando oferecer melhores alternativas às necessidades do planejamento dessas áreas pode-se lançar mão do uso de tecnologias computacionais, como é o caso da utilização do geoprocessamento “que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas”, contidas em imagens digitais e processadas a partir de softwares (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p. 3). Tais informações são obtidas a partir de técnicas de sensoriamento remoto que “obtém informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo” (ROSA, 2003, p. 1).

O mapeamento, por meio de tecnologias computacionais, do uso da terra e do potencial de uso de uma bacia hidrográfica não só contribui para o levantamento de informações importantes acerca dessa área, como também fornece subsídio ao planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, por meio da ocupação ordenada de suas terras.

A falta de planejamento, monitoramento e fiscalização tem ocasionado e facilitado a ocupação indevida de APPs caracterizando conflitos de uso. Essas áreas vêm sofrendo uma forte pressão devido às atividades antrópicas, principalmente no que se refere a atividades agrícolas que muitas vezes não consideram a capacidade de uso da

terra. Dessa forma, utilizar a terra dentro de suas capacidades físicas e químicas seria uma das primeiras ações para alcançar a sustentabilidade agrícola.

O presente trabalho justifica-se pela importância da preservação das áreas de APPs que auxiliam na conservação da água, cursos d'água e solo, pois oferecem proteção contra processos erosivos e lixiviação. Além disso, funcionam como corredores ecológicos possibilitando o fluxo gênico entre espécies e a dispersão das mesmas.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar as áreas de conflito do uso da terra em áreas de APPs, bem como identificar áreas com potencial de preservação na bacia do Ribeirão São Lourenço e com isso gerar um mapa de áreas potenciais para preservação. Dentro os objetivos específicos que norteiam a condução da avaliação proposta estão:

- Compilar base cartográfica digital, da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, contendo limites, drenagens e malha viária;
- Elaborar mapa da drenagem da bacia;
- Mapear o uso da terra e a cobertura vegetal nativa;
- Elaborar mapas temáticos: dos tipos de solos, de declividade, de hipsometria e das áreas de APP;
- Cruzar o mapa de uso com o mapa de APP para evidenciar as classes de uso dentro das APPs que conferem conflito de uso;
- Elaborar mapa de capacidade de uso da terra para a bacia;
- Elaborar mapa de áreas potenciais para preservação.

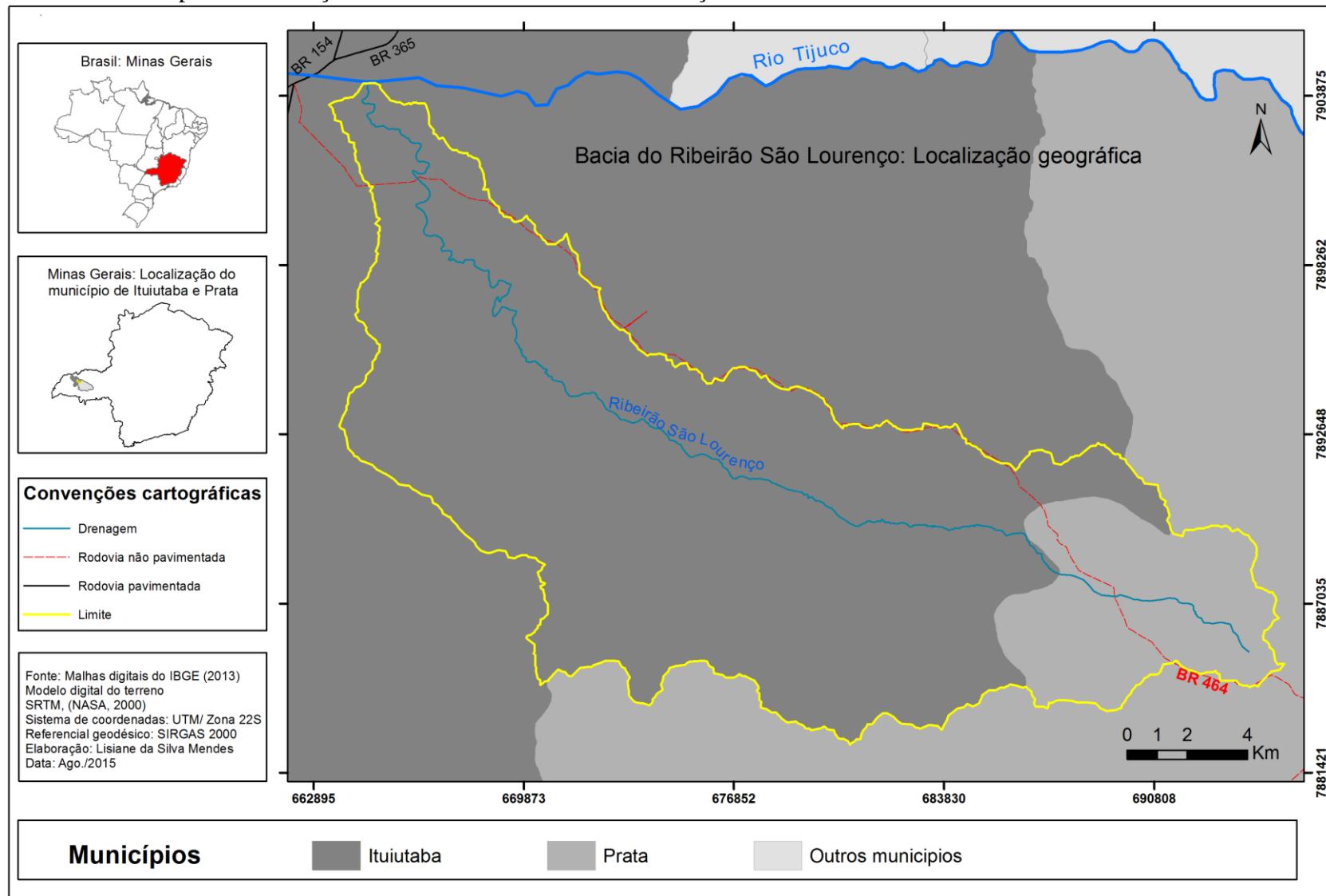
Para alcançar os objetivos propostos esta pesquisa foi organizada em: Introdução - faz uma breve abordagem sobre o tema da pesquisa, sua justificativa, objetivos (geral e específicos); Localização e caracterização da área de estudo - descreve a área de estudo escolhida para análise sob diversos aspectos espaciais, ambientais e socioeconômicos; Referencial Teórico - faz uma abordagem mais aprofundada sobre o tema da pesquisa, apresentando conceitos, legislação, descrição das principais metodologias de capacidade de uso da terra; Material e Métodos - descreve os materiais e a metodologia utilizada para avaliação da capacidade de uso da terra; Resultados e Discussão apresenta os resultados da pesquisa e os reflexos no estado de conservação da bacia; Considerações Finais – faz um apanhado geral de toda pesquisa na perspectiva de ser útil ao entendimento do estado de conservação da bacia e à aplicações de medidas corretivas.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica, objeto deste estudo, está localizada nos municípios de Ituiutaba e Prata, situados na mesorregião do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Cerca de 84,04% da área da bacia está no município de Ituiutaba e apenas 15,96% no município de Prata, sendo estas características subscritas, reportadas ao município de Ituiutaba.

O Ribeirão São Lourenço, curso d'água principal da bacia, tem cerca de 40 quilômetros de extensão, desde as suas nascentes principais, localizadas no município de Prata, até sua foz no rio Tijuco em Ituiutaba. A bacia está localizada na zona 22S entre as coordenadas UTM 662895 - 697786 mE e 7881421 - 7903875 mN (Figura 1). Essa bacia tem grande importância no fornecimento de água para o município de Ituiutaba desde 1970, sendo a captação realizada na Fazenda Chácara, localizada a poucos metros da área urbana do município.

FIGURA 1 - Mapa de localização da bacia do Ribeirão São Lourenço



O clima da região é tropical intercalando estações secas e úmidas, pois nos meses de verão, as chuvas são abundantes e as temperaturas são elevadas, no inverno as temperaturas podem ser elevadas ou amenas, esta estação é característica pela baixa umidade e precipitação (MENDES; QUEIROZ, 2011). A temperatura máxima anual média é de 38,1 °C e a precipitação média anual é de 1450 mm, sendo que as maiores precipitações ocorrem entre os meses de Outubro a Março (QUEIROZ; COSTA, 2012).

A bacia em estudo está compreendida na região do bioma Cerrado. De acordo com o mapa de reconhecimento de solos do Triângulo Mineiro, a maior parte dos solos na bacia pertence aos Latossolos.

A população de Ituiutaba é de 97.171 habitantes, sendo que destes, 4.046 pessoas residem na zona rural e 93.125 residem na zona urbana, a densidade populacional do município é 37,40 hab/Km², isso de acordo com o senso demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2010).

A partir da década 1970 a pecuária se consolidou como principal atividade econômica, substituindo a rizicultura, principal atividade desenvolvida no município até então (OLIVEIRA, 2003). Ao longo das décadas esse cenário vem mudando, pois em 2013 o setor de serviços foi o que mais participou do PIB do município, seguido dos setores de indústria e agropecuária (IBGE, 2013). Em relação às atividades agrícolas destacam-se atualmente as seguintes culturas temporárias: cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho, soja, trigo e, em relação às permanentes têm-se: banana, café e laranja (IBGE, 2006).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica constitui-se em um sistema e, portanto, tem sido utilizada como unidade de gestão e planejamento ambiental por gestores públicos e para diversos tipos de estudo, como os apresentados em Pires, Santos e Del Prette (2005); Santos (2004); Rocha e Vianna (2008); Alvarenga e Paula (2000).

Nos dizeres de Botelho e Silva (2004) ao estudar a condição dos elementos constituintes deste sistema como o solo, água, ar e vegetação além dos processos neles atuantes, é possível avaliar a qualidade ambiental na bacia hidrográfica. Os autores ainda destacaram que a qualidade ambiental está relacionada com as condições dos elementos constituintes do meio como consequência das ações humanas (exploração dos recursos naturais) sendo essencial à qualidade de vida.

O conceito de bacia hidrográfica remete a uma área drenada por um curso d'água principal e seus afluentes. Esse conceito pode ser mais abrangente quando o objetivo é a conservação dos recursos naturais, neste modo faz-se necessário somar a essa simples delimitação da bacia hidrográfica o estudo dos fatores físicos da mesma, incluindo ainda uma análise do uso da terra e suas consequências para o ambiente (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2005).

Tomando a bacia hidrográfica como unidade de estudo para a conservação dos recursos naturais, é possível determinar o potencial de desenvolvimento e produção biológica em toda sua extensão, sem superestimar sua capacidade. Dessa forma, ao conceito de bacia hidrográfica deve ser agregado as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável tendo em vista atingir “o desenvolvimento econômico, a equidade social, econômica e ambiental, e a sustentabilidade ambiental”(PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2005, p.20).

No processo de gerenciamento de bacias hidrográficas é importante o estudo de parâmetros físicos, dentre eles a pedologia, pois tem grande influência no comportamento hidrológico ao indicar se há ou não similaridade geométrica em bacias localizadas em uma mesma unidade de solo. O reconhecimento das propriedades dos solos traz ainda informações quanto à suscetibilidade aos processos erosivos os quais também estão relacionados à porcentagem de cobertura vegetal e ao comprimento,

forma e declividade das encostas. Portanto, técnicas de manejo e conservação adequadas são necessárias ao controle dos processos erosivos ocasionados pelo mau uso do solo em bacias hidrográficas (LORANDI; CANÇADO, 2005).

3.2 Áreas de APP e novo Código Florestal

O Código Florestal brasileiro, Lei 4.771/65 (BRASIL, 1965), foi revogado e substituído pela Lei 12.651/12, suscitando, desde então, várias discussões em relação à nova redação da lei, principalmente no que se refere às Áreas de Preservação Permanente (APP). O novo código florestal, como ficou conhecido, preservou o conceito de APP instituído na Lei de 1965. Consta no art. 3º inciso II da Lei 12.651/12 que a APP consiste em uma

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Na mesma lei, conforme mostra o Quadro 1, foram discriminados os tipos de áreas que são consideradas áreas de preservação permanente, bem como a forma de delimitar suas respectivas faixas de proteção.

QUADRO 1 - Tipos de Área de Preservação Permanente (APP) e suas respectivas faixas de proteção.

| APP | Faixa de proteção | |
|--|-------------------------------|---------------------------|
| Margens de curso d'água natural perene e intermitente, exceto os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular | Largura dos corpos d'água (m) | Largura mínima da APP (m) |
| | < 10 | 30 |
| | 10 a 50 | 50 |
| | 50 a 200 | 100 |
| | 200 a 600 | 200 |
| | > 600 | 500 |

...continua...

QUADRO 1, Cont.

| APP | Faixa de proteção |
|--|--|
| Entorno dos lagos e lagoas naturais | Zona rural 50m para corpos d'água com até 20 ha de superfície 100m para corpos d'água com superfície superior a 20 ha |
| | Zona urbana APP é de 30 m. |
| Entorno dos reservatórios d'água artificiais, provenientes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais | A APP deve ser definida no licenciamento ambiental do empreendimento. |
| Entorno de nascentes e olhos d'água perenes | A APP corresponde ao raio mínimo de 50m do ponto de afloramento. |
| Em encostas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive | A APP deve ser definida em toda a sua extensão. |
| As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues | A APP deve ser definida em toda a sua extensão. |
| Os manguezais | A APP deve ser definida em toda a sua extensão. |
| As bordas dos tabuleiros ou chapadas | A APP deve ser definida até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m em projeções horizontais. |
| No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 m declividade média maior que 25° | A APP é definida a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base. |
| Áreas em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação | A APP deve ser definida em toda a sua extensão. |
| Em veredas | A APP deve ser definida na faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 m, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado |

Fonte: Adaptado de Brasil (2012).

Na Lei 12.651/12 as APPs que circundam as margens de corpos d'água são consideradas a partir do leito regular e não do seu leito máximo, ou seja, as áreas periodicamente inundadas conhecidas como várzea não são consideradas pela lei, como

eram na Lei 4.771/65. De acordo com Scartazzini, Kautzmann e Fischer (2008) o código florestal de 1965 determinava como início da área de APP o nível mais alto do rio, sendo que o termo “nível mais alto” esclarecido pela resolução 303/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), deixa claro que se tratava do maior nível alcançado pelo rio durante a cheia.

Nos reservatórios artificiais provenientes do barramento ou represamento de cursos d’água natural as APPs são definidas no licenciamento ambiental, de acordo com a Lei 12.651/12. Em Minas Gerais, a Lei 20.922/13 estabelece uma faixa mínima de 15 m e a máxima de 50 m em reservatórios com até 20,0 ha localizados em zona rural. Já aqueles em zona urbana a faixa é de 15 metros ou pode ser estabelecido pelo município (MINAS GERAIS, 2013).

O novo Código Florestal considera como área de APP o entorno de nascente e olhos d’água perenes, de outro modo, a Lei 20.922/13 não considera APP o entorno dos olhos d’água intermitentes, no entanto o uso do solo é restrito em um raio de 50m (MINAS GERAIS, 2013).

As APPs de topo de morro também foram alteradas pela Lei 12.651/12, uma vez que antes, eram consideradas APP a área a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base de morro com 50 a 300m e declividade superior a 30 % ou 17°. A nova lei considera APP de topo de morro, a área a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base de morros com altura mínima de 100m e declividade média acima de 25°. Deste modo, houve uma diminuição das áreas de preservação permanente em topos de morro, visto que é difícil encontrar morros nesses parâmetros.

De acordo com a Lei 12.651/12, as áreas de APP em veredas devem ser marcadas a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. Nestes locais também podem existir outras fitofisionomias como mata de galeria e campos úmidos que ocorrem na borda de veredas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo França e Sano (2011) é difícil a distinção entre os campos úmidos e veredas a partir do sensoriamento remoto, visto que em alguns locais preservam-se poucos indivíduos de buriti (*Mauritia flexuosa*).

3.3 Zoneamento Ecológico-Econômico

A demarcação de APP é uma forma de organizar o espaço para que sejam definidas áreas para preservação daquelas que são próprias para o uso. O zoneamento de áreas é uma estratégia governamental de determinar os melhores usos para aquelas áreas. Um exemplo desta estratégia é o Zoneamento Econômico-Ecológico.

O Zoneamento Econômico-Ecológico (ZEE) busca promover o desenvolvimento sustentável na medida em que concilia o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. Dessa forma, em determinadas áreas ou zonas são definidos os usos dentro do seu potencial. Nos dizeres de Rosa (1996, p. 364), o zoneamento busca avaliar tanto as “potencialidades agrícolas das terras como também para outros tipos de uso como áreas urbanizadas, áreas de preservação permanente (APP), estação ecológica, etc”.

Ainda de acordo com o autor supracitado, o zoneamento

trata da compartimentação do território em áreas indicadas à implantação de atividades diversas, podendo ser estabelecido com base nos potenciais disponíveis ou no sentido de selecionar áreas de interesse cujas propriedades sejam preestabelecidas (ROSA, 1996, p.364).

O ZEE utiliza um conjunto de variáveis em sua análise sendo elas ambientais, sociais e econômicas para chegar a conclusões sobre a melhor maneira de utilização do território. Diante disso, por analisar em conjunto os três pilares (ambiental, social e econômico) suas respostas não são tendenciosas.

O ZEE é instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente como consta no inciso II do artigo 9º da Lei n.º 6.938/1981 (BRASIL, 1981). O Decreto Federal nº 4.297/2002, estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico, o art. 3º descreve o objetivo geral deste como segue:

Organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas. (BRASIL, 2002, cap I, art 3º).

A responsabilidade compartilhada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios na proteção do meio ambiente é prevista na Lei complementar nº 140/2011 (BRASIL, 2011). Ainda de acordo com a mesma lei, em relação ao ZEE, compete a União elaborar o zoneamento ambiental de âmbito nacional e regional, ao Estado elaborar o ZEE estadual em conformidade com os zoneamentos de âmbito nacional e regional e ao município competir elaborar o Plano Diretor, observando os zoneamentos ambientais.

A divisão do território em zonas leva em consideração a necessidade de proteção e recuperação do potencial de determinadas áreas. Cada zona é determinada a partir de variados quesitos dentre eles o diagnóstico dos “recursos naturais, da sócio-economia e do marco jurídico-institucional”. O diagnóstico deve conter, dentre outras, coisas a potencialidade natural, como por exemplo, a aptidão agrícola a qual busca apresentar as limitações e o potencial das terras para fins agrícolas (BRASIL, 2002).

Tratando-se do zoneamento em bacias hidrográficas, esse consiste no primeiro passo para o planejamento. Ele reúne informações de forma espacializada, chegando a conclusões sobre o melhor aproveitamento do território indicando a forma de manejo e conservação mais adequados para área da bacia (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2005).

O zoneamento ecológico-econômico auxilia no planejamento e elaboração de políticas públicas, planos e projetos no âmbito do meio ambiente, pois orienta o governo em suas ações e investimentos.

3.4 Metodologias para determinação da capacidade de uso das terras

As metodologias para determinação da capacidade de uso a terra, tais como: o Sistema de capacidade de uso, Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras e Sistema de Avaliação de Terras (SIAT), consideram as características do meio físico e do solo para enquadrar áreas em classes de capacidade de uso. No entanto, como observado por Soares et al. (2008), elas não levam em consideração outras questões ambientais, principalmente no que se refere a legislação ambiental. Dessa forma, diante dessas limitações há a necessidade de adaptação dessas metodologias para que as atividades agrícolas ocorram com menor impacto ao meio ambiente.

3.4.1 Sistema de capacidade de uso

O estudo da capacidade de uso é bastante utilizado no processo de planejamento, pois trata das possibilidades (potencial de uso ou uso adequado) e das limitações (inadequação do uso) relacionadas ao uso da terra. Assim, a partir do cruzamento de informações do meio físico obtém-se um mapa de capacidade de uso da terra (SANTOS, 2004).

Segundo Lepsch (1991, p. 14) a capacidade de uso da terra consiste em “sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento.”

A capacidade de uso da terra não possui apenas um sistema para classificação, já que os fatores ambientais (solo, clima), econômicos e sociais variam em cada região. No entanto, uma das classificações mais utilizadas relaciona o tipo de solo, declividade e formas do relevo (SANTOS, 2004).

O sistema de capacidade de uso proposto por Lepsch (1991) é organizado levando em consideração as seguintes categorias: grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso de terra. Tais categorias indicam a aptidão agrícola das terras assim como sua intensidade de uso de acordo com suas limitações (Figura 2).

FIGURA 2 - Quadro resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra em função das classes de capacidade de uso.

| SENTIDO DAS APTIDÕES E DAS LIMITAÇÕES | CLASSES DE CAPACIDADE DE USO | SENTIDO DO AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO → | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|--|------------------------|----------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------|--------------|
| | | VIDA SILVESTRE E RECREAÇÃO | SILVICULTURA PASTOREIO | | | CULTIVO OCASIONAL OU LIMITADO | CULTIVO INTENSIVO | | |
| | | | LIMITADO | MODERADO | INTENSIVO | | COMPLEXO | SIMPLES | NÃO APARENTE |
| I | | | | | | | | | |
| II | | | | | | | | | |
| III | | | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | | |
| V | | | | | | | | | |
| VI | | | | | | | | | |
| VII | | | | | | | | | |
| VIII | | | | | | | | | |

Diagrama de setas no interior da tabela:

- Sub-utilização da terra (apontando para baixo)
- Máxima utilização racional da terra (apontando para cima)
- Sobre-utilização da terra (apontando para cima)

Setas laterais na esquerda:

- Aumento das limitações e dos riscos de erosão ou degradação (apontando para baixo)
- Aumento da adaptabilidade e da liberdade de escolha de uso (apontando para cima)

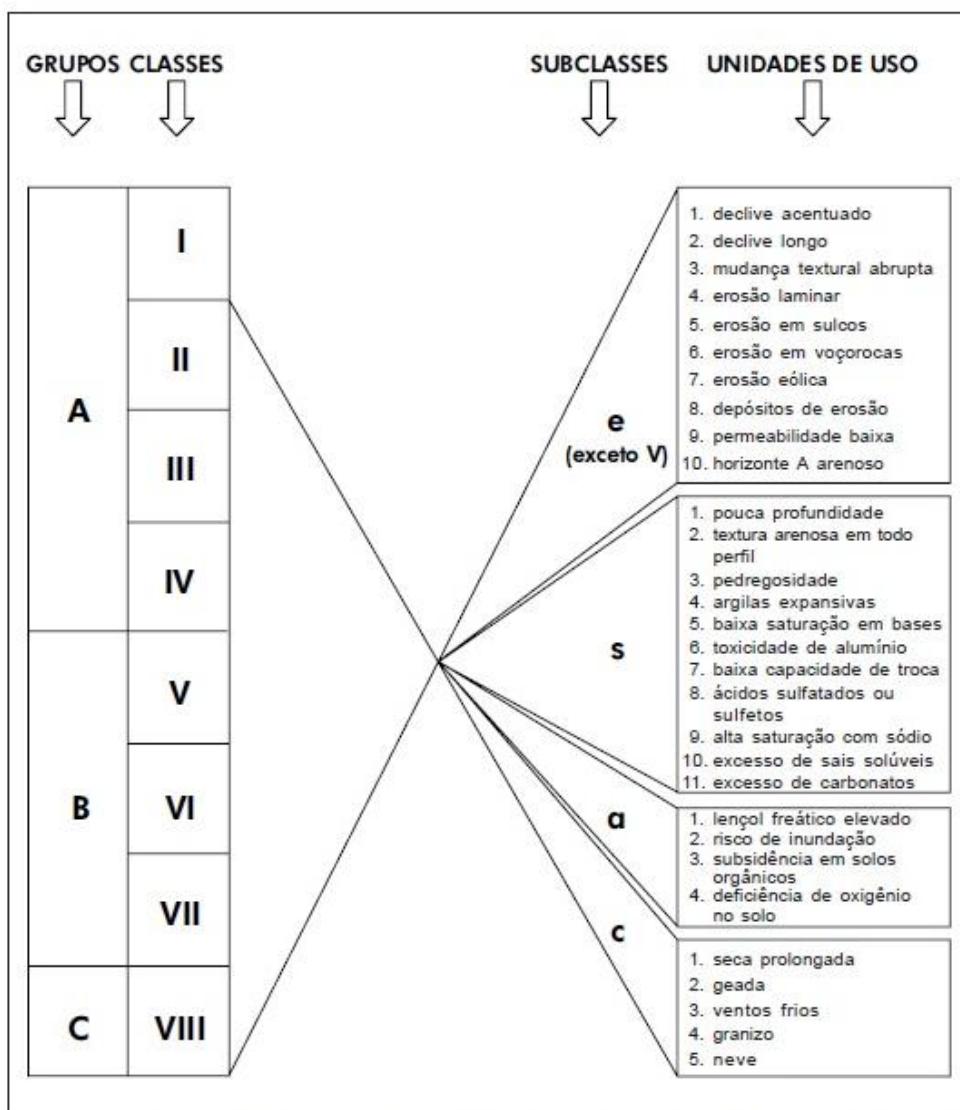
Fonte: Lepsch (1991).

Os grupos de capacidade de uso definidos por letras maiúsculas, (A, B e C), são estabelecidos com base na intensidade dos tipos de uso das terras. As classes, representadas por algarismos romanos (I a VIII), são baseadas no grau de limitação de uso. As subclasses, identificadas por algarismos romanos e letras minúsculas (IIe, IIIe, IIIa e outras), são baseadas na natureza da limitação de uso.

As unidades de capacidade de uso de terra (IIe-1, IIe-2, IIIe-1 e outras), são baseadas em condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra.

Para Lepsch (1991, p.21), as categorias de capacidade de uso possuem as seguintes características (Figura 3).

FIGURA 3 - Esquema de grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso



Fonte: Lepsch (1991).

Ainda de acordo com a Figura 3, temos:

- a) Grupo A: Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagem e/ou reflorestamento e vida silvestre:
 - Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
 - Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação;
 - Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação;
 - Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.
- b) Grupo B: Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagem e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo:
 - Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais;
 - Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagem e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
 - Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagem ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.
- c) Grupo C: Terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagem ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água:
 - Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou armazenamento de água.

Para o estudo da capacidade de uso da terra é necessário um diagnóstico do meio físico, onde é feito um inventário dos fatores que influenciam diretamente na degradação do solo e que limitam o uso da terra.

Os autores Alvarenga e Paula (2000) ainda destacam nessa metodologia a existência de dois processos que podem ser empregados no enquadramento de terras, o paramétrico e o sintético, ambos com vantagens e desvantagens (Quadro 2).

QUADRO 2 - Processos para o enquadramento de terras.

| Processo de enquadramento de terras | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------------------------|--|--|
| Paramétrico | -Processo objetivo permite a mesma interpretação de uma mesma área feita por sujeitos diferentes. | -Não considera as interações entre fatores. As classes são determinadas a partir da característica mais limitante sem considerar outros fatores. |
| Sintético | - Analisa as características e limitações dos fatores em conjunto, buscando enquadrá-los na melhor classe. | - As características detalhadas das classes de uso são de difícil generalização para todas as situações. |

Fonte: Adaptado de Alvarenga e Paula (2000).

O processo paramétrico considera as características individuais da terra atribuindo-lhe pesos e depois estes são combinados para obter a capacidade de uso da terra. Nesse processo são utilizadas as características levantadas no diagnóstico do meio físico, assim é estabelecida uma classe para cada parâmetro e, do total de classes a gleba pertencerá a classe que apresenta o fator mais limitante, ou seja, o que mais restringe ao uso. No processo sintético as características de uma gleba são consideradas como um todo, assim ocorre a comparação das definições das classes buscando enquadrá-las na melhor classe e subclasse.

As características do meio físico são representadas por símbolos e notações dispostos em uma fórmula. Nesta são informadas características básicas da terra como a profundidade (pr), textura (t) e permeabilidade do solo(pm), além da declividade (d), erosão (e), fatores limitantes e uso atual. A notação da fórmula não é matemática, apenas reúne as informações levantadas. Cada fator é representado pelo algarismo que indica seu grau de ocorrência (LEPSCH, 1991).

Assim os componentes da fórmula são dispostos em uma fração onde o numerador contém a profundidade efetiva, textura e a permeabilidade e o denominador a declividade e erosão, como segue:

$$\frac{\text{profundidade efetiva - textura - permeabilidade}}{\text{declividade - erosão}} \quad \text{fatores limitantes – uso atual}$$

Fonte: Lepsch (1991).

Além das limitações evidenciadas pelos componentes da fórmula mínima, outros fatores limitantes são considerados no sistema de capacidade de uso, tais como: pedregosidade, inundação, mudança textural abrupta, caráter vértico, hidromorfismo, seca prolongada, geada ou vento frio, distrofismo, caráter álico, baixa retenção de cátions, tiomorfismo, sodificação, salinização, carbonatos.

O sistema de capacidade de uso pressupõe um nível de manejo moderadamente alto não sendo possível adaptá-lo a todos os níveis de tecnologia ou manejo (SOARES et al., 2008). Mas, em regiões que possuem terras produtivas em declividades acentuadas e que não permitem a agricultura mecanizada, podem ser submetidas a um nível de manejo mais primitivo, como o cultivo manual.

3.4.2 Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras de Ramalho Filho e Beek (1994) está organizado em três níveis de manejo que visam diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Esses níveis são indicados pelas letras A, B e C e tem como características:

- a) Nível de manejo A: baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.
- b) Nível de manejo B: baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio; caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados

de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal.

- c) Nível de manejo C: baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico; caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; a motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Dentre as categorias que subdivide o sistema de aptidão agrícola, estão os grupos, subgrupos e classes de aptidão. No nível mais alto da classificação estão os grupos que identificam o tipo de uso mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão. Dessa forma, existem seis grupos que são representados pelos algarismos de 1 a 6, assim as limitações de uso aumentam do grupo 1 para o grupo 6 e, como consequência, as possibilidades e intensidades de uso diminuem. Os três primeiros grupos são aptos a lavouras, o grupo 4 é indicado para pastagem plantada, o 5 para silvicultura e/ou pastagem natural e o 6 não tem aptidão agrícola, sendo destinado a preservação da fauna e da flora. Os subgrupos indicam dentro dos grupos o tipo de utilização da terra em cada classe de aptidão, para cada nível de manejo. Por exemplo, no subgrupo 1(a)bC, o algarismo 1 é o indicativo do grupo, dessa forma o subgrupo apresenta as classes restrita, regular e boa para os respectivos níveis de manejo (a)bC.

As classes de aptidão agrícola podem ser denominadas boa, regular, restrita e inapta para cada tipo de utilização. Refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam a terra e tem como características:

- a) Classe Boa: terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz, expressivamente, a produtividade ou os benefícios e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável.
- b) Classe Regular: terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa.

- c) Classe Restrita: terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.
- d) Classe Inapta: Terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão. Ao contrário das demais essa classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é feia pela ausência das letras no tipo de utilização considerado.

As classes podem ser representadas por letras maiúsculas, minúsculas e minúsculas entre parênteses, que representam respectivamente a aptidão boa, regular ou restrita para determinada utilização. A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola indica não haver aptidão para o uso mais intensivo.

O sistema de avaliação da aptidão agrícola considera cinco fatores limitantes para avaliar as condições agrícolas das terras, sendo eles a deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água e deficiência de oxigênio, suscetibilidade a erosão e impedimentos à mecanização. Para cada fator é determinado um grau de limitação que pode variar do nulo até muito forte.

Este sistema permite o melhoramento dos fatores levantados e como consequência, a melhora na aptidão agrícola de determinada área, pois fatores como a fertilidade e a suscetibilidade a erosão podem ser alterados. Além disso, admite três níveis de manejo garantindo maiores possibilidades de cultivo em área de maior declive, por exemplo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994).

3.4.3 Sistema de Avaliação de Terras (SIAT)

Garcia e Espindola (2001) criaram o sistema de avaliação de terras a partir de uma adaptação do sistema espanhol, o MicroLEIS, para o sudeste brasileiro. Tal adaptação envolve, dentre outras coisas, a substituição de algumas variáveis mais relevantes para a região sudeste, mais especificamente o Estado de São Paulo. Assim, para cada variável é estabelecido um peso, logo, estes são combinados para se obter as classes de capacidade de uso.

O sistema MicroLEIS foi criado para avaliar de forma automatizada a aptidão das terras para fins agrícolas, pastoril, florestal e de reservas naturais, em regiões mediterrâneas. Assim as terras são enquadradas nas seguintes classes:

S_1 - Excelente capacidade de uso: terras com alta qualidade agrológica, com nenhuma ou poucas limitações que restrinjam seu uso.

S_2 - Boa capacidade de uso: apresentam algumas limitações de ordem topográfica, edáfica ou climática, restringindo o número de cultivos possíveis, assim como a capacidade produtiva.

S_3 - Moderada capacidade de uso: apresentam limitações importantes relacionadas com fatores topográfico, edáfico ou climático; as técnicas de manejo são mais difíceis de serem aplicadas e mantidas.

N - Marginais ou improdutivas: aptas somente para pastagens ou produção florestal; inclui também as terras totalmente improdutivas.

Essas classes, exceto a classe S_1 , admitem subclasses de acordo com os seguintes fatores:

- Fator Relevo;
- Fator Solo: Profundidade, Textura, Pedregosidade e/ou afloramentos, Drenagem, Salinidade;
- Fator Risco de Erosão: Erodibilidade, Declividade, Densidade da Vegetação, Erosividade da chuva (Valor R do USLE);
- Fator Deficiência Bioclimática: Grau de umidade do solo e Risco de geadas.

De acordo com Garcia e Espindola (2001), o SIAT foi criado para trabalhos com escala entre 1:100.000 e 1:50.000. No entanto a possibilidade de ajuste no número de variáveis e no intervalo de suas classes permite que sejam realizados trabalhos em escalas maiores.

3.5 Uso de geotecnologias para avaliação de terras em bacias hidrográficas

De acordo com Miranda (2010) os SIG podem auxiliar na avaliação do estado de preservação do ambiente, pois permitem o mapeamento e monitoramento da real situação de determinada região. Ainda possibilita um planejamento adequado por permitir análises de interações complexas de variáveis ambientais e sociais e a criação de cenários que preveem mudanças de comportamento dessas variáveis.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem se apresentado como importante instrumento para a gestão em bacias. Já que possibilitam informações rápidas, permitem o cruzamento de dados espaciais e ainda a criação de modelos matemáticos que podem prever padrões e processos ambientais (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2005).

Segundo Becker (2005, p. 91) a vantagem de se utilizar o SIG na gestão de bacias é por sua capacidade de “armazenar, manipular e visualizar uma grande quantidade de dados” em um determinado espaço, possibilitando a interação com “modelos ecossistêmicos e hidrológicos”, além de facilitar a comunicação entre o pesquisador, a sociedade e o poder público.

A aceleração da expansão agrícola e ocupação do território trazem a necessidade de usar tecnologias que acompanhem esse aceleramento. Dessa forma, os SIGs funcionam como importante ferramenta na avaliação da aptidão agrícola das terras. De acordo com Assad (1993 p.180), esta avaliação constitui-se etapa importante na “definição de práticas adequadas de manejo e conservação do solo e da água, já que os SIGs podem facilitar o trabalho de representação gráfica das classes e atualização de informações”.

Assad (1993) acrescenta que, o processo de avaliação de terras feito de forma manual é complexo por lidar com muitas variáveis e está sujeito a estimativas errôneas pela subjetividade do pesquisador ao realizar os cruzamentos. Por isso, o SIG se mostra uma alternativa mais simples e objetiva ao avaliar a aptidão agrícola de terras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delimitação da bacia e extração da drenagem

Com a utilização do Modelo Digital de Elevação/SRTM 30m disponibilizados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS foram extraídos a drenagem e o limite da bacia. A maior parte dos procedimentos foram realizados com a ferramenta *Hydrology* do *ArcGis 9.3*, como segue: preenchimento das depressões no *fill*; definição das direções de fluxo no *FlowDirection*; geração do fluxo acumulado no *flowaccumulation*. A partir da ferramenta *Conditional* em *Con* foi realizada a extração da drenagem, para tanto foi estabelecido um limiar de 500 que determina quantos pixels adjacentes devem formar os canais de drenagem. O próximo passo foi a transformação da drenagem de raster para vetor na ferramenta *Hydrology* no *Stream to Feature*. Logo, foi criado um shape de ponto no *Create feature class*, para marcação do exultório e assim foi possível a delimitação da bacia a partir da ferramenta *Hydrology* no *watershed*.

Um refinamento da drenagem foi feito a partir de imagens dos satélites da Astrium que datam de 03/08/2013 e são disponibilizada pelo *Google Earth*, assim os canais menores foram vetorizados.

4.2 Mapa do uso da terra e cobertura vegetal nativa

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal nativa ocorreu por meio da interpretação visual em tela, utilizando a sincronização do *Google Earth* com o *Qgis 2.8.3* a partir do *OpenLayers plugin*, pois as imagens visualizadas por este *plugin* são mais recentes em relação ao *Basemap* no *ArcGis 9.3*. As imagens são dos satélites da Astrium e datam de 03/08/2013. A digitalização ocorreu de forma manual com a utilização de ferramentas de digitalização disponíveis no software *Qgis 2.8.3*.

Para auxiliar na distinção dos objetos na imagem foi construída uma chave de interpretação (Quadro 3), pela qual foi possível fazer a distinção dos três tipos de formações do Cerrado (campos, savanas e florestas). Durante o mapeamento foram considerados a densidade, a proximidade com corpos d'água e a altitude em que estavam os fragmentos florestais para a diferenciação das fitofisionomias do Cerrado.

QUADRO 3 - Chave de interpretação.

| Classes de uso da Terra | Padrões característicos de interpretação | Imagen Digital Globe Astrium (03/08/2013) |
|-------------------------|--|---|
| Floresta | Cor: verde escuro Textura: rugosa (vegetação densa) Forma: irregular |  |
| Cerrado denso | Cor: verde Textura: rugosa (densidade vegetacional média) Forma: irregular |  |
| Cerrado ralo | Cor: verde e marron (solo exposto) Textura: rugosa (densidade vegetacional baixa) Forma: irregular |  |
| Campo/Vereda | Cor: roxo acinzentado Textura: lisa Forma: irregular |  |
| Silvicultura | Cor: verde escuro Textura: pouco rugosa Forma: regular |  |

...continua...

QUADRO 3 – Cont.

| Classes de uso da Terra | Padrões característicos de interpretação | Imagen Digital Globe Astrium (03/08/2013) |
|-------------------------|--|---|
| Pastagem | <p>Cor: verde (vegetação rasteira e árvores), marrom (solo exposto)</p> <p>Textura: lisa (algumas árvores)</p> <p>Forma: regular</p> | |
| Agricultura | <p>Cor: verde claro</p> <p>Textura: lisa</p> <p>Forma: regular</p> | |
| Cultura Irrigada | <p>Cor: verde claro</p> <p>Textura: lisa</p> <p>Forma: circular</p> | |
| Área urbana | <p>Cor: marrom (cor do telhado), verde (terrenos e praças), cinza (asfalto e calçamento)</p> <p>Textura: rugosa</p> <p>Forma: regular (quarteirões)</p> | |
| Represa | <p>Cor: ciano</p> <p>Textura: lisa</p> <p>Forma: regular (geralmente triangular a alongada)</p> | |

Fonte: A autora.

Foram discriminadas dez classes de uso, sendo elas: Floresta, Cerrado denso, Cerrado ralo, Campo úmido/ Vereda, Silvicultura, Pastagem, Agricultura, Cultura irrigada, Área urbana e Represa.

Devido à dificuldade de se separar as diversas fitofisionomias do Cerrado, estas foram agrupadas em quatro classes de vegetação nativa:

- a) Floresta: que reuniu a Mata Ciliar, a de galeria, a Floresta Estacional Decidual e a Semi-decidual;
- b) Cerrado denso;
- c) Cerrado ralo;
- d) Campo/ Vereda: que agrupou o Palmeiral, a Vereda e o Campo Limpo Úmido.

As classes supracitadas estão de acordo com a classificação proposta por Ribeiro e Walter (2008) que dentre as formações savânicas subdivide Cerrado *Sensu Stricto* em denso, típico e ralo de acordo com sua densidade vegetal. Desta forma, neste trabalho, a classe Cerrado denso refere-se à forma densa e a classe Cerrado ralo à forma rala.

As formações campestres também possuem variações, principalmente pela umidade do solo e topografia, onde o lençol freático é superficial, especialmente em áreas de nascentes e encostas, nos fundos dos vales e no entorno de Veredas e bordas de mata de galeria, é formado o Campo Limpo Úmido (RIBEIRO; WALTER, 2008). Assim, foram reunidas as formações Campo Limpo Úmido e Vereda em uma única classe, pois coexistem em regiões de características singulares sendo difícil distingui-las pela imagem de satélite.

4.3 Mapa de hipsometria

Para elaboração do mapa de hipsometria, foi utilizado o SRTM de 30 m de resolução disponibilizado pelo USGS. Os procedimentos foram realizados no *ArcGis 9.3*. Primeiramente, foram extraídas as curvas de nível a partir da ferramenta *Contour* com intervalo entre as curvas de 30 metros, com base na resolução do SRTM. Então, foi possível criar uma rede de dados irregular triangulada (TIN) na ferramenta *Create TIN From Features*. No menu *Layer Properties* foram estabelecidas as classes hipsométricas.

Foram definidas seis classes hipsométricas com intervalos de 30m, sendo que a primeira classe contém valores inferiores a 540 m e a última, valores superiores a 660

m. O limite de classes foi estabelecido com base no percentual de representação na área de estudo, além do aspecto do mapa final.

4.4 Mapa de declividade

O mapa de declividade também foi elaborado a partir do SRTM 30m, no software *ArcGis 9.3*, com a utilização da função *Slope*. O Quadro 4 apresenta duas possibilidades para definição das classes de declividade, uma segundo Lepsch (1991) e outra de acordo com a Embrapa (1979). A definição dos intervalos a serem utilizados neste estudo levou em consideração a classificação da Embrapa (1979), para adaptar a metodologia proposta por Lepsh (1991) e assim, definir cinco classes de declividade.

QUADRO 4 - Classes de declividade adaptadas para utilização no trabalho.

| LEPSCH | EMBRAPA | Classes Adaptadas |
|------------|------------------------------|-------------------|
| A < 2% | < 3% Plano (A, B) | < 3% |
| B 2 a 5% | 3 a 8% Suave ondulado (B, C) | 3 a 8% |
| C 5 a 10% | 8 a 20% Ondulado (C, D) | 8 a 20% |
| D 10 a 15% | 20 a 45% Forte ondulado (E) | 20 a 45% |
| E 15 a 45% | 45 a 75% Montanhoso (F) | >45% |
| F 45 a 70% | > 75% Escarpado (G) | |
| G >70% | | |

Fonte: Adaptado de Lepsch (1991) e EMBRAPA (1979).

A escolha dessa classificação foi baseada na EMBRAPA, suprimindo apenas a última classe, maior que 75% (G), devido ao fato das classes propostas por Lepsch (1991), classe F (45 e 70%) e G (>75%) de declividade, terem sido pouco representativas na área de estudo.

4.5 Mapa pedológico

O mapeamento dos tipos de solos foi elaborado relacionando-se os mapas de geologia e declividade, a partir de uma adaptação da metodologia proposta por Oliveira (2012).

O mapa geológico foi determinado a partir de trabalhos de campo, onde se observou a variação dos litotipos em áreas de afloramento ou em superfícies exumadas

pelas drenagens fluviais. Assim, foram anotadas as cotas do ponto de contato entre o basalto do grupo São Bento, arenitos finos da Formação Adamantina e os conglomerados, fácies carbonosas e arenitos grossos da Formação Marília, como apresentados no mapa de litoestratigrafia do Triângulo Mineiro de Batezelli (2003).

A partir da reclassificação da rede de dados irregular triangulada (TIN) foram estabelecidas duas classes, a primeira com altitudes menores que 570 m e a outra com valores superiores a 570 m.

Os tipos de solo foram determinados através de trabalhos de campo, onde foi verificado que a variação pedológica é condicionada pela distinção geológica e pelo relevo.

Para extração das classes de solo, primeiramente, foi necessário elaborar uma chave com alguns critérios estabelecidos no Quadro 5. Posteriormente, a partir da intersecção dos mapas de geologia e declividade foram estabelecidos os tipos de solo.

QUADRO 5 - Chave de classificação dos solos.

| Geologia | Declividade (%) | Solos |
|----------|-----------------|--------------------------------|
| Basalto | $\leq 45\%$ | Argissolo e Nitossolo |
| | $> 45\%$ | Cambissolo e Neossolo litólico |
| Bauru | $\geq 35\%$ | Cambissolo e Neossolo litólico |
| | $< 35\%$ | Latossolo Vermelho |

Nesta etapa, os arquivos raster de geologia e declividade foram transformados em vetores, depois realizou-se a intersecção a partir da ferramenta *intersect*. Assim, na tabela de atributos do arquivo *shape* resultante, foram selecionadas e exportadas as linhas de interesse para obtenção das classes. Então, na tabela de atributos, em *table options* e depois, em *select by attributes*, foram estabelecidas as condições que correspondiam às classes, por exemplo, “GRIDICODE” = 2; “GRIDICODE1” ≤ 25 que correspondem respectivamente à formação geológica e a declividade. Pela pequena escala adotada nesta análise, ao invés de se definir classes de solo, optou-se por determinar associações de solos, caso contrário as classes seriam muito pontuais.

Os solos hidromórficos encontrados na área foram obtidos a partir da vetorização de seus limites identificados por interpretação visual em tela das imagens dos satélites da Astrum disponibilizadas pelo Google Earth no software Qgis 2.8.3.

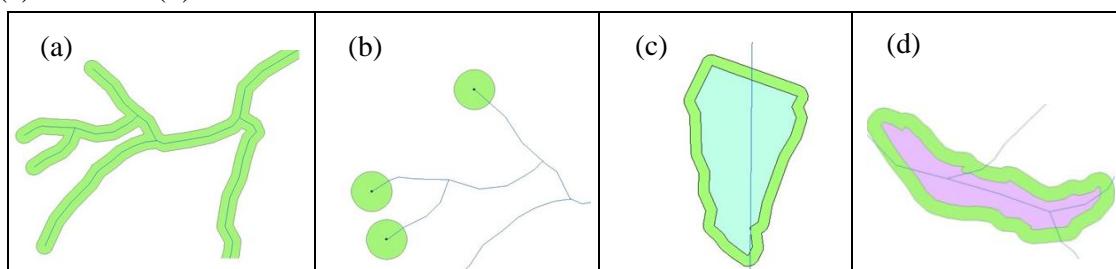
4.6 Mapa de Áreas de Preservação Permanente - APPs

As áreas de preservação permanente foram determinadas com base no que está descrito na Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Primeiramente, foi realizado o mapeamento da cobertura vegetal nativa, logo, foram identificadas as APPs na área de estudo.

As APPs de mata ciliar, nascentes e veredas foram determinadas a partir de *buffers* de acordo com a metodologia de Peluzio, Santos e Fiedler (2010). O procedimento inicial para determinação da APP de mata ciliar foi a verificação da largura dos corpos d'água, assim, com a observação da área a partir de imagens dos satélites da Astra disponibilizadas pelo Google Earth, foi possível verificar que os afluentes do Ribeirão São Lourenço têm menos que 10 metros. Para determinar a largura do Ribeirão São Lourenço foi realizada a média das larguras em 10 pontos medidos ao longo do curso a partir das imagens dos satélites da Astra, assim a média foi de 10,0 metros. No entanto, o valor da média se mostra elevado devido à presença de pontos discrepantes com valores altos, como a maioria dos valores das larguras são inferiores a 10m, considerou-se que o Ribeirão São Lourenço tem menos de 10m de largura. Por conseguinte, determinou-se para APP de mata ciliar em toda bacia um *buffer* de 30m.

Foi feito um *buffer* com raio de 50m a partir do ponto de afloramento do corpo d'água para delimitação das APPs de nascentes. As áreas de veredas foram delimitadas com um *buffer* de 50m a partir do término do solo hidromórfico. Foi determinada uma faixa mínima de APP de 15m para as represas, pois as mesmas tem pouco mais que 1ha, então, foi realizado um *buffer* de 15m (Figura 4).

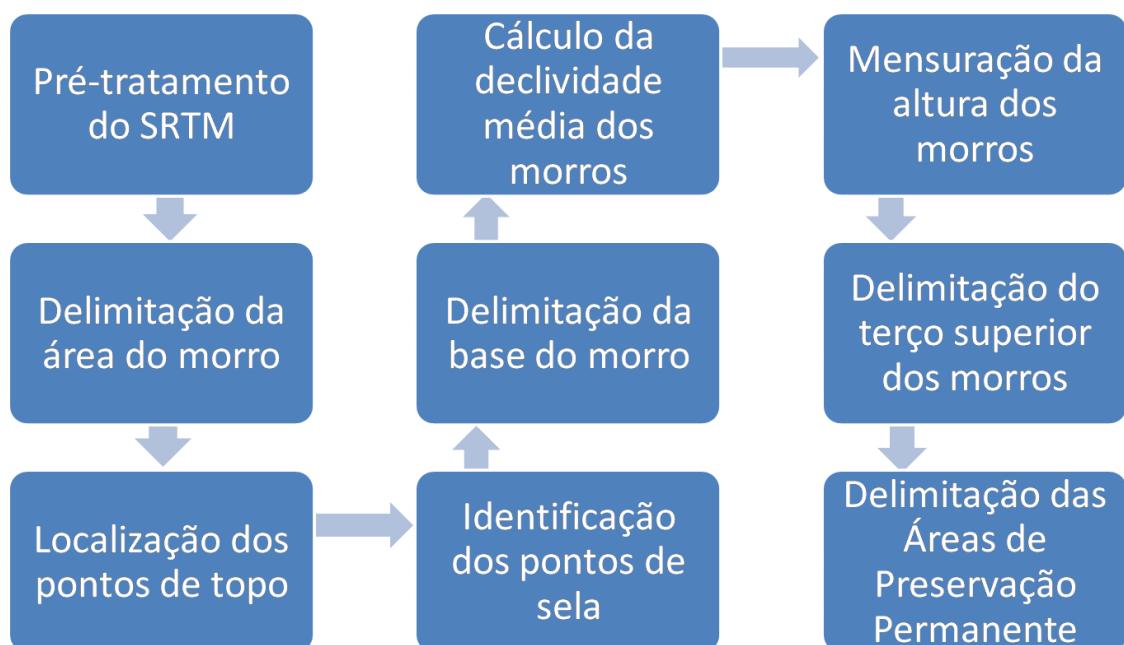
FIGURA 4 – Representação dos buffers de APP de drenagem (a), nascente (b), represa (c) e vereda (d).



Fonte: A autora.

A partir da metodologia descrita por Oliveira (2013), foi possível determinar as APPs de topo de morro, assim como consta na Figura 5 e no Quadro 10 (APÊNDICE A). Dessa forma, o procedimento inicial foi o pré-tratamento onde o SRTM foi submetido a um filtro de médias a partir do *Focal Statistics* para correção de erros que podem causar distorções na superfície modelada. Depois, foram removidas as depressões espúrias no *Fill* para determinação da posição geográfica das áreas relativas às bases dos morros.

FIGURA 5 – Organograma das etapas de delimitação das APPs de topo de morro.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2013).

A área dos topos de morro foi obtida partir da inversão do SRTM, essa inversão é necessária para se obter base hidrológica dos morros. Assim, os topos de morros no SRTM original se tornam depressões no SRTM invertido, sendo possível obter sua área de abrangência, ou seja, sua base hidrológica. Já que esta área coincide com a hidrografia e os pontos de sela (definem os limites dos morros e apresentam elevação máxima numa direção e mínima na direção perpendicular).

O SRTM invertido foi obtido a partir da subtração do SRTM por um valor de altitude superior ao da área de estudo no *Minus*, neste caso, o valor foi 800 pelo fato da altitude máxima na área é de 750m. Logo, foi gerado um raster de direção de fluxo com SRTM invertido no comando *Flow direction* e como *Basin* foram delimitadas as bacias

de drenagem. Em um SRTM invertido, a direção de fluxo indica os topos de morro do MDE original, enquanto as bacias de drenagem coincidem com as bases hidrológicas dos morros.

O arquivo raster gerado no *Basin* é convertido para vetor no comando *Raster to polygon* e depois em linhas no *Feature to line* para a determinação dos pontos de cela. Os limites das bacias do MDE invertido passam sobre os pontos de cela, sendo estes os pontos máximos das linhas dos limites. Assim, com a função *Zonal statistics* foram extraídos os valores máximos dessas linhas, logo, a partir do *Raster calculator*, foram identificadas as células do SRTM original com valores semelhantes aos máximos encontrados nas linhas. Então, o raster foi reclassificado no *Reclassify* para o valor “1” e logo convertido em vetor (ponto) no *Raster to point*.

A cada ponto foi adicionada sua respectiva altitude advinda do SRTM original com a função *Add surface information*. Os pontos de topo foram determinados a partir do arquivo vetorial (polígono) das bases hidrológicas utilizado como zona na função *Zonal statistics*. Assim, foram extraídos os valores máximos do SRTM original. Com a função *Raster calculator* foram identificadas as células do SRTM original com valores semelhantes aos máximos encontrados nas bacias hidrológicas. Logo, o raster foi reclassificado no *Reclassify*, convertido para o formato vetorial no *Raster to point* e acrescido de informações quanto sua altitude obtida do SRTM a partir do *Add surface information*.

A base legal dos morros é definida segundo a Lei 12.651/12 pela cota do ponto de cela mais próximo da elevação. Desta forma, os pontos de cela e topo foram relacionados numa tabela que traz os pontos de cela mais próximos dos pontos de topo no comando *Generate near table*. Depois, foram adicionadas as coordenadas geográficas dos pontos de topo e cela, a partir do *Join field*. Foram subtraídas as altitudes dos pontos de topo seus respectivos pontos de cela mais próximos, para obter os topos superiores a 100m como determina a Lei 12.651/12, nesta etapa utilizou-se as funções *Add field* e *Calculate field*.

As informações dos pontos de topo e pontos de cela foram adicionadas à tabela de atributos do arquivo das bases hidrológicas dos morros com a função *Spatial join*. Depois, o arquivo foi convertido para o formato *raster* no *Polygon to raster*, assim as células que correspondem aos pontos de cela assumiram o valor das altitudes das mesmas. Logo, foi subtraída as altitudes dos pontos de cela do SRTM com a função

Raster calculator. O raster foi reclassificado no *Reclassify* determinando para as células com valores iguais ou superiores a zero, o valor um. Este arquivo foi convertido para vetor (polígono) no *Raster to polygon* e representa a base legal dos morros.

Através da função *Zonal statistics* foram identificadas as altitudes máximas superiores a 100m dos polígonos que representam a base legal dos morros, com base no SRTM. Com a função *Raster calculator* foram selecionadas as células com altitudes iguais ou superiores a 100m. Então, o arquivo foi reclassificado no *Reclassify* para obter as células que continham os morros com altura igual ou superior a 100 metros.

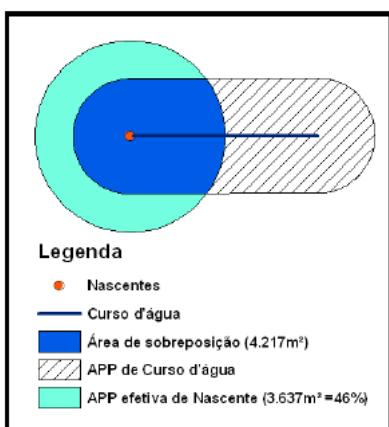
A declividade foi calculada a partir do *slope*. Depois, a declividade média nos morros foi calculada a partir da função *Zonal statistics*, utilizando a declividade previamente gerada e a base legal dos morros. O *raster* gerado foi reclassificado *Reclassify*, de modo que as células com valores superiores a 24,99 foram classificadas com valor um. Logo, o raster de morros com altura superior a 100m e o de declividade média superior a 25°, foram multiplicados a partir da função *Times* a fim de obter um raster de morros onde os dois requisitos são satisfeitos.

O último passo, foi definir o terço superior das áreas com morros acima de 100m e declividade superior a 25°. Portanto, com o *Raster calculator* foi calculada a diferença entre a altitude de cada célula do SRTM com as células da base dos morros. Calculou-se a estatística zonal da base legal dos morros no *Zonal statistics* para obter a abrangência da altitude nessas áreas. Através da função *Raster calculator* foi calculado o terço superior dos morros a partir da razão entre o raster que continha a diferença de altitude entre o SRTM e as células da base dos morros e o que continha a altitude na base legal dos morros, retornando valores iguais ou superior a 0,667 (equivalente a um terço). O raster foi reclassificado no *Reclassify*, em que o valor 1 representa o terço superior de todas as bases legais dos morros.

Para obtenção das APPs de topo de morro, multiplicou-se a partir do *Times* o raster que continha morros com altura superior a 100m e declividade média superior a 25 graus pelo raster do terço superior, logo o raster foi convertido para o formato vetorial *Raster to polygon*.

Após a determinação de todas as APPs foi possível contabilizar as APPs totais, no entanto algumas APPs se sobrepõem (Figura 6) como no caso das nascentes e corpos d'água (PELUZIO; SANTOS; FIEDLER, 2010).

FIGURA 6 - Área efetiva da APP de nascente.



Fonte: Peluzio, Santos e Fiedler (2010).

O mapa final das APPs sem sobreposição de área foi obtido a partir da ferramenta *Update*, desta forma, cada *shapefile* das APPs foi reunido obedecendo a seguinte ordem de prioridade: nascente, represas, veredas e cursos d'água. Assim, foi possível calcular a área total das APPs. Assim, na tabela de atributos em *Calcutale Geometry* foi calculada a área das APPs totais o que posteriormente permitiu o cálculo de área em cada uma das APP a partir da ferramenta *Select by attributes*, onde foram selecionadas e exportadas as APPs de nascente, represa, vereda e cursos d'água.

4.7 Mapa de conflito de uso da terra

O conflito de uso foi verificado a partir da intersecção dos mapas de APP e uso da terra na ferramenta *Intersect*, que retorna um *shapefile* com os usos contidos nas áreas de APP. Com a ferramenta *Select by attributes* foram selecionados na tabela de atributo, cada APP com seus respectivos usos para verificar qual uso é predominante e se isso confere conflito de uso. Foram estabelecidas condições para seleção como, por exemplo, “APP” = 2; “Uso_solo” que corresponde aos usos da terra nas APPs de drenagem.

4.8 Mapa de capacidade de uso da terra

O mapa de capacidade de uso da terra foi obtido por meio do cruzamento do mapa de solos e o mapa de declividade, devido aos elementos da fórmula mínima que se referem principalmente aos solos e declividade. Antes do cruzamento, o mapa de declividade passou pelo processo de filtragem para que houvesse uma suavização das classes. Deste modo, foi utilizado um filtro passa-baixa do tipo moda. Tal procedimento foi realizado no software *Idrisi*.

Com a utilização da calculadora raster em *Map algebra - Raster Calculator* foram estabelecidas as sintaxes, por exemplo: ("solo_recla" == 3) & ("dec_recla" > 8) / ("solo_recla" == 1) & ("dec_recla" <= 8), para obtenção das classes de capacidade de uso, mais especificamente a classe três, neste exemplo. Logo, os arquivos resultantes foram reclassificados em *Reclass - Reclassify*, transformados em vetor e depois reunidos a partir da ferramenta *Merge*.

O enquadramento em classes de capacidade de uso ocorreu a partir do método sintético comparando-se os fatores levantados em cada fórmula mínima, com a descrição de cada classe e subclasse de capacidade de uso da terra feita por Lepsch (1991). Buscando encontrar a melhor classe e subclasse que representasse as características que compunham cada fórmula mínima. Esta foi feita com base nos critérios diagnósticos descritos por Lepsch (1991).

O levantamento das características do solo foi viabilizado a partir da literatura, visto que, levantamentos pedológicos detalhados ou semidetalhados são ausentes na área e a realização destes tornou-se inviável pelo tempo da pesquisa. O levantamento pedológico disponível é do tipo exploratório, trata-se do mapa de reconhecimento de solos do Triângulo Mineiro na escala de 1:500.000.

As classes de profundidade, textura, declividade e graus de permeabilidade encontradas no manual de Lepsch (1991) tiveram os intervalos e a descrição comparados com os encontrados na EMBRAPA (2006), a fim de fazer a correspondência destas classes (Quadro 6).

QUADRO 6 - Fatores que compõe a fórmula mínima e suas respectivas classes de acordo com a EMBRAPA.

| LEPSCH | | EMBRAPA |
|----------------------------|---|---|
| Classes de profundidade | INTERVALOS | |
| 0 - Não identificada | — | — |
| 1 - Muito profundo | > 2 m | > 200 cm |
| 2 - Profundos | 1 a 2 m | >100 cm ≤ 200 cm |
| 3 - Moderadamente profundo | 0,5 a 1 m | > 50 cm ≤ 100 cm |
| 4 - Rasos | 0,25 a 0,50 m | ≤ 50 cm |
| 5 - Muito rasos | < 0,25 m | — |
| Classes texturais | INTERVALOS | |
| 0 - Não identificada | — | — |
| 1 - Muito argilosa | > 60% Argila | > 60% Argila |
| 2 - Argilosa | 35 a 60% Argila | 35 a 60% Argila |
| 3 - Média | < 35% Argila; >15% areia; Silte < 50% | < 35% Argila >15% Areia |
| 4 - Siltosa | > 50% Silte; < 35% Argila; < 15% Areia; | > 65% Silte; < 15% Areia; < 35% Argila |
| 5 - Arenosa | Argila < 15%; Areia > 70% | Areia e Areia-franca |
| Grau de permeabilidade | Classes de drenagem | |
| 0 - Não identificado | — | — |
| 1 - Rápida | Percolação > 150 mm/h (textura arenosa) | Excessivamente, fortemente, acentuadamente e bem drenado. |
| 2 - Moderada | Percolação 5 a 150mm/h | Moderadamente e imperfeitamente drenado |
| 3 - Lenta | Percolação < 5mm/h (textura argilosa) | Mal e muito mal drenado |
| Classes de declividade | INTERVALOS e RELEVO | |
| A | < 2% | < 3% (AB) Plano |

...continua...

QUADRO 6 - Cont.

| LEPSCH | | EMBRAPA |
|------------------------|----------|-----------------------------|
| Classes de declividade | | INTERVALOS e RELEVO |
| B | 2 a 5% | 3 a 8% (BC) Suave ondulado |
| C | 5 a 10% | 8 a 20% (CD) Ondulado |
| D | 10 a 15% | 20 a 45% (E) Forte ondulado |
| E | 15 a 45% | 45 a 75% (F) Montanhoso |
| F | 45 a 70% | > 75% (G) Escarpado |
| G | >70% | |

Fonte: Adaptado de Lepsch (1991) e EMBRAPA (2006).

O quadro acima apresenta duas colunas em rosa com as classes, graus e intervalos dos fatores componentes da fórmula mínima de acordo com Lepsch (1991). Na coluna sem coloração, são apresentados os intervalos e classes correspondentes de acordo com a EMBRAPA (2006).

Neste trabalho não foram analisadas a erosão hídrica nem a laminar, apenas considerou-se para cada fórmula o potencial de erodibilidade (Quadro 7) de cada solo em relação à declividade/classes de solo como apresentado por Calderano Filho et al. (2014).

QUADRO 7 - Potencial de erodibilidade em relação à declividade.

| LEPSCH | | CALDERANO FILHO et al. | | Associação de classes de declividade para enquadramento no potencial de erodibilidade. | |
|-------------|------------|----------------------------|-----------------------|--|--|
| Declividade | | Potencial de erodibilidade | Declividade | | |
| Classes | Intervalos | | | | |
| A | < 2% | Nulo | < 3% plano | A-B | |
| B | 2 a 5% | Muito Baixo | 3 a 8% suave ondulado | B-C | |
| C | 5 a 10% | Baixo | 8 a 20% ondulado | C-D | |

...continua...

QUADRO 7 – Cont.

| LEPSCH | | CALDERANO FILHO et al. | | Associação de classes de declividade para enquadramento no potencial de erodibilidade. | |
|-------------|------------|----------------------------|-------------------------|--|--|
| Declividade | | Potencial de erodibilidade | Declividade | | |
| Classes | Intervalos | | | | |
| D | 10 a 15% | Alto | 20 a 45% forte ondulado | E | |
| E | 15 a 45% | Muito alto | 45 a 75% montanhoso | F | |
| F | 45 a 70% | Extremamente alto | > 75% escarpado | G | |
| G | >70% | - | - | - | |

Fonte: Adaptado de Calderano Filho et al. (2014).

O quadro anterior apresenta primeiramente as classes de declividade e seus respectivos intervalos de acordo com Lepsch (1991). Logo apresenta uma correspondência dessas classes com as apresentadas por Calderano Filho et al. (2014), que estão diretamente relacionadas ao potencial de erodibilidade. Por fim, apresenta uma associação de classes de declividade de Lepsch (1991) para enquadramento no potencial de erodibilidade.

O levantamento do meio físico foi realizado de acordo com os fatores condicionantes para determinação da capacidade de uso da terra, que constam no manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso de Lepsch (1991).

4.9 Mapa de áreas com potencial para preservação

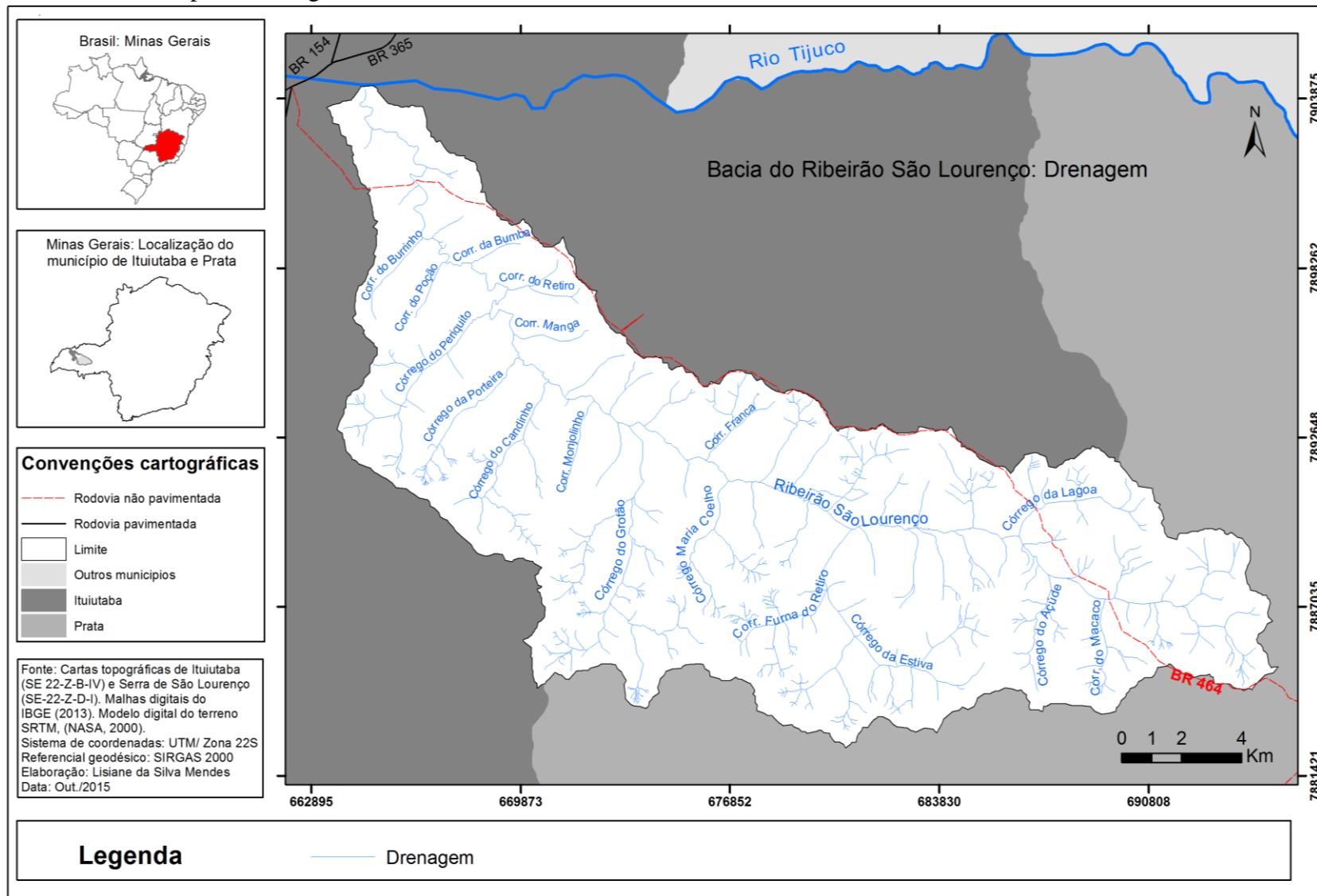
O mapa de áreas com potencial para preservação foi obtido a partir do mapa de capacidade de uso da terra, onde foram selecionadas as classes inaptas à agricultura na *attribute table*, e depois foram exportadas a partir da opção *data* em *export data*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapa de drenagem

Ao longo da extensão do Ribeirão São Lourenço, pode-se verificar as características de sua rede hidrográfica. Em relação ao tipo de canal, seus afluentes são do tipo retilíneo, pois escoam pelo terreno de forma retilínea sem formação de curvas, além disso, a drenagem é do tipo dendrítico, pois os canais surgem em todas as direções como galhos de árvore (Figura 7).

FIGURA 7 – Mapa de drenagem.



5.2 Diagnóstico do meio físico

5.2.1 Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico (Figura 8) apresenta as seis classes de hipsometria geradas a partir de uma rede de dados irregular triangulada (TIN), obtida a partir do modelo digital do terreno SRTM de 30 m com intervalo entre as curvas de 30 metros.

Na área da bacia do Ribeirão São Lourenço, o intervalo de altitude que varia de 600 a 630m é a classe mais encontrada, ocupando 28,42% da área e as altitudes inferiores a 600m (representada por três classes), ocupam 22,42% da área (Tabela 1).

TABELA 1 - Área ocupada pelas classes de hipsometria na bacia do Ribeirão São Lourenço

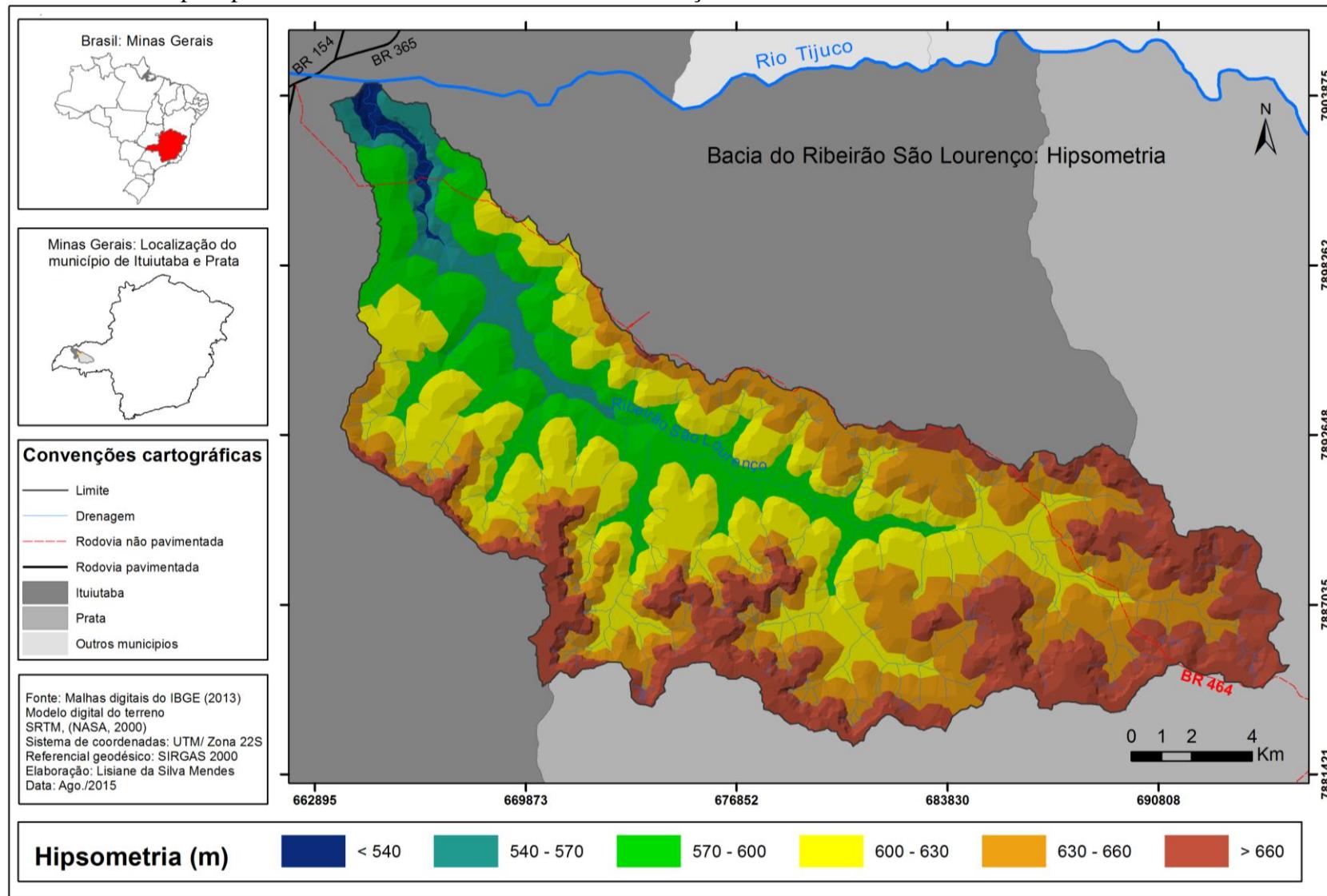
| Classes de hipsometria (m) | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| < 540 | 261,8 | 0,89 |
| 540 - 570 | 1262,8 | 4,29 |
| 570 - 600 | 5071,2 | 17,24 |
| 600 - 630 | 8361,8 | 28,42 |
| 630 - 660 | 7536,3 | 25,62 |
| > 660 | 6923,4 | 23,54 |
| Total | 29.429,1 | 100,00 |

Fonte: A autora.

A partir de trabalho de campo foi possível observar uma relação entre os intervalos de altitude e a geologia na área. Dessa forma, o mapa de hipsometria foi utilizado para elaboração do mapa geológico.

Foi verificado que em altitudes menores que 570m está presente o grupo São Bento, caracterizado pela presença de basalto, já em altitudes superiores a 570m foi encontrado o grupo Bauru, caracterizado pela presença de arenito.

FIGURA 8 - Mapa hipsométrico da Bacia do Ribeirão São Lourenço



5.2.2 Mapa de declividade

Foram obtidas cinco classes de declividade (Figura 9), sendo que a distribuição destas em relação à área total da bacia está apresentada na Tabela 2.

TABELA 2 - Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do Ribeirão São Lourenço

| Classes de declividade | Intervalos declividade % | Relevo | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------|
| AB | < 3 | Plano | 4.080,8 | 13,87 |
| BC | 3 - 8 | Suave ondulado | 14.042,6 | 47,72 |
| CD | 8 - 20 | Ondulado | 9.834,5 | 33,42 |
| E | 20 - 45 | Forte ondulado | 1.381,9 | 4,70 |
| F | > 45 | Montanhoso | 89,3 | 0,30 |
| TOTAL | | | 29429,1 | 100,00 |

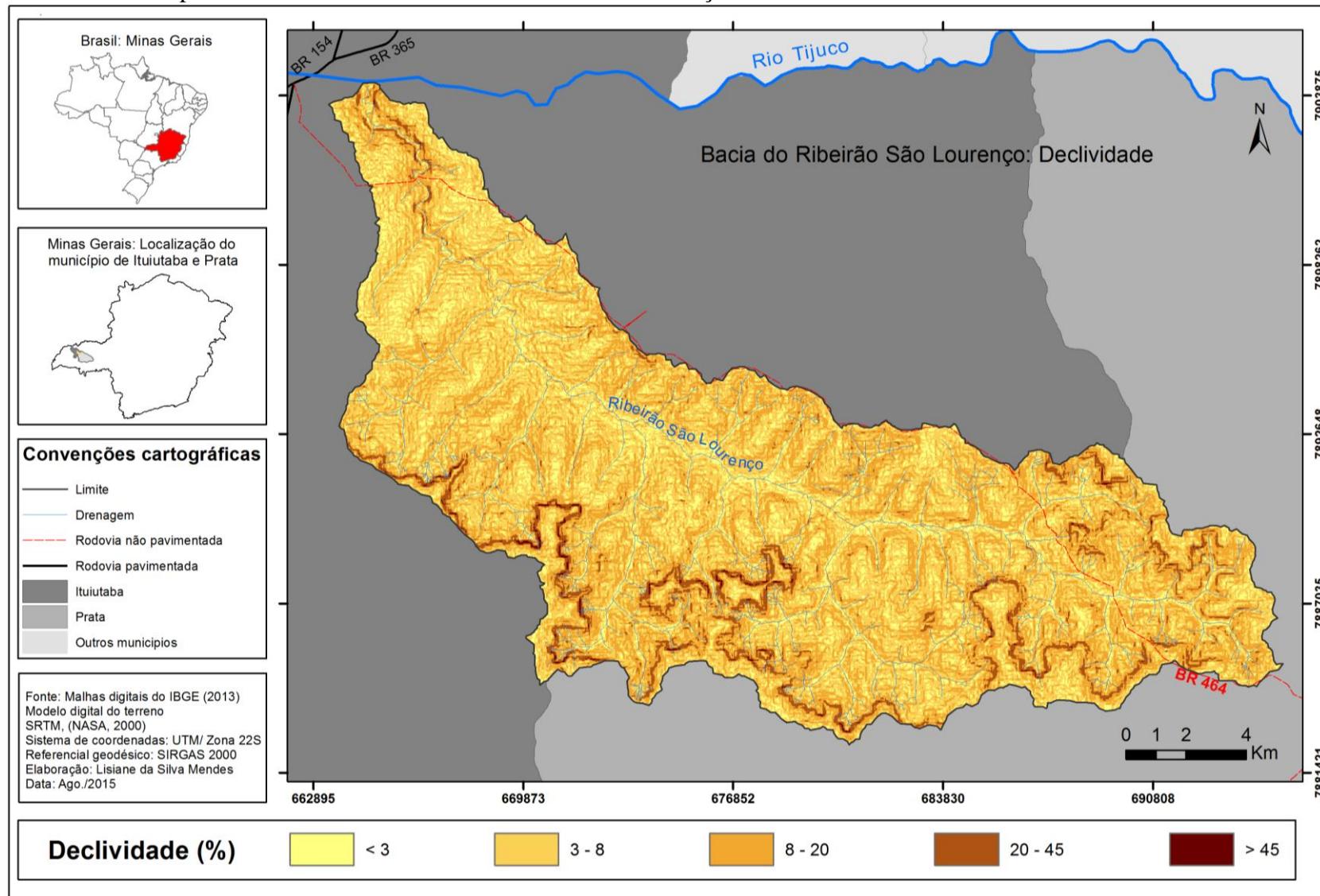
Fonte: adaptado de Lepsch (1991)

De acordo com os dados da tabela, verifica-se que 81,14% da área total da bacia tem relevo suave ondulado a ondulado. Os relevos plano e suave ondulado representam respectivamente 13,87% e 47,72% da área, nessas regiões o uso de máquinas agrícolas não é prejudicado pelo declive. A erosão hídrica pode ser um problema em cultivos intensos em declives acima de 5%, caso haja outro tipo de manejo, práticas simples podem controlá-la (LEPSCH, 1991).

Em relevos ondulados com declive acima de 10%, as máquinas agrícolas são utilizadas com dificuldade devido à inclinação do terreno. Nessas regiões o potencial de erodibilidade é maior, salvo em regiões com solos muito permeáveis e pouco arenosos, como no caso dos Latossolos (LEPSCH, 1991).

Do total da área da bacia, apenas 5% apresenta relevo fortemente ondulado a montanhoso com declives acima de 20%, nessas regiões há restrições quanto ao uso de máquinas agrícolas. Os solos estão mais suscetíveis à erosão hídrica devido ao aumento da velocidade do escoamento superficial (LEPSCH, 1991).

FIGURA 9 - Mapa de declividade da Bacia do Ribeirão São Lourenço.



5.2.3 - Mapa de solos

O mapa de solos (Figura 10), obtido a partir do cruzamento do mapa de geologia e declividade, apresentou quatro unidades de solo (Tabela 3).

Assim, em áreas de ocorrência de basalto onde as declividades são iguais ou inferiores a 45%, ocorre a associação de Argissolo e Nitossolo. Já em declividades superiores a 45%, ocorre a associação de Cambissolo e Neossolo litólico. Em áreas de ocorrência dos arenitos onde as declividades são iguais ou superiores a 35%, ocorre associação de Cambissolo e Neossolo litólico e em declividades inferiores a 35%, ocorre o Latossolo Vermelho.

TABELA 3 - Área das quatro unidades de solo identificadas na bacia.

| Unidades/ classes de solo | Área (ha) | Área (%) |
|--------------------------------|----------------|---------------|
| Argissolo e Nitossolo | 1.523,9 | 5,18 |
| Cambissolo e Neossolo litólico | 668,2 | 2,27 |
| Solos hidromórficos | 1.272,7 | 4,32 |
| Latossolo Vermelho | 25.964,3 | 88,23 |
| Total | 29429,1 | 100,00 |

Fonte: A autora.

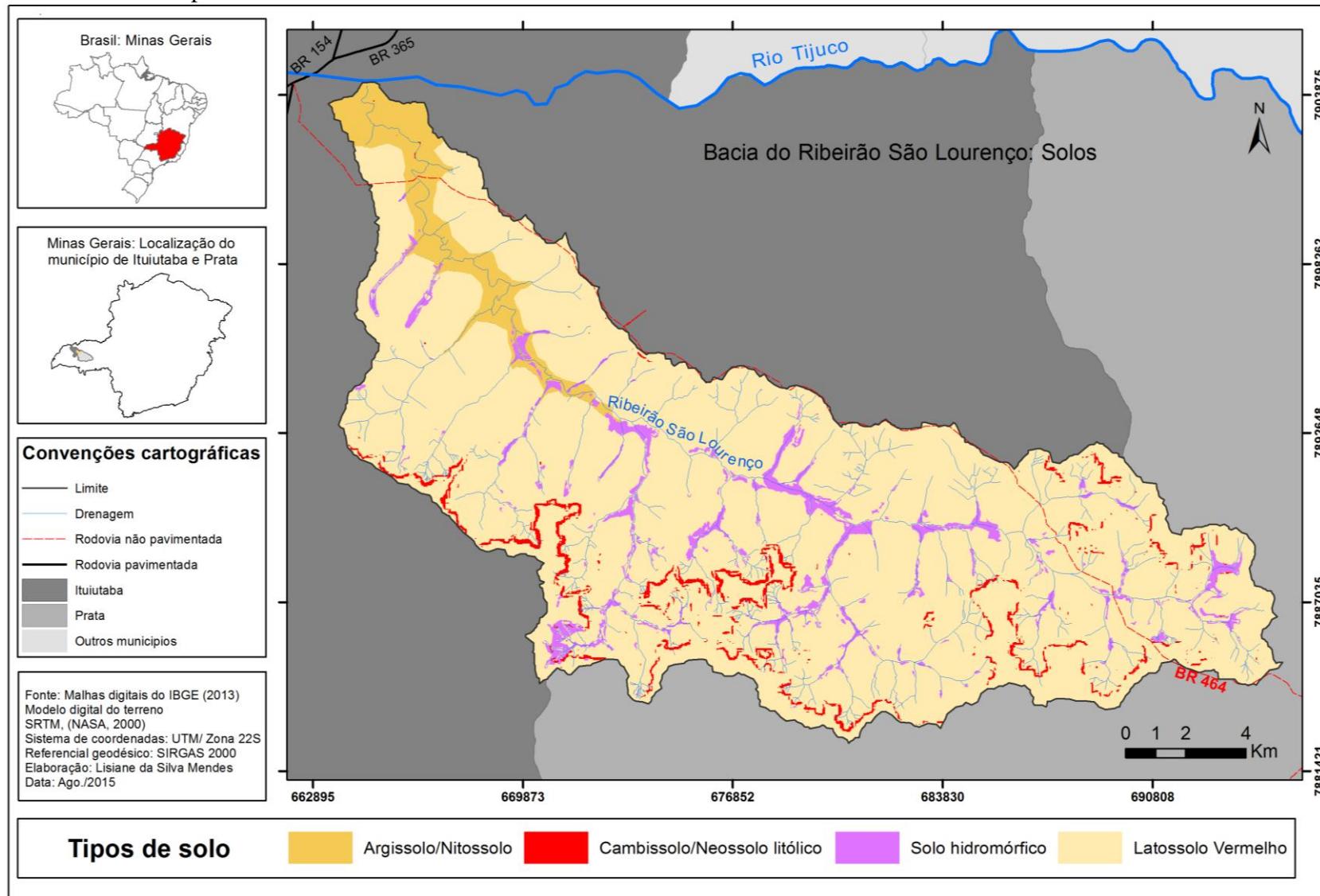
Cerca de 88,23% dos solos da área da bacia estão enquadrados na classe dos solos Latossolos Vermelhos, que possuem grande aptidão agrícola podendo ser utilizados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento (SOUZA; LOBATO, 2015). O seu alto potencial para agropecuária causa pressão em áreas que devem ser preservadas como APPs e reserva legal.

A associação de Cambissolo e Neossolo litólico representa 2,27% e está presente em superfícies erosivas associados à forma de relevos residuais. De acordo com Santos; Zaroni e Almeida (2015a); Zaroni e Santos (2015b) as limitações dos Cambissolos e Neossolos litólico estão relacionadas às declividades acentuadas em que se encontram, pois isso dificulta o uso de máquinas e aumenta o potencial de erodibilidade. Além disso, a pouca profundidade do Neossolo litólico limita o crescimento radicular, sendo um empecilho para a atividade agrícola (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2015a).

Pouco mais de 5% da área está representada pela associação de Argissolo e Nitossolo. De acordo com Zaroni e Santos (2015a); Santos; Zaroni e Almeida (2015b) o uso agrícola é limitado para os Argissolos e Nitossolos quando estes se encontram em maiores declividades devido a maior suscetibilidade aos processos erosivos, as limitações também estão relacionadas à baixa fertilidade, acidez e teores elevados de alumínio. Mas quando são naturalmente férteis e estão dispostos em relevos planos, tem grande potencial agrícola.

Os solos hidromórficos têm potencial agrícola para cultivo de arroz irrigado. As limitações estão relacionadas principalmente, com a permeabilidade lenta ou muito lenta e também a teores elevados de alumínio, sódio e de enxofre. Por serem muitas vezes encontrados adjacentes a corpos d'água, são indicados como área de APP de mata ciliar, mas em algumas situações, essas áreas sofrem pressão pelo potencial agrícola que têm (ÁGLIO; FIDALGO; SANTOS, 2015).

FIGURA 10 - Mapa de solos.



5.2.4 Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa

A Tabela 4 mostra a área correspondente a cada classe de uso da terra e cobertura vegetal na bacia de Ribeirão São Lourenço (Figura 11). Ao analisar esta tabela, percebe-se que mais da metade da área da bacia tem influência antrópica, principalmente pelo uso das pastagens em mais de 53% da área (Figura 12). A vegetação nativa ocupa quase 36% da área caracterizada, em sua maioria, como áreas de APP, normalmente situadas ao longo dos cursos d'água e nascentes (Figura 13).

As áreas agrícolas representam 9,6% da área da bacia, estando presentes tanto culturas anuais, quanto perenes. Rezende e Rosendo (2009) ressaltam que, houve uma mudança perceptível no setor agrícola no município de Ituiutaba entre os anos de 1997 a 2007 com um expressivo aumento no cultivo de cana de açúcar (Figura 14), uma vez que em 1997 ocupava 0,77% e em 2007 cerca de 3,47% da área total do município. Dentre os outros cultivos no município destacam-se: feijão, mandioca, milho, soja, trigo, banana, café, laranja (IBGE, 2006)

TABELA 4 - Área das classes de uso da terra e percentual em relação à área total da bacia.

| Uso da terra | Área (ha) | Área (%) |
|---------------------|------------------|-----------------|
| Floresta | 6035,2 | 20,51 |
| Cerrado denso | 1432,9 | 4,87 |
| Cerrado ralo | 1828,9 | 6,21 |
| Campo úmido/ Vereda | 1271,1 | 4,32 |
| Silvicultura | 229,0 | 0,78 |
| Pastagem | 15718,9 | 53,41 |
| Agricultura | 2763,0 | 9,39 |
| Cultura irrigada | 63,8 | 0,22 |
| Área urbana | 73,5 | 0,25 |
| Represa | 12,8 | 0,04 |
| TOTAL | 29.429,1 | 100,00 |

Fonte: A autora.

FIGURA 11 - Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa da Bacia do Ribeirão São Lourenço

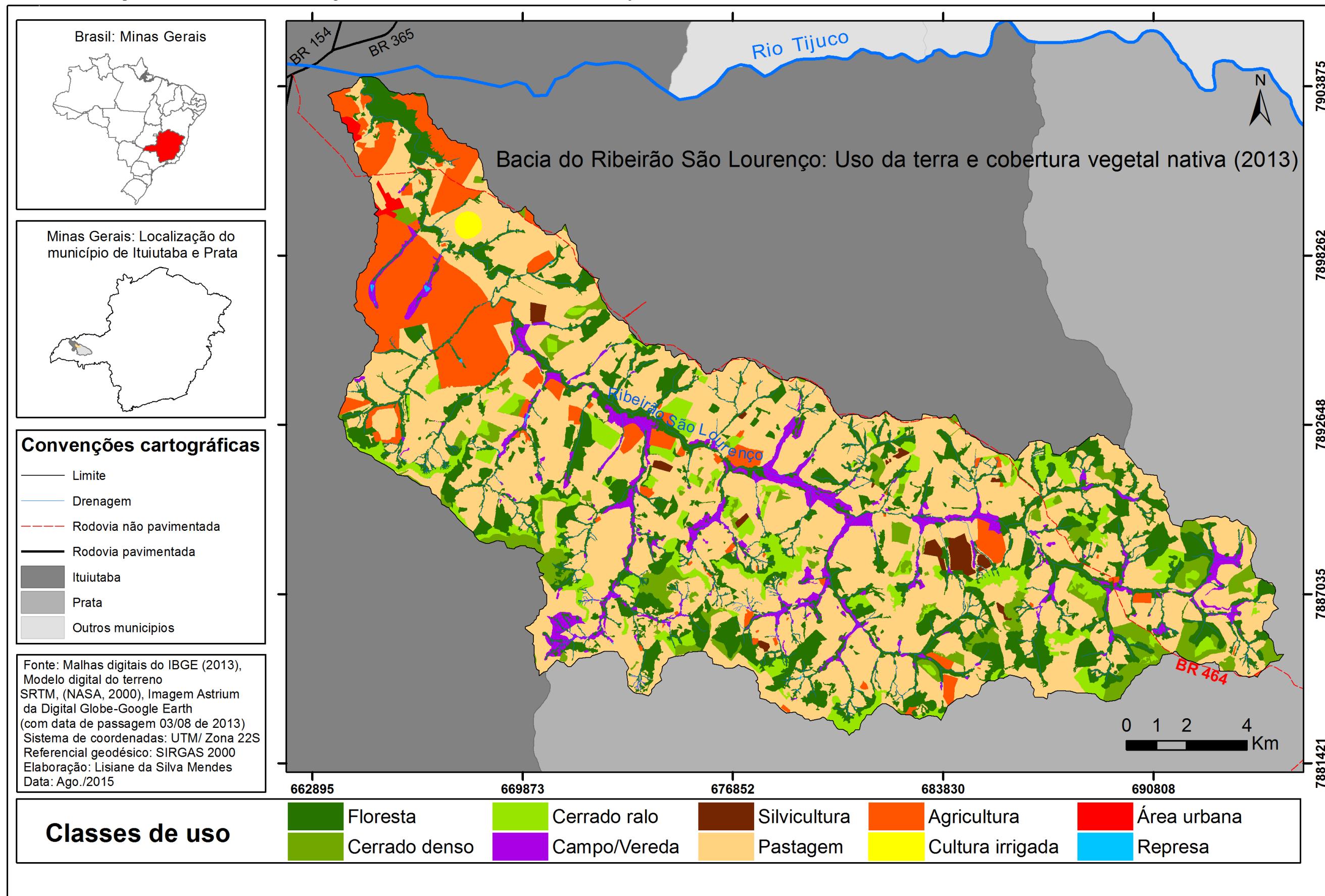
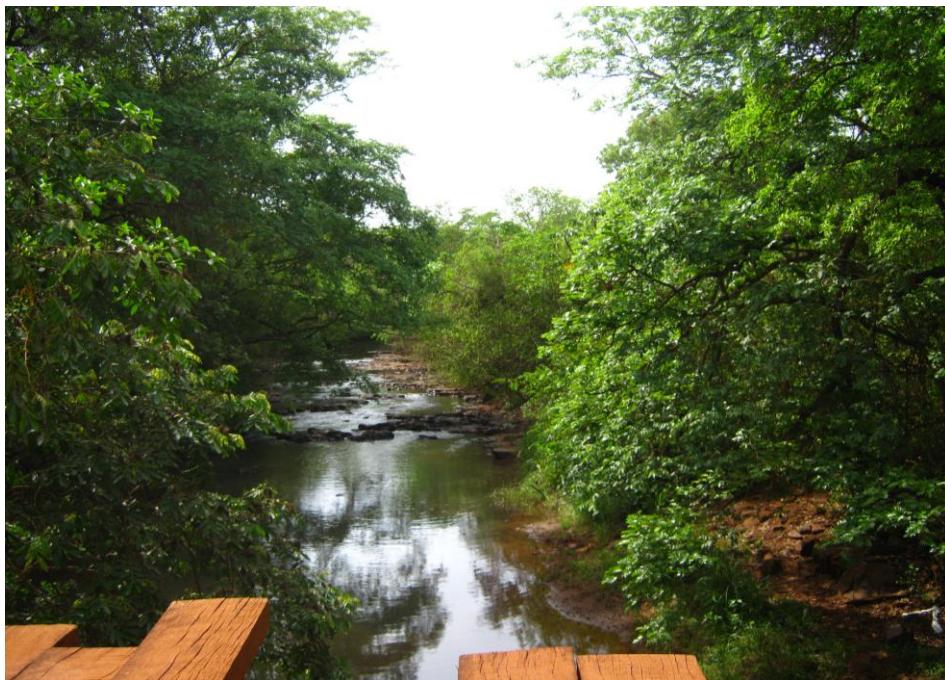


FIGURA 12 - Área de pastagem.



Pastagem - 02/11/15. Coordenadas: 666785 mE e 7898639 mN.
Fonte: A autora.

FIGURA 13 - Mata ciliar.



Mata ciliar - 02/11/15. Coordenadas: 666346 mE e 7901141 mN.
Fonte: A autora.

FIGURA 14 - Cana de açúcar.



Cana de açúcar - 02/11/15. Coordenadas: 665433 mE e 7899587 mN.

Fonte: A autora.

A área urbana na bacia é representada principalmente por loteamento de casas populares (Figura 15 (a) e (b)) e parte de um condomínio.

FIGURA 15 - Área urbana na bacia hidrográfica (a) e (b).



Área urbana - 02/11/15. Coordenadas: 665261 mE e 7899709 mN.

Fonte: A autora.



Área urbana - 02/11/15. Coordenadas: 666964 mE e 7900097 mN.
Fonte: A autora.

As represas apresentam um total de 12,8 ha na bacia e a maioria não possui APP em seu entorno como mostra a Figura 16 (a) e (b).

FIGURA 16 – Represa (a) e (b).



Represa - 02/11/15. Coordenadas: 666634 mE e 7897298 mN.
Fonte: A autora.



Represa - 02/11/15. Coordenadas: 666634 mE e 7897298 mN.

Fonte: A autora.

As áreas de silvicultura representam 229 ha do total da bacia, na Figura 17 pode ser observada uma cultura de pinus.

FIGURA 17 - Silvicultura.



Silvicultura - 02/11/15. Coordenadas: 669447 mE e 7896228 mN.

Fonte: A autora.

A classe Campo úmido/vereda representa cerca de 4,32% da área da bacia (Figura 18).

FIGURA 18 – Veredas.



Vereda - 02/11/15. Coordenadas: 669452 mE e 7895660 mN.
Fonte: A autora.

5.3 Mapa de Áreas de Preservação Permanente –APPs

As áreas identificadas como Áreas de Preservação Permanente – APPs, na bacia do Ribeirão São Lourenço, podem ser vistas na Figura 19. De acordo com a legislação vigente no novo Código Florestal, Lei 12.651/12, é possível identificar quatro tipos de APPs na área, sendo estas: mata ciliar, nascentes, veredas e represas. A Tabela 5 mostra o percentual de área de cada uma das APPs em relação à área da bacia.

TABELA 5 - Área das APPs totais sem sobreposição e percentual em relação área total da bacia.

| APP | Área (ha) | Área (%) | % em relação a área da bacia |
|----------|-----------|----------|------------------------------|
| Nascente | 146,3 | 3,93 | 0,50 |
| Vereda | 1162,0 | 31,24 | 3,95 |

...continua...

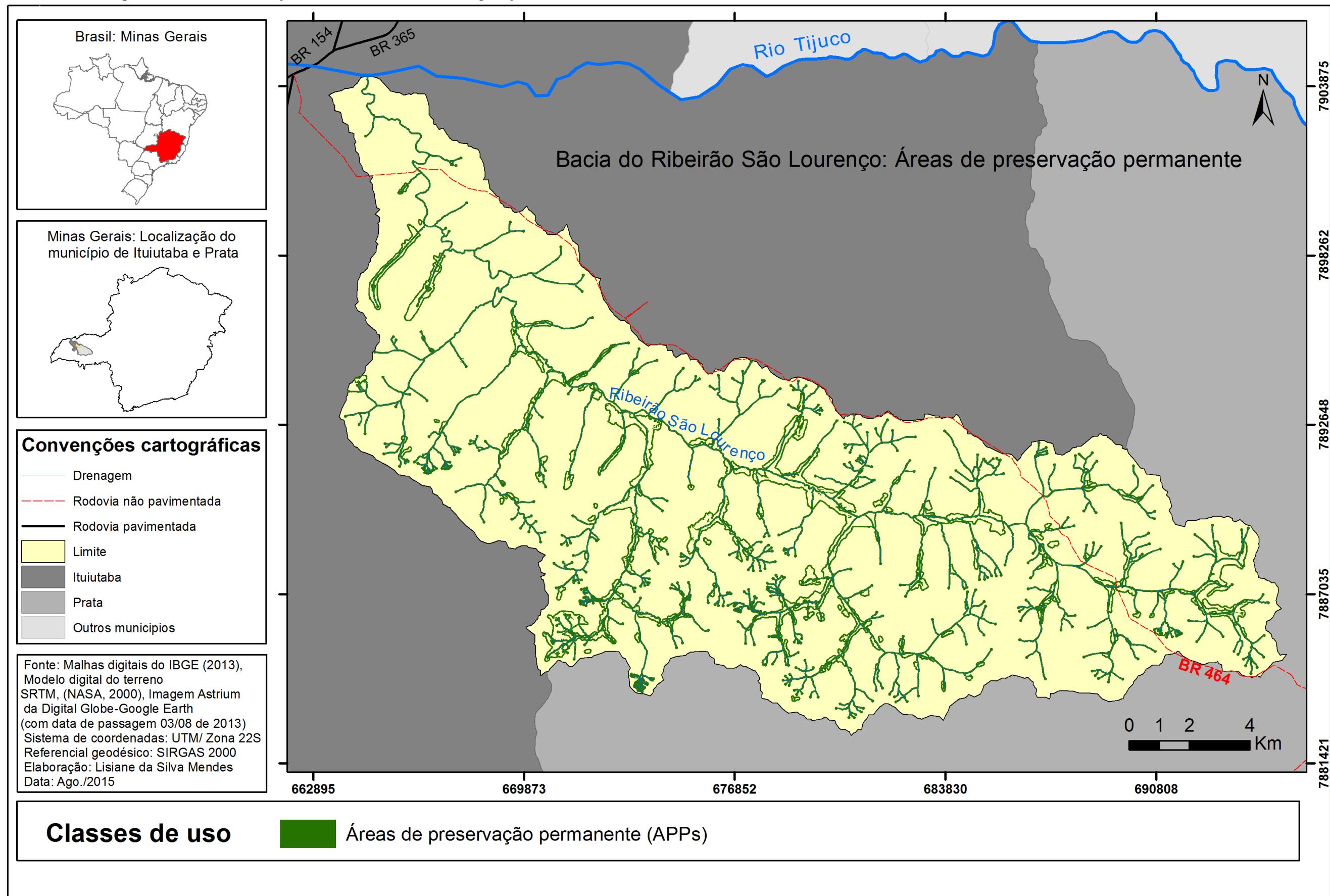
TABELA 6 – Cont.

| APP | Área (ha) | Área (%) | % em relação a área da bacia |
|--------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Represa | 2,7 | 0,07 | 0,01 |
| Drenagem | 2408,6 | 64,75 | 8,18 |
| TOTAL | 3.719,5 | 100,00 | 12,64 |

Fonte: A autora.

Cabe ainda ressaltar, que na área da bacia não foi possível verificar existência das APPs de topo de morro, uma vez que a declividade média dos morros em relação à sua base legal foi de 20°, valor este, menor do que a média exigida pela legislação que é de 25°, demonstrado no passo 32 da metodologia (item 5.6).

FIGURA 19 - Mapa de Áreas de Preservação Permanente, conforme a legislação.



5.4 Conflito de uso em APPs

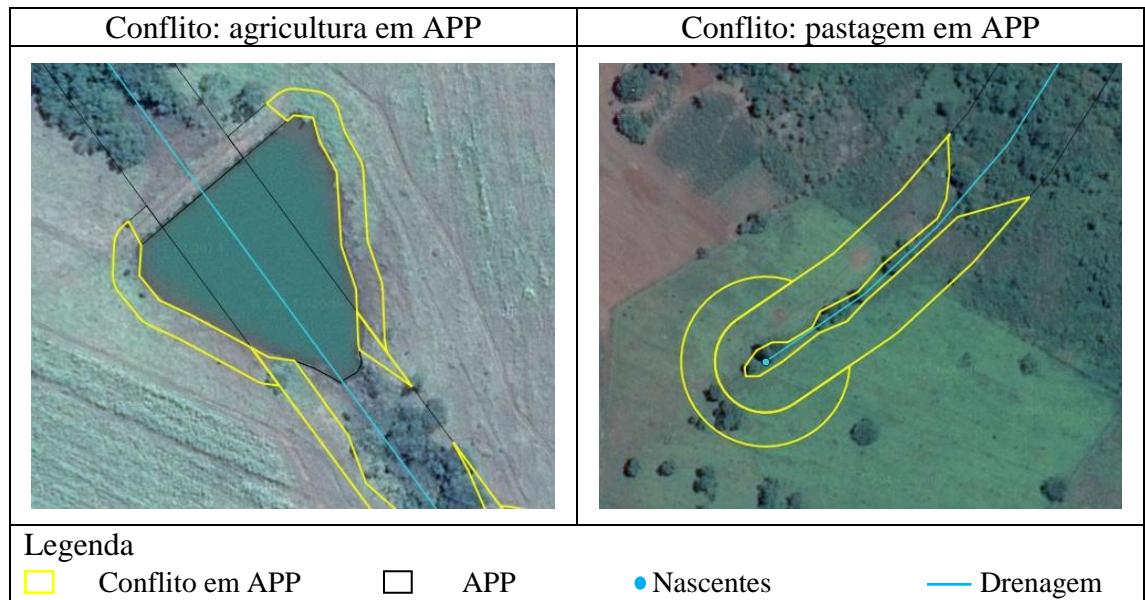
Em relação ao conflito de uso em APPs, o que se observa é que existe algum tipo de conflito nessas áreas em toda a bacia. Dos 3.719,5 ha de área das APPs, 1.295,77 (34,84%) apresentam conflito de uso representado por atividades antrópicas, 2.423,73ha (65,16%) são ocupados por vegetação nativa incluindo (floresta, Cerrado denso, Cerrado Ralo, Campo/Vereda) como pode ser observado na Tabela 6 e Figuras 20 e 21.

TABELA 7 - Classes de uso nas APPs: áreas totais.

| Usos nas APPs totais | Área (ha) | Área (%) |
|----------------------|----------------|---------------|
| Floresta | 2070,3 | 55,66 |
| Cerrado denso | 10,1 | 0,27 |
| Cerrado Ralo | 38,0 | 1,02 |
| Campo/Vereda | 305,3 | 8,21 |
| Pastagem | 1155,4 | 31,06 |
| Agricultura | 124,3 | 3,34 |
| Represa | 11,1 | 0,30 |
| Silvicultura | 4,9 | 0,13 |
| TOTAL | 3.719,5 | 100,00 |

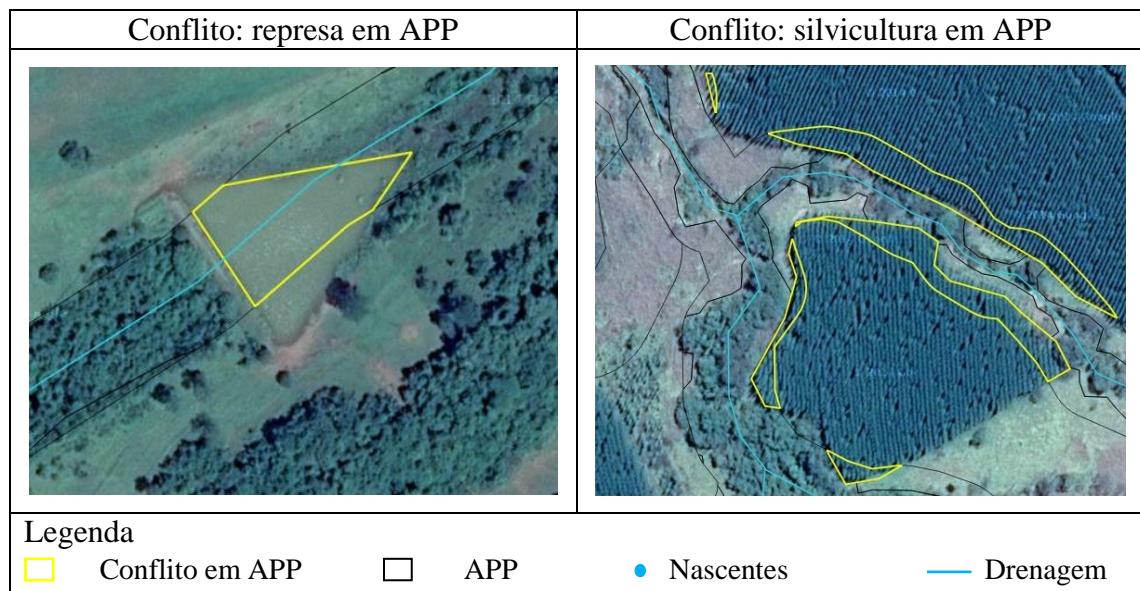
Fonte: A autora.

FIGURA 20 - Conflito de uso em APP, as áreas em amarelo representam a agricultura e pastagem nas áreas de APP.



Fonte: A autora.

FIGURA 21 - Conflito de uso em APP, as áreas em amarelo representam a represa e silvicultura nas áreas de APP.



Fonte: A autora.

Um dos principais conflitos está relacionado às áreas de pastagem dentro das APPs (31,06%), pois dentre as atividades antrópicas essa foi predominante na bacia.

A classe de uso Floresta foi prevalente nas APPs de nascentes (50,43%) e cursos d'água (70,40%) (Tabelas 7 e 8). Nas APPs de veredas, o uso Floresta ocupa 25,82% e isso ocorre devido ao fato de que, em alguns casos, de acordo com Ribeiro e Walter (2008), as veredas se formam ao longo dos cursos d'água, nas bordas de matas de galeria. Mais da metade das APPs de vereda estão ocupadas por pastagem (63,86%), isso é preocupante visto que os ambientes das veredas, segundo Ribeiro e Walter (2008), auxiliam na manutenção da fauna oferecendo abrigo e alimento, além do papel importante na distribuição de corpos d'água (Tabela 9).

TABELA 8 - Áreas das classes de uso nas APPs de nascente.

| Usos da terra | Área (ha) | % | % em relação a APP total |
|---------------|-----------|-------|--------------------------|
| Floresta | 73,8 | 50,43 | 1,98 |
| Cerrado denso | 3,0 | 2,05 | 0,08 |
| Cerrado ralo | 16,9 | 11,53 | 0,45 |
| Campo/Vereda | 5,7 | 3,92 | 0,15 |

...continua...

TABELA 9 – Cont.

| Usos da terra | Área (ha) | % | % em relação a APP total |
|----------------------|------------------|------------|---------------------------------|
| Pastagem | 44,0 | 30,08 | 1,18 |
| Agricultura | 2,9 | 1,97 | 0,08 |
| Represa | 0,0 | 0,02 | 0,00 |
| TOTAL | 146,3 | 100 | 3,93 |

Fonte: A autora.

TABELA 10 - Áreas das classes de uso nas APPs de curso d’água.

| Usos da terra | Área (ha) | % | % em relação a App_total |
|----------------------|------------------|---------------|---------------------------------|
| Floresta | 1695,5 | 70,40 | 45,58 |
| Cerrado denso | 3,1 | 0,13 | 0,08 |
| Cerrado ralo | 14,8 | 0,61 | 0,40 |
| Campo/Vereda | 297,2 | 12,34 | 7,99 |
| Silvicultura | 1,3 | 0,05 | 0,03 |
| Pastagem | 369,8 | 15,35 | 9,94 |
| Agricultura | 19,4 | 0,80 | 0,52 |
| Represa | 7,6 | 0,31 | 0,20 |
| TOTAL | 2.408,6 | 100,00 | 64,75 |

Fonte: A autora.

TABELA 11 - Áreas das classes de uso nas APPs de vereda.

| Usos da terra | Área (ha) | % | % em relação a App_total |
|----------------------|------------------|---------------|---------------------------------|
| Floresta | 300,0 | 25,82 | 8,07 |
| Cerrado denso | 4,0 | 0,34 | 0,11 |
| Cerrado ralo | 7,3 | 0,62 | 0,19 |
| Silvicultura | 3,7 | 0,32 | 0,10 |
| Pastagem | 742,0 | 63,86 | 19,95 |
| Agricultura | 101,5 | 8,74 | 2,73 |
| Represa | 3,5 | 0,30 | 0,09 |
| TOTAL | 1.162 | 100,00 | 31,24 |

Fonte: A autora.

As represas na área de estudo são provenientes de represamento de corpos d’água naturais e grande parte de sua APP, cerca de 81,96%, são ocupadas por região de

veredas. Este fato mostra a descaracterização sofrida nos ambientes de veredas pela ação antrópica (Tabela 10).

TABELA 12 - Áreas das classes de uso nas APPs de represas.

| Usos da terra | Área (ha) | % | % em relação a App_total |
|---------------|------------|------------|--------------------------|
| Floresta | 0,1 | 2,50 | 0,00 |
| Campo/Vereda | 2,2 | 81,96 | 0,06 |
| Agricultura | 0,4 | 15,55 | 0,01 |
| TOTAL | 2,7 | 100 | 0,07 |

Fonte: A autora.

5.5 Mapa de capacidade de uso da terra

A classificação da bacia no sistema de capacidade de uso ocorreu até o nível de subclasse, devido à falta de informações sobre as características físicas e químicas do solo que norteariam na determinação das unidades de capacidade de uso. Além disso, a escala de trabalho inviabiliza a indicação de manejos em uma propriedade rural.

As fórmulas mínimas encontradas para cada tipo de solo são apresentadas no Quadro 8, que apresenta também a variação da declividade e do potencial de erodibilidade.

QUADRO 8 - Fórmula mínima determinada para cada tipo de solo da bacia do Ribeirão São Lourenço.

| Tipo de solo | Fórmula mínima | Variações | |
|--------------------------------|---|-------------|--------------------|
| | | Declividade | Erosão |
| Argissolo e Nitossolo | $\frac{2}{2} - \frac{2}{2} - \frac{1}{1}$ Declividade - erosão | AB a E | Nulo a alto |
| Cambissolo e Neossolo litólico | $\frac{4}{4} - \frac{3}{3} - \frac{1}{1}$ Declividade - erosão | E e F | Alto a muito alto |
| Latossolo vermelho | $\frac{1}{1} - \frac{3}{3} - \frac{1}{1}$ Declividade - erosão | AB a E | Nulo a alto |
| Solo hidromórfico | $\frac{3}{3} - \frac{1}{1} - \frac{3}{3}$ Declividade - erosão | AB e BC | Nulo a muito baixo |

Fonte: A autora.

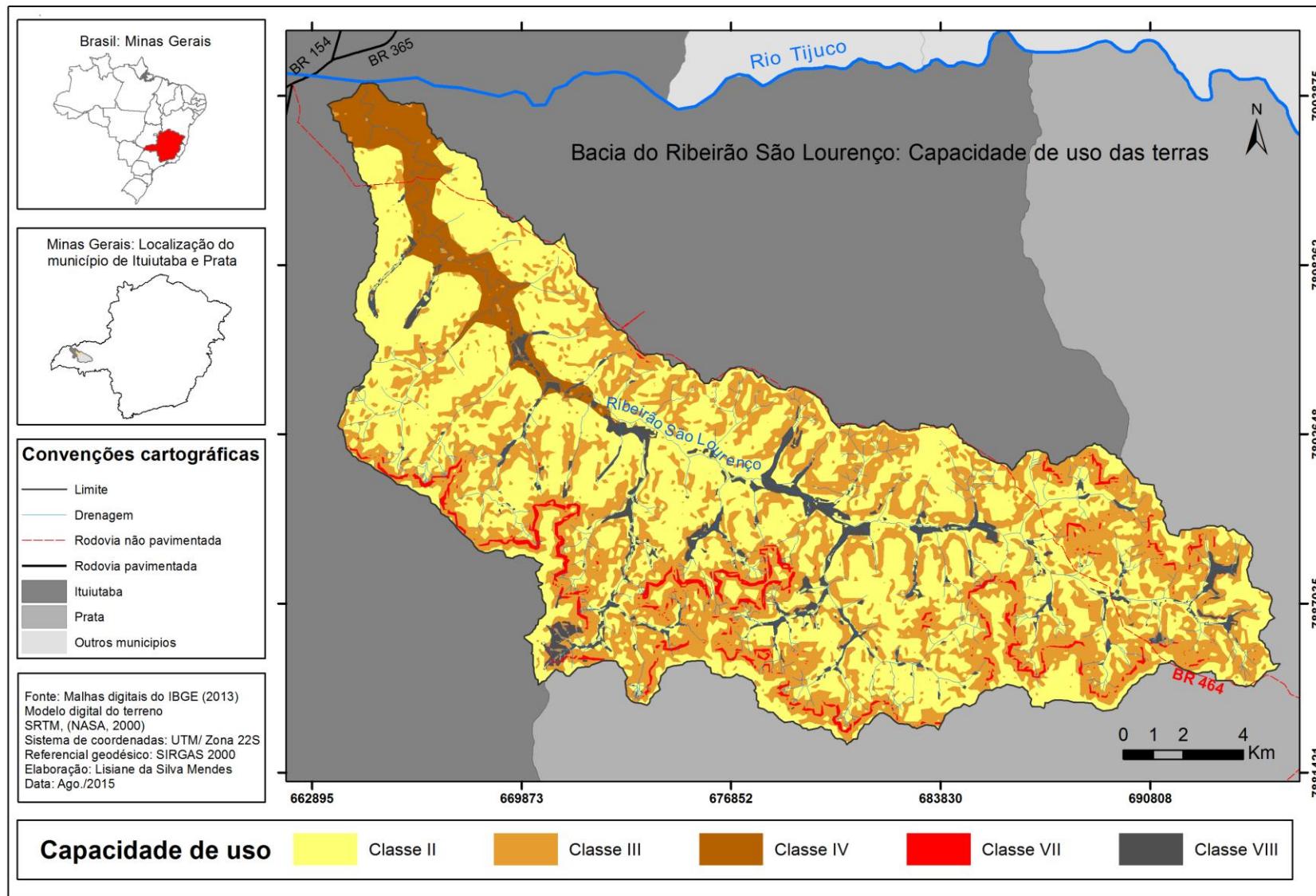
Após as definições do sistema de capacidade de uso, foram encontradas cinco classes (Figura 22) e oito subclasses. A Tabela 11 apresenta a área ocupada por cada classe de capacidade de uso na bacia.

TABELA 13 - Área das classes de capacidade de uso da terra na bacia do Ribeirão São Lourenço.

| Classes | Área (ha) | Área (%) |
|----------------|------------------|-----------------|
| II | 15018,0 | 51,03 |
| III | 11121,9 | 37,79 |
| IV | 1445,0 | 4,91 |
| VII | 621,0 | 2,11 |
| VIII | 1223,3 | 4,16 |
| TOTAL | 29.429,1 | 100 |

Fonte: A autora.

FIGURA 22 - Mapa de capacidade de uso da terra



As cores que representam as classes de capacidade de uso foram adaptadas da proposta de Lepsch (1991), atribuindo às classes tons mais escuros na medida em que as restrições de uso aumentavam (Tabela 12).

TABELA 14 - Classes de capacidade de uso e suas respectivas cores segundo Lepsch, (1991).

| Classe | Cor característica | Cores adaptadas |
|--------|--------------------|-----------------|
| I | Verde claro | - |
| II | Amarelo | Bege |
| III | Vermelho | Marrom claro |
| IV | Azul | Marrom escuro |
| V | Verde escuro | - |
| VI | Alaranjado | - |
| VII | Marrom | Vermelho |
| VIII | Roxo | Cinza |

O Quadro 9 é uma visão integrada dos grupos, classes e subclasses encontrados na área da bacia com uma descrição geral de suas características.

QUADRO 9 - Classes e subclasses do sistema de capacidade de uso da bacia do Ribeirão São Lourenço.

| Grupo | Classe | Subclasse | Descrição | Área (ha) | Área (%) |
|-------|--------|-----------|--|-----------|----------|
| A | II | II s | Terras produtivas, planas, solos fortemente drenados, muito profundos de textura média e/ou baixa saturação de bases (caráter distrófico), e/ou pouca capacidade de retenção de adubos (baixa capacidade de troca). Latossolos vermelhos em declividades < 3%. | 689,2 | 2,34 |
| | II | II e-s | Terras produtivas, suavemente onduladas, solos fortemente drenados, muito profundos de textura média, o risco de erosão varia de muito baixo a baixo. Latossolos vermelhos em declividades 3 a 8%. | 14.315,0 | 48,64 |

...continua...

QUADRO 9, Cont.

| Grupo | Classe | Subclasse | Descrição | Área (ha) | Área (%) |
|-------|--------|-----------|--|-----------|----------|
| A | III | III e | Terras próprias para cultivos perenes, pastagem ou reflorestamento, têm como fator limitante a declividade. Máquinas agrícolas podem ser usadas, mas com dificuldades, entre 15% a 45% são necessárias máquinas especiais ou mais leves. O risco de erosão varia de baixo a alto, mas por serem solos fortemente drenados o risco tende a diminuir. Latossolos vermelhos em declividades 8 a 20% e 20 a 45%. | 888,8 | 3,02 |
| | III | III s | Terras planas ou suavemente onduladas, solos com fertilidade muito baixa (caráter álico), são moderadamente ou bem drenados, com textura argilosa. Associação Argissolo e Nitossolo em declividades < 8%. | 10.242,6 | 34,8 |
| | IV | IV e | Terras com relevo ondulado a fortemente ondulado, solos são moderadamente ou bem drenados, o risco de erosão varia de baixo a alto e usualmente com presença de mudança textural abrupta. Associação Argissolo e Nitossolo em declividades 8 a 20% e 20 a 45%. | 1.446,8 | 4,92 |
| B | VII | VII e | Terras com limitações severas para outras atividades que não floresta. Solos rasos a profundos com textura média, fortemente drenados. O risco de erosão varia de alto a muito alto. Associação Cambissolo e Neossolo litólico em declividades > 45%. | 0,2 | 0,00 |
| | VII | VII e-s | Terras pedregosas. Solos rasos com textura arenosa, excessivamente drenados. O risco de erosão varia de alto a muito alto. Cambissolo e Neossolo litólico em declividades 20 a 45% e > 45%. | 621,6 | 2,11 |
| C | VIII | VIII a | Terras planas periodicamente inundadas sem aptidão agrícola para cultivos, porém apropriadas para proteção e abrigo da flora e fauna silvestres, solos com textura muito argilosa, mal drenados. Solos hidromórficos em declividades < 8%. | 1.224,8 | 4,16 |

Fonte : A autora.

A Tabela 13 apresenta a distribuição das classes de capacidade de uso das terras por unidade de solos e classes de declividades da bacia em estudo.

TABELA 15 - Distribuição das classes de capacidade de uso das terras, por unidade de solos e classes de declividades.

| Declividade (%) | Unidades de solo | | | |
|-----------------|--------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| | Latossolo vermelho | Argissolo Nitossolo | Cambissolo Neossolo litólico | Solos hidromórficos |
| < 3 | II | III | | VIII |
| 3 a 8 | II | III | | VIII |
| 8 a 20 | III | IV | | |
| 20 a 45 | III | IV | VII | |
| > 45 | | | VII | |

| Classes de capacidade de uso | | | | |
|------------------------------|--|--|--|--|
| Fonte: A autora. | | | | |

As terras pertencentes à classe II podem ser manejadas de forma mais intensiva no cultivo anual, já aquelas da classe III são próprias para lavouras em geral, mas devem ser observadas as limitações e os cuidados devidos no caso de culturas anuais, pois quando manejadas dessa forma, correm risco de depauperamento (LEPSCH, 1991). Sendo assim, em torno de 88,82% da área da bacia está apta à agricultura, no entanto, deve-se observar nesse percentual a existência de áreas de preservação permanente que correspondem a 12,64% da área total da bacia. Esta situação ocasiona uma pressão sobre essas áreas.

Na classe IV, o uso agrícola é mais restrito devido às limitações mais severas, por isso, não são indicados cultivos intensivos e sim o cultivo perene, para que não haja muita mobilização do solo, essa classe representa 2,11% da área da bacia.

Considerando que o sistema de capacidade de uso avalia o potencial agrícola de acordo com um manejo em nível tecnológico alto, a intensidade de uso em uma classe poderia aumentar considerando-se o cultivo manual ou com utilização de animais. Salvo em situações como destacaram Costa, Souza e Jesus (2008), os fatores declividade e

profundidade do solo limitam o uso intensivo da terra e não podem ser melhorados pelo homem, pelo contrário, a fertilidade e a suscetibilidade à erosão podem ser modificadas.

Segundo Lepsch (1991), no sistema de capacidade de uso, o potencial agrícola é baseado em características permanentes da terra (declive, textura, profundidade efetiva do solo, etc.) e por isso, a melhoria de algumas condições para níveis de cultivo mais intensos não são possíveis.

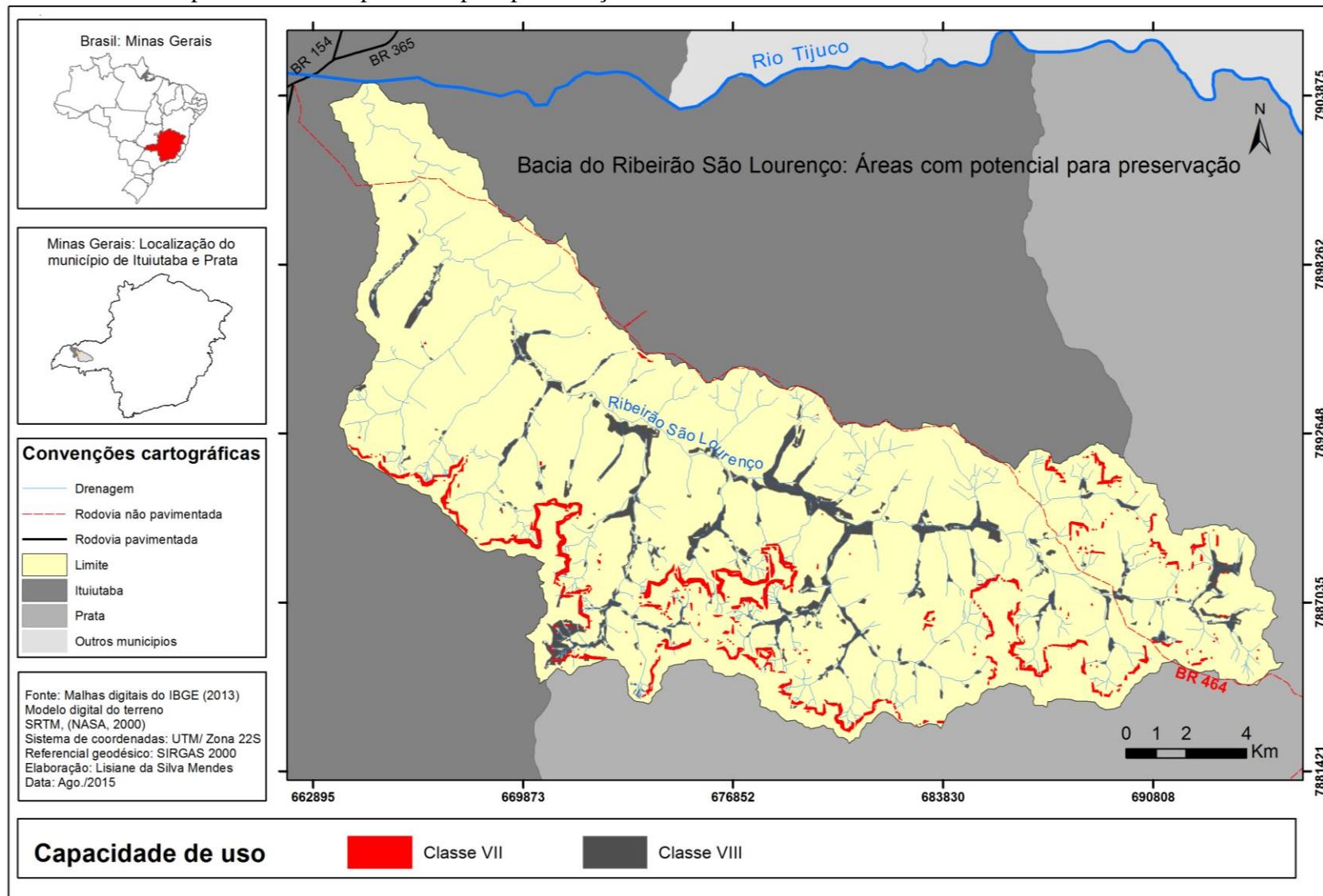
5.6 Mapa de áreas com potencial para preservação

As áreas inaptas à agricultura representam 6,27% da área da bacia e foram enquadradas nas classes de capacidade de uso VII e VIII (Figura 23). Tais classes têm potencial para preservação, pois na classe VII onde é encontrada a associação de Cambissolo e Neossolo litólico, existem várias limitações no uso para agricultura e oferece altos riscos de erosões. Já a classe VIII, apresenta limitação quanto ao uso agrícola devido à má drenagem do solo, nessas áreas são encontradas veredas onde devem ser observadas as restrições legais do uso da terra em seu entorno.

As restrições aplicadas à classe VII são devido às altas declividades presentes na área, a maioria entre 20 a 45%. Em maiores declividades, ocorre o um aumento do volume e velocidade do escoamento superficial. O primeiro fator ocorre pelo fato do solo não conseguir absorver uma grande quantidade de água em pouco tempo e sua velocidade aumenta pela ação da força da gravidade, com isso, os processos erosivos são intensificados. Os efeitos do escoamento superficial podem ser minimizados a partir da rugosidade do terreno, proporcionada por depressões e restos vegetais que diminuem a velocidade do escoamento superficial (BOTELHO; SILVA, 2004).

A vegetação funciona como uma barreira para erosão hídrica no solo, já que parte da precipitação é interceptada nas copas das árvores, podendo ser evaporada ou liberada de forma lenta, conferindo a proteção ao solo contra o impacto das gotas de água. Além disso, proporciona maior permeabilidade e porosidade do solo pela ação das raízes e diminui o escoamento superficial pelo acúmulo de serrapilheira, isso também auxilia na manutenção da umidade e fertilidade do solo (BOTELHO; SILVA, 2004).

FIGURA 23 - Mapa de áreas com potencial para preservação



Na classe VII, o uso deve estar restrito à vegetação natural, salvo os usos de pastagem e reflorestamento com manejo adequado. Dessa forma, deve-se observar se há a aplicação de práticas conservacionistas na região da classe VII, visto que 11,32% correspondem ao uso antrópico (pastagem, agricultura e silvicultura) e 88,68% referem-se à vegetação natural (Tabela 14). Caso contrário, a região pode estar bastante suscetível a processos erosivos, mesmo dentro de sua capacidade de uso. A presença de agricultura nesta classe, pode ser explicada pela adoção de um nível tecnológico menor ou até mesmo a agricultura manual.

TABELA 16 – Usos da terra na classe de capacidade de uso VII.

| Uso da terra | Área (ha) | % |
|---------------------|------------------|--------------|
| Floresta | 280,85 | 43,99 |
| Cerrado denso | 55,74 | 8,73 |
| Cerrado ralo | 229,62 | 35,96 |
| Pastagem | 67,85 | 10,63 |
| Agricultura | 0,84 | 0,13 |
| Silvicultura | 3,58 | 0,56 |
| TOTAL | 638,48 | 100 |

Fonte: A autora.

Na classe VIII, estão presentes as áreas de veredas e campo limpo características de solos mal drenados, além disso, podem ser encontrados outros usos como apresentado na Tabela 15. Em torno de 3,6% desta classe, não estão de acordo com a capacidade de uso por corresponderem aos usos antrópicos, pois a classe VIII deve ser destinada à preservação ambiental. De acordo com Lepsch (1991), esta classe pode ser destinada à proteção e ao abrigo da fauna e da flora, para alguma utilidade turística, recreação ou armazenamento de água em represa.

TABELA 17 – Usos da terra na classe de capacidade de uso VIII.

| Uso da terra | Área (ha) | % |
|---------------------|------------------|----------|
| Floresta | 51,29 | 4,09 |
| Cerrado denso | 0,05 | 0,00 |
| Cerrado ralo | 0,23 | 0,02 |
| Campo/vereda | 1.158,21 | 92,31 |

...continua...

TABELA 18 – Cont.

| Uso da terra | Área (ha) | % |
|---------------------|------------------|-------------|
| Pastagem | 39,59 | 3,16 |
| Agricultura | 3,88 | 0,31 |
| Silvicultura | 0,11 | 0,01 |
| Represa | 1,33 | 0,11 |
| TOTAL | 1.254,68 | 100 |

Fonte: A autora.

A vereda é uma importante fitofisionomia do Cerrado, pois sua ocorrência está condicionada ao afloramento do lençol freático e dessa forma, contribui para o surgimento de corpos d'água e perenidade destes. Além disso, a vereda representa um local de refúgio, abrigo e alimentação da fauna e manutenção da flora (BOAVENTURA, 2007). De acordo com Ferreira (2005), dentre os principais impactos que atingem as veredas, podem ser citados:

- a) Construção de estradas que aterram parte da vereda impedindo o fluxo natural da água;
- b) Desmatamento e queimadas utilizados para implantação de projetos agro-pastoris;
- c) Contaminação da água e degradação do solo devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos, pois o excesso destes produtos químicos nas regiões de entorno das veredas altera as características edáficas e de qualidade da água por se acumularem lá;
- d) Introdução de espécies exóticas, pois provocam a extinção de espécies nativas que não conseguem competir com as espécies introduzidas.
- e) Sistemas de irrigação que represam as veredas para irrigar regiões mais altas ou as drenam para utilização como lavouras inundadas.
- f) Exploração mineral que causa degradação pela retirada da vegetação, solos, areias, argilas, cascalho, garimpagem e dentre outros. No término da exploração poucas espécies conseguem se restabelecer nesse ambiente.

Dessa forma, a conservação dos ambientes de veredas está relacionada à conservação da fauna, flora e também da água. Na região da bacia do São Lourenço foram encontrados impactos que se referem aos tópicos a, b, e, supracitados.

Outra importante fitofisionomia é o Campo Limpo Úmido que, segundo Ribeiro e Walter (2008), pode ocorrer nas encostas, chapadas, nos olhos d'água, circundando as veredas e na borda de matas de galeria. Nas ocorrências em áreas planas próximas aos corpos d'água pode ser inundado periodicamente, neste caso é chamado de Campo de Várzea, Várzea ou Brejo.

Tôsto et al. (2012) considerou que, para solucionar os problemas ambientais seria necessário definir limites absolutos para o uso dos recursos naturais, ou seja, a determinação de sua capacidade de suporte, ou ainda, de sua escala sustentável de produção agrícola, quando se utiliza as terras dentro de sua capacidade de uso.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos 29.429,10 ha da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 12,64% correspondem às áreas de preservação permanente. Cerca de 34, 84% das APPs apresentam conflito de uso representado por atividades antrópicas, e 65,16% são ocupados por vegetação nativa. Apesar de grande parte das APPs estarem cobertas por vegetação nativa, faz-se necessário a adequação do uso em áreas de conflito para cumprimento da lei e conservação dos recursos naturais e ecossistemas.

Os limites das áreas de APPs devem ser respeitados para que as mesmas cumpram seu papel ecológico de viabilizar o fluxo gênico das espécies, por funcionarem como corredores ecológicos, evitar o assoreamento dos corpos d'água e as erosões em suas margens, além de evitar a contaminação e a eutrofização.

Deve-se ter atenção redobrada às APPs de veredas, visto que esses ambientes são sensíveis a alterações e tem pouca capacidade de resiliência. As interferências ocasionadas pelas ações humanas podem comprometer a disponibilidade hídrica no Cerrado, além de afetar a comunidade biológica (fauna e flora) que buscam esses locais para abrigo, reprodução e alimentação.

Aproximadamente 88% da área da bacia está apta para agricultura e pertence às classes II e III. No entanto, algumas técnicas de conservação devem ser realizadas para se evitar o depauperamento da terra. Além disso, deve-se observar nessas classes a existência de áreas de preservação permanente, para que sejam conservados os seus limites.

As áreas inaptas à agricultura representam 6,27% da área da bacia, esses locais têm alto risco de erosão ou má drenagem do solo, portanto, foram enquadradas nas classes de capacidade de uso VII e VIII. Os riscos de erosão estão ligados principalmente à declividade acentuada e ao tipo de solo naturalmente mais suscetível a erosão. A má drenagem do solo está relacionada aos tipos de solo hidromórficos, cujas características impedem o trabalho de máquinas agrícolas e o cultivo da maioria das culturas.

As atividades agrícolas devem ser realizadas dentro da capacidade de uso das terras, observando suas limitações para evitar o depauperamento da terra. Visto que,

quando observadas sua intensidade máxima de uso, seu potencial produtivo se mantém, pois reconhece a capacidade de adaptação ao tipo de cultivo e manejo.

O levantamento do meio físico foi essencial para fornecer dados referentes aos mapeamentos temáticos de hipsometria, declividade e solos, além de possibilitar uma análise integrada dessas variáveis ambientais. Isso permitiu não só o reconhecimento da área, mas as informações necessárias à determinação da capacidade de uso da terra.

As técnicas de geoprocessamento utilizadas neste estudo mostraram-se eficientes por permitirem a compilação e organização de dados de forma automatizada, o que permitiu respostas rápidas e precisas sobre o levantamento do meio físico. Além disso, essas técnicas possibilitaram a classificação, análise e cruzamento dos mapas temáticos para obtenção dos mapas de capacidade de uso e de áreas com potencial para preservação. Assim, geotecnologias como o sensoriamento remoto e o SIG mostram-se ferramentas importantes no estudo da capacidade de uso das terras.

Uma atualização da metodologia faz-se necessária principalmente no que se refere à questão ambiental, levando em consideração as áreas de APP. Assim, na metodologia do Sistema de capacidade de uso, com a utilização do método sintético, poderiam ser inclusas no grupo C as determinações das faixas de proteção das APPs, sendo criada uma nova definição de classes.

Além disso, são necessários maiores estudos em relação aos impactos ao balanço hídrico na bacia e ao ecossistema em geral, com a implantação das atividades agrícolas em áreas com potencial para a mesma.

A preocupante questão de oferta e consumo de água tem impulsionado pesquisas no âmbito da bacia hidrográfica, assumindo-a como unidade de planejamento ambiental e dos recursos hídricos. Assim, a presente pesquisa fornece resultados importantes sobre o estado de conservação da bacia, auxiliando o poder público e os órgãos ambientais nas tomadas de decisão e na implementação de planos, programas ou projetos de cunho ambiental, voltados para a conservação da bacia.

REFERÊNCIAS

- ÁGLIO, M. L. D.; FIDALGO, E. C. C.; SANTOS, H. G. Agência Embrapa de informação tecnológica. Árvore do conhecimento: arroz. **Solos**. 02 set. 2015. Disponível em:<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fesi63xh02wx5eo0y53mhyx67oxh3.html>>. Acesso em: 02 set. 2015.
- ALVARENGA, M. I. N.; PAULA, M. B. Planejamento conservacionista em microbacias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.55-64, nov. /dez. 2000.
- ASSAD, M. L. L. Sistema de Informações Geográficas na avaliação da aptidão agrícola de terras. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. ed. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA, 1993. Cap. 8, p. 171-96.
- BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no triângulo mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. 195f. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- BECKER, F. G. Aplicações de Sistema de Informações Geográficas em Ecologia e Manejo de Bacias Hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceito de bacias hidrográficas teorias e aplicações**. Ilheus: Editus, 2005. Cap. 4, p. 91 - 110.
- BIE, C. A. J. M.; LEEUWEN, J. A.; ZUIDEMA, P. A. **The land use database: aknowledge-based software program for structured storage and retrieval of userdefinedland use data sets: user's reference manual. Version 1.04 for MS-DOS.** [Enschede, The Netherlands]: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation: Food and Agriculture Organization: United Nations Environment Programme: Wageningen University, 1996. 41 p. Disponível em: <<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/chap2.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.
- BOAVENTURA, R. S. Veredas: caracterização. In: _____. **Vereda berço das águas**. Tradução de Helena Mader. Belo Horizonte: Ecodiâmica, 2007. p. 33-81.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. cap.6, p.153-189.
- BRASIL. Decreto Federal nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 15 set. 1965. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. Lei complementar nº140 de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 8 dez. 2011. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm>. Acesso em: 19 ago. 2015.

CALDERANO FILHO, B.; BERING, S. B.; CALDERANO, S. B.; GUERRA, A. J. T. Sucetibilidade dos solos à erosão na microbacia do córrego Fonseca região serrana do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2014, Aracaju. **Anais...** Aracaju: RESGEO, 2014, p. 571 - 576. Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112789/1/GeonordesteTrabalh o-104-Braz-2-1.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas** - aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa- SPI, 1998. cap.1 p.3.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 303, de 20 de Março de 2002. Estabelece parâmetros, definições e limites para as Áreas de Preservação Permanente de reservatório artificial e institui a elaboração obrigatória de plano ambiental de conservação e uso do seu entorno. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 20 mar. 2002. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 19 ago. 2015

COSTA, G.P.; SOUZA, J. L. M.; JESUS, M. R. G. Contraste entre duas metodologias de determinação do potencial agrícola das terras nas vilas rurais no município de Rio Negro, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n.5, p. 687-695, 2008.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10. **Sômu1a**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 83 p.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro:Embrapa Informação tecnológica, 2006. 306p.

FERNANDES, A. D. Algumas considerações acerca da expansão da fronteira agrícola no Cerrado brasileiro. **História Hoje**. Florianópolis, v.4, n.11, p.1-11, Dez/2006. Disponível
em:<http://www.anpuh.org/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=1>. Acesso em: 21 de out. 2015.

FERREIRA, I. M. Bioma Cerrado: caracterização do subsistema de Vereda. In: ENCONTRO REGIONAL DE GEOGRAFIA. NOVAS TERRITORIALIDADES – INTEGRAÇÃO E REDEFINIÇÃO REGIONAL, 9., 2005. **Anais**...Porto Nacional: 2005. Disponível em:<<https://observatoriogeogoias.iesa.ufg.br/p/2340-artigos>>. Acesso em: 06 de dez. 2015.

FRANÇA, A. M. S.; SANO, E. E. Mapeamento de áreas de Campo Limpo Úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais. **Sociedade & Natureza**.Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 197-209, Maio/Ago 2011.

GARCIA. G. J.; ESPINDOLA, C. R. SIAT – Sistema de Avaliação de Terras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.5, n.2, p.223-228, Maio/Ago 2001.

IBGE. **Censo Agropecuário**. 2006. Cidades@. Ituiutaba. Disponível
em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=313420&idtema=3&search=minas-gerais|ituiutaba|censo-gropecuario-2006>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. **Censo Demográfico**. 2010. Cidades@. Ituiutaba. Disponível
em:<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=313420&idtema=1&search=minas-gerais|ituiutaba|censo-demografico-2010-sinopse>>. Acesso em: 28 set. 2015.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios - PIB**. 2013. Cidades@. Ituiutaba. Disponível
em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=313420&idtema=15&search=minas-gerais|ituiutaba|produto-interno-bruto-dos-municipios-2013>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

_____. **Mapa de Bioma do Brasil**. 2004. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. Disponível
em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/biomas.pdf>. Acesso em: 22 out. 2015.

INOCÊNCIO, M. E.; CALAÇA, M. Cerrado: fronteira da produção agrícola capitalista do século XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 19., 2009, São Paulo. **Anais**...São Paulo: USP, 2009. Disponível em:<http://www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/agraria/Anais%20XIXENG_A/artigos/Inocencio_ME.pdf>. Acesso em: 21 de out. 2015.

LEPSCH, I. F.; (coord.) BELLINAZZI JR. R.; BERTOLINI, D.; SPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (4^a aproximação)**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1983. 175p.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceito de bacias hidrográficas teorias e aplicações**. Ilheus: Editus, 2005. Cap. 2, p. 37 - 65.

MENDES, P. C; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba-MG. In: PORTUGUÊS, A. P.; MOURA, G.; COSTA, R. A. (Org.) **Geografia do Brasil central**. Uberlândia: Assis, 2011, Cap. p. 333-353.

MINAS GERAIS. Lei 20.922 de 16 de outubro de 2013. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 16 out. 2013. Disponível em:<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

MIRANDA, J. I. O que é um sistema de Informação Geográfica. In: _____. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. cap. 1, p. 19 - 38.

OLIVEIRA G. C.; FERNANDES FILHO, E. I. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**...Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4443-50. Disponível em:<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0938.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

OLIVEIRA, B. S. **Ituiutaba (MG) na rede urbana tijucana: reconfiguração sócio-espaciais no período de 1950 a 2000**. 2003. 205f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

OLIVEIRA, L. A. Análise da qualidade de obtenção de classes de solos, no município de Uberlândia/MG, utilizando-se sistema de informação geográfica - SIG. **Caminhos de geografia**. Uberlândia, v. 13, n. 44, p. 113 - 127, Dez/2012.

ORTEGA, C. A. **Desenvolvimento sustentável: homem e natureza no cerrado mineiro**. 1ed. Uberlândia: CCBE, FUNDEP, 2007. p. 28-38.

PELUZIO, T.M.O.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N.C. (Orgs.). **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Arcgis 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010. p.58.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceito de bacias hidrográficas teorias e aplicações**. Ilheus: Editus, 2005. Cap. 1, p. 17 – 35.

QUEIROZ, A. T.; COSTA, R. A. Caracterização e variabilidade climática em séries de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação em Ituiutaba – MG. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 346–357 Out/2012. Disponível em:<<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/19555/10537>>. Acesso em: 30 set. 2015.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. rev. Rio de janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 78p.

REZENDE, M.; ROSENDO, J. S. Análise da evolução da ocupação do uso da terra no município de Ituiutaba-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. **Horizonte científico**. Uberlândia, v.3, n.1, p.1-27, Dez/ 2009.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado ecologia e flora**. 1 ed. Brasília, Embrapa Cerrados. 2008. Cap. 6. p. 151-199.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. In: SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO AGRICULTURA FAMILIAR E DESERTIFICAÇÃO, 2., 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2008. Disponível em:<<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

ROSA, R. Metodologia para Zoneamento de Bacias Hidrográficas Utilizando Produtos de Sensoriamento Remoto e Integrados por Sistema de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 363-68. Disponível em:<<http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.03.08.55/doc/T46.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2015.

ROSA, R. Princípios físicos em sensoriamento remoto. In: **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5^a ed. Uberlândia: Editora da Universidade de Uberlândia - EDUFU, 2003. Cap.1. p.5-26.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.153-156, jan. 2008. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n1/a20v43n1>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. ; ALMEIDA, E. P. C. Agência Embrapa de informação tecnológica. Árvore do conhecimento: solos tropicais. **Nitossolo**. 26 ago. 2015b. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Agência Embrapa de informação tecnológica. Árvore do conhecimento: solos tropicais. **Neossolo litólico**. 26 ago. 2015a. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xh02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SANTOS, R. F. Temáticas e temas usados em planejamento ambiental. In: _____. **Planejamento ambiental teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. cap. 5, p. 71-106.

SCARTAZZINI, L. S.; KAUTZMANN, R. M.; FISCHER, A. C. Critérios para Delimitar Áreas de Preservação Permanente em Riose Planície de Inundação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre,v.13, n.3, p. 83-91, Jul/Set 2008.

SOARES, M. R. G. J.; MELLEK, J. E.; ORRUTÉA, A. G.; KUMMER, L.; NUNES, T.; BARROS, Y. J.; ANDRETTA, R.; FAVARETTO, N.; SOUZA, L. C. P. Potencial de uso agrícola e fragilidade ambiental da microbacia do rio campestre, Colombo – PR. **Scientia Agraria**. Curitiba, v. 9, n. 4, p. 587-596, Out 2008. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/agraria/article/view/13554/9176>>. Acesso em: 10 set. 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Agência de informação Embrapa. Bioma Cerrado. **Latossolos**. 26 ago. 2015. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 26 ago. 2015.

TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; ROMEIRO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. C. Espacialização da capacidade de uso das terras e escala sustentável para produção agrícola. **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Rio de Janeiro, n. 29-31, p. 62 -66, Jan/Dez 2012. Disponível em:<http://www.ecoeco.org.br/attachments/article/254/Book_Boletim_ECOECO_29-31.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2015.

VERDESI, J. J. As perspectivas ambientais do cerrado brasileiro. In: PINTO, N. M.(org.),**Cerrado: caracterização ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade deBrasília, 1993. p.585-605.

ZARONI, M. J. ; SANTOS, H. G. Agência Embrapa de informação tecnológica. Árvore do conhecimento: solos tropicais. **Cambissolos**. 26 ago. 2015b. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html>. Acesso em: 26 ago. 2015.

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. Agência Embrapa de informação tecnológica. Árvore do conhecimento: solos tropicais. **Argissolo**. 26 ago. 2015a. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_7_2212200611538.html>. Acesso em: 26 ago. 2015.

APÊNDICE A

QUADRO 10 - Resumo das funções utilizadas na delimitação de APPs de topo de morro.

| Inputs | SRTM | SRTM_focal | SRTM_fill | SRTM_minus | Flow_dir | basin |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Função | <i>Focal Statistics</i> | <i>Fill</i> | <i>Minus</i> | <i>Flow direction</i> | <i>Basin</i> | <i>Raster to polygon</i> |
| Ordem de execução | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º | 6º |
| Parâmetro | média; retangular; 3x3células | - | "n" - SRTM_fill | - | - | |
| Output | SRTM_focal | SRTM_fill | SRTM_minus | flow_dir | basin | basin_polyg |
| Inputs | basin_polyg | basin_linha; SRTM | linha_max; SRTM | pts_de_cela | pts_reclass | ponto_cela; SRTM |
| Função | <i>Feature to line</i> | <i>Zonal statistics</i> | <i>Raster calculator</i> | <i>Reclassify</i> | <i>Raster to point</i> | <i>Add surface information</i> |
| Ordem de execução | 7º | 8º | 9º | 10º | 11º | 12º |
| Parâmetro | - | máximo | linha_max = mde | 0 = NoData; outros valores = 1 | - | - |
| Output | basin_linha | linha_max | pts_de_cela | pts_reclass | pontos_de_cela | pontos_de_cela* |
| Inputs | basin_polyg; SRTM | morro_max; SRTM | topo | topo_reclas | ponto_topo; SRTM | ponto_topo*; pontos_de_cela* |
| Função | <i>Zonal statistics</i> | <i>Raster calculator</i> | <i>Reclassify</i> | <i>Raster to point</i> | <i>Add surface information</i> | <i>Generate near table</i> |
| Ordem de execução | 13º | 14º | 15º | 16º | 17º | 18º |
| Parâmetro | máximo | morro_max = SRTM | 0 = NoData; outros valores = 1 | - | - | - |
| Output | morro_máximo | topo | topo_reclas | ponto_topo | ponto_topo* | near_table |

...continua...

QUADRO 10 – Cont.

| | | | | | | |
|----------------------|------------------------------|--|--|--|---|------------------------------|
| Inputs | ponto_topo*; near_table | ponto_topo* *;Pontos_de _cela* | ponto_topo* ** | ponto_topo** ** | ponto_topo** **; basin_polyg | basin_spjoin |
| Função | <i>Join field</i> | <i>Join field</i> | <i>Add field</i> | <i>Calculate field</i> | <i>Spatial join</i> | <i>Polygon to raster</i> |
| Ordem de execução | 19º | 20º | 21º | 22º | 23º | 24º |
| Parâmetro | - | - | field: difZ | difZ = Hpontotopo - Hpontocela | - | valor = Hpontocela |
| Output | ponto_topo** | ponto_topo*** | ponto_topo*** | ponto_topo**** | basin_spjoin | h_cela_morro |
| Inputs | h_cela_morro; SRTM | rast_calc | base_morro | base_morro_poly g; mde | maximo_mor ro; h_cela_morro | morro_maior _100m |
| Função | <i>Raster calculator</i> | <i>Reclassify</i> | <i>Raster to polygon</i> | <i>Zonal statistics</i> | <i>Raster calculator</i> | <i>Reclassify</i> |
| Ordem de execução | 25º | 26º | 27º | 28º | 29º | 30º |
| Parâmetro | "SRTM- h_cela_morro" | 1, se "n">>= 0; NoData para outros valores | - | máximo | maximo_mor ro - h_cela_morro > 100 | 0= NoData; 1 = 1 |
| Output | rast_calc | base_morro | base_morro_ polyg | maximo_morro | morro_maior _100m | *morro_maio r_100m |
| Inputs | SRTM | slope | dec_media | morro_maior_ 100; dec_media_ maior_25 | h_cela_morro ; SRTM | base_morro_ polyg; SRTM |
| Função | <i>Slope</i> | <i>Zonal statistics</i> | <i>Reclassify</i> | <i>Times</i> | <i>Raster calculator</i> | <i>Zonal statistics</i> |
| Ordem de execução | 31º | 32º | 33º | 34º | 35º | 36º |
| Parâmetro | - | média | 1, se x>=24,99; NoData para outros valores | - | SRTM - h_cela_morro | range |
| Output | slope | dec_media | dec_media_ maior_25 | times_morro | SRTM_min | range_morro |
| Inputs | range_morro; SRTM_min | terco_superior | times_morro; terco_superior | app_raster | | |

...continua...

QUADRO 10 – Cont.

| Função | <i>Raster calculator</i> | <i>Reclassify</i> | <i>Times</i> | <i>Raster to polygon</i> | | |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------------------------|--|--|
| Ordem de execução | 37º | 38º | 39º | 40º | | |
| Parâmetro | “mde_min / range_morro >= 0.667” | 0= NoData; 1 = 1 | - | - | | |
| Output | terco_superior | *terco_superior | app_raster | app_topos | | |

Fonte: Adaptado de Oliveira (2013).