

Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo

ZAP de sub-bacias hidrográficas



Governo do Estado de Minas Gerais

Fernando Damata Pimentel

Sistema Estadual de Meio ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável - SEMAD

Jairo José Isaac

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA

João Cruz Reis filho

**Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais –
EMATERMG**

Glênio Martins de Lima Mariano

Elaboração:

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável - SEMAD

Leonardo Vieira de Faria (coordenador)

Gabriela Cristina Barbosa Brito

Carlos Eduardo Cagna

Guilherme de Oliveira Leão (Estagiário)

**Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais -
EMATERMG**

Amarildo José Brumano Kalil (coordenador)

Thales Rodrigo do Carmo Pinto

Maurício Roberto Fernandes

Ana Cláudia Albanes

Luisa Mendes Brasil (Estagiária)

Colaboração:

Fabricio Lisboa Vieira Machado (SEMAD)

Daniel Pereira Guimaraes (EMBRAPA milho e sorgo)

Thiago Figueiredo Santana (IGAM)

Antônio Giacomini Ribeiro (CBH Araguari)

Cássio Fernandes de Araújo (SEMAD)

Leila Patricia dos Santos (Estagiária EMATER)

Alice Teixeira Silva (Estagiária EMATER)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS -----	4
LISTA DE TABELAS -----	6
LISTA DE QUADROS -----	7
1. INTRODUÇÃO -----	8
2. METODOLOGIA -----	10
2.1 Delimitação da sub-bacia e sua área de hidrografia -----	11
2.2 Definição das Unidades de Paisagem -----	15
2.2.1 Elaboração do Mapa Preliminar das Unidades de Paisagem-----	16
2.2.2 Trabalho de campo e elaboração do Mapa final das Unidades de Paisagem-----	19
2.2.3 Caracterização das potencialidades, limitações e aptidões-----	20
2.3 Estudo de disponibilidade hídrica -----	23
2.3.1 Solicitação de dados para Levantamento dos usuários de água da sub-bacia-----	23
2.3.2 Processamento dos dados dos usuários de água da sub-bacia-----	23
2.3.3 Importação e organização dos dados dos usuários de água da Bacia no QGis-----	25
2.3.4 Análise da disponibilidade hídrica da sub-bacia-----	27
2.3.5 Quadro resumo dos trechos com demanda pelo uso da água-----	34
2.4 Uso e Ocupação do Solo -----	38
2.4.1 Obtenção das Imagens de Satélite-----	38
2.4.2 Tratamento das Imagens de Satélite-----	40
2.4.3 Vetorização Automática-----	44
2.4.4 Vetorização Manual-----	47
2.4.5 Trabalho de Campo e elaboração do Mapa final do uso e ocupação do solo-----	48
2.5 Considerações Gerais -----	53
2.5.1 Mapeamento e cálculo das áreas conservadas e antropizadas-----	53
2.5.2 Mapeamento e cálculo das áreas das APPs hídricas conservadas e antropizadas-----	54
2.5.3 Cálculo da concentração de nascentes-----	56
2.5.4 Levantamento dos conflitos do uso atual do solo com a unidade de paisagem-----	56
2.5.5 Quadro Resumo dos Índices utilizados-----	60
3. PRODUTOS DO ZAP -----	61
3.1 Relatório do ZAP -----	61
3.2 Base de dados em SIG -----	63
4. REFERÊNCIAS -----	70

<i>ANEXO I</i> -----	<i>71</i>
<i>ANEXO II</i> -----	<i>78</i>
<i>ANEXO III</i> -----	<i>80</i>
<i>ANEXO IV</i> -----	<i>81</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Delimitação da bacia do Ribeirão Santa Juliana e sua rede hidrográfica (base original de hidrografia do IGAM mais recente).	12
Figura 2.2: Inserção e retirada de trechos da hidrografia da bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	13
Figura 2.3: Delimitação da bacia do Ribeirão Santa Juliana com a adequação da rede hidrográfica.	14
Figura 2.4: Retrato do resultado do tratamento da imagem SRTM delimitada para a área de interesse.	17
Figura 2.5: Mapa Preliminar das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana. ...	18
Figura 2.6: Mapa Final das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana.	20
Figura 2.7: Usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes da bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	27
Figura 2.8: Levantamento dos trechos dos cursos d'água da bacia do Ribeirão Santa Juliana com demanda hídrica.	31
Figura 2.9: Classificação dos trechos dos cursos d'água da bacia do Ribeirão Santa Juliana de acordo com a situação de comprometimento da disponibilidade hídrica.....	32
Figura 2.10: Viabilidade de regularização de vazão dos trechos dos cursos d'água da bacia do Ribeirão Santa Juliana com indisponibilidade hídrica.	34
Figura 2.11: (1) - Miniatura da imagem; (2) – Área aproximada de estudo (Ribeirão Santa Juliana).	39
Figura 2.12: A - Fusão das bandas 654 e Pancromática. B - Zoom em pixel de 15 metros.	42
Figura 2.13: A - Imagem mosaicada com realce. B - Zoom em pixel de 15 metros.	42
Figura 2.14: Imagem do Landsat 8 tratada e recortada para a bacia do Ribeirão Santa Juliana. .	43
Figura 2.15: Ferramenta de edição de classe de mapa do HyperCube.....	46
Figura 2.16: Mapa preliminar de classificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	48
Figura 2.17: Mapa Final de classificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	49
Figura 2.18: Mapa das Áreas de Preservação Permanente Hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	51
Figura 2.19: Mapa das Áreas Conservadas e Antropizadas da bacia do Ribeirão Santa Juliana. .	54
Figura 2.20: Mapa do Estado de Conservação das APPs hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	55
Figura 2.21: Mapa das áreas de conflito do uso do solo atual na unidade de paisagem Rampa de Colúvio.....	58
Figura 2.22: Mapa das áreas de conflito do uso do solo atual na unidade de paisagem Vale encaixado em vertente ravinada.	58

Figura 2.23: Mapa das áreas de conflito entre uso do solo atual e unidades de paisagem na bacia do Ribeirão Santa Juliana.59

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Matriz de caracterização das UPs da bacia do Ribeirão Santa Juliana.....	22
Tabela 2.2: Possibilidades de combinações de RGB (colorida).....	44
Tabela 2.3: Listagem das Classes de uso e ocupação do solo.	47
Tabela 2.4: Dados do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.	49
Tabela 2.5: Levantamento das APPs hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.	50
Tabela 2.6: Tamanho das áreas conservadas e antropizadas.	54
Tabela 2.7: Tamanho das APPs hídricas conservadas e antropizadas.	55
Tabela 2.8: Áreas de uso conflitante em cada unidade de paisagem.	59
Tabela 3.1: Atributos necessários para cada arquivo shapefile.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Resumo dos dados de disponibilidade hídrica da bacia do Ribeirão Santa Juliana.	35
Quadro 2.2: Características gerais do satélite Landsat 8 e seus sistemas sensores. Fonte: <i>U.S. Geological Survey</i> .	40
Quadro 2.3: Síntese dos índices aplicados na bacia do Ribeirão Santa Juliana.	60

1. INTRODUÇÃO

O Decreto Estadual nº 46650, de 19 de novembro de 2014, aprovou a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP. O desenvolvimento da metodologia foi coordenado pelas Secretarias de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA.

Segundo o artigo 2º do Decreto Estadual nº 46650/2014, essa metodologia tem como objetivo a disponibilização de base de dados e informações que subsidiarão a formulação, implantação e monitoramento de planos, programas, projetos e ações que busquem o aprimoramento da gestão ambiental por sub-bacia hidrográfica no Estado de Minas Gerais.

No contexto das atividades agrossilvopastoris, nota-se uma preocupação da sociedade, constatada pela reedição da Lei Florestal nº 12.651/2012, na busca da identificação das áreas com potencialidades produtivas, e principalmente, aquelas com restrições de uso. Contudo, a implementação da política florestal, necessita de conhecimentos prévios do território, com vistas a orientar as ações de restauração da biodiversidade.

A discussão do novo Código Florestal provocou um conjunto de estudos sobre a necessidade de recuperação de áreas classificadas como de preservação permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), com déficit estimado em 42 milhões de hectares. Além disto, foram identificados 49 milhões de hectares de pastagens degradadas. Isto em um cenário atual onde a agricultura ocupa 60 milhões de hectares e a pecuária 128 milhões, numa extensão total do território nacional de 780 milhões de hectares (SPAROVEK *et al.*, 2011).

Dessa forma, a adoção de um zoneamento territorial capaz de considerar os aspectos produtivos econômicos e o viés ambiental, visando orientar o planejamento do uso conservacionista dos recursos naturais, permite simplificar e tornar ágil a gestão e o monitoramento do uso do solo adequado no âmbito da propriedade rural e, simultaneamente, do próprio conjunto dessas propriedades nas bacias hidrográficas.

O ZAP está diretamente relacionado à metodologia de Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas – ISA, elaborada para ser aplicada em propriedades agrícolas, dando assim início a um processo de coerência com as estratégias de sustentabilidade nas bacias hidrográficas organizadas no Estado de Minas Gerais em 36 UPGRHs. Atualmente, o ZAP, o ISA e até mesmo o Cadastro Ambiental Rural – CAR, se constituem como instrumentos essenciais para a construção de processos sustentáveis no cenário agrosilvopastoril com vistas ao uso adequado dos recursos ambientais sob a perspectiva do manejo conservacionista.

A aplicação do ZAP permite uma avaliação preliminar do potencial de adequação de uma sub-bacia. É o primeiro passo para efetivar o processo de adequação propriamente dito, que envolve a elaboração de planos, pactos e ações e a definição de indicadores para acompanhamento e

avaliação. Assim, o ZAP consiste em informações do meio natural e produtivo que podem contribuir significativamente para as diretrizes de ordenamento do uso do solo no âmbito das bacias hidrográficas.

O artigo 5º do Decreto Estadual nº 46650/2014 instituiu o Comitê gestor encarregado de articular ações e acompanhar as questões relacionadas ao Zoneamento Ambiental e Produtivo, composto pelos órgãos e entidades:

- Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA;
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável – SEMAD;
- Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior – SECTES;
- Instituto Estadual de Florestas – IEF;
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM;
- Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM;
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER;
- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG;
- Fundação Rural Mineira – RURALMINAS;
- Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA.

Os dados produzidos pela aplicação do ZAP nas sub-bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais deverão ser apresentados ao Comitê Gestor para validação, sistematização e disponibilização em ambiente eletrônico apropriado para todo o Estado.

Esse documento tem como finalidade apresentar as diretrizes e a metodologia de base para elaboração do ZAP revisadas e atualizadas.

2. METODOLOGIA

O Zoneamento ambiental produtivo envolve três grandes etapas: definição das unidades de paisagem, diagnóstico da disponibilidade hídrica da sub-bacia e levantamento do uso e ocupação do solo. No entanto, antes do desenvolvimento desses estudos, o primeiro passo é delimitar a área da sub-bacia a ser trabalhada.

Deste modo, neste item serão detalhadas as metodologias sugeridas para a delimitação da sub-bacia e de cada uma das etapas do ZAP, utilizando como exemplo a área da bacia do Ribeirão Santa Juliana (UPGRH PN2). Destaca-se que todo conteúdo de geoprocessamento sugerido nesse documento foi realizado no software livre QGIS 2.8 e 2.12.

A descrição de cada etapa da metodologia visa demonstrar os passos e as ferramentas utilizadas para desenvolvimento dos produtos, no entanto, apenas o conteúdo textual pode não ser suficiente para reprodutibilidade dos procedimentos. Nesse sentido, foram elaborados arquivos tutoriais “passo a passo”, no formato .ppt, baseados em telas demonstrativas de cada etapa, de forma a complementar esse material. O tutorial de cada etapa será disponibilizado no mesmo sítio eletrônico onde se encontra esse documento.

Ressalta-se, que os métodos e procedimentos apresentados aqui são sugestões para elaboração dos produtos requeridos no ZAP, os quais estão relacionados em item posterior. Outras metodologias que alcancem os mesmos objetivos podem ser utilizadas, desde que utilizem fontes e bases de dados oficiais, incluindo, no mínimo, as citadas nesse documento para cada etapa. Além disso, ao utilizar metodologias diferenciadas será necessária a descrição das mesmas no relatório do ZAP a ser apresentado ao Comitê Gestor.

2.1 Delimitação da sub-bacia e sua área de hidrografia

Nesta etapa é realizada a delimitação da sub-bacia e o recorte da sua área de hidrografia. Além disso, é feito o levantamento dos principais dados da bacia hidrográfica, tais como: UPGRH, macrobacia pertencente, os municípios abrangentes etc.

A escolha e delimitação da sub-bacia deverá considerar bacias de nível 5 ou 6 de acordo com a Ottocodificação de bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais (IGAM, 2012). Dentro desses níveis de bacias, sugere-se o uso de sub-bacias com área variando aproximadamente de 30.000 a 150.000 ha. Essa faixa de tamanho possibilita um levantamento mais detalhado das informações necessárias no ZAP, permitindo apresentá-las em uma escala maior em um sistema de informações geográficas. Um exemplo de delimitação de sub-bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais para aplicação do ZAP está disponível no sítio eletrônico do ZEE/MG (<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/gueb/zee/versao2/>).

Para a delimitação da sub-bacia são utilizadas as bases do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM de bacias e hidrografia ottocodificadas mais recentes. A base de bacia está disponível no Portal do IGAM – InfoHidro por meio do link: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/mapoteca/basescartograficas/ottocodificada/72-95-ottobacias>. Já a base de hidrografia será disponibilizada pela SEMAD, juntamente com os dados dos processos de outorga e uso insignificante da sub-bacia, os quais deverão ser solicitados conforme requerimento citado posteriormente. A SEMAD repassará o shapefile da rede hidrográfica ottocodificada completo da bacia onde está localizada a sub-bacia a ser estudada.

Primeiro passo: Encontrar o curso d'água principal da sub-bacia por meio da base de hidrografia da bacia em questão.

Ex.: Ribeirão Santa Juliana – base de hidrografia do Paranaíba

- Selecionar via tabela de atributo o Ribeirão Santa Juliana: Ferramenta *Select by expression* - "noriocomp" = 'Ribeirão Santa Juliana'
- Salvar shapefile somente do curso d'água: Salvar como – salvar somente feições selecionadas.

Segundo passo: Delimitação da sub-bacia.

- Localizar o ponto mais a jusante do curso d'água e verificar o código do campo *cocursodag*: Ribeirão Santa Juliana - *cocursodag* do trecho mais a jusante = 849842.
- Filtrar as microbacias da sub-bacia: No shapefile de bacias utilizar a ferramenta filtrar, inserindo a expressão: “*cocursodag*” LIKE “(código observado na etapa anterior)%”. Ex. “*cocursodag*” LIKE “849842%”.
- Selecionar toda a área filtrada e salvar como – somente feições selecionadas.

- Após esses procedimentos tem-se o shapefile do conjunto de microbacias da sub-bacia em questão, que será útil posteriormente. No entanto, para conclusão da delimitação da área da sub-bacia ainda é necessário utilizar a ferramenta Dissolver (localizada em vetor – geoprocessamento).

Observação: Lembrar que para cálculo de área da bacia deve-se salvar o shapefile também em coordenadas planas.

Terceiro passo: Recorte da rede hidrográfica da sub-bacia.

- Utilizar a ferramenta Cortar (localizada em vetor – geoprocessamento) para o shape de hidrografia com base no shape da área da bacia final (feito na etapa anterior).

Observação: Para operação em vetores no QGIS as bases utilizadas devem ter o mesmo sistema de coordenada (plana ou geográfica).

A

Figura 2.1 ilustra a delimitação da bacia do Ribeirão Santa Juliana e sua rede hidrográfica, conforme a base original de hidrografia ottocodificada do IGAM mais recente.

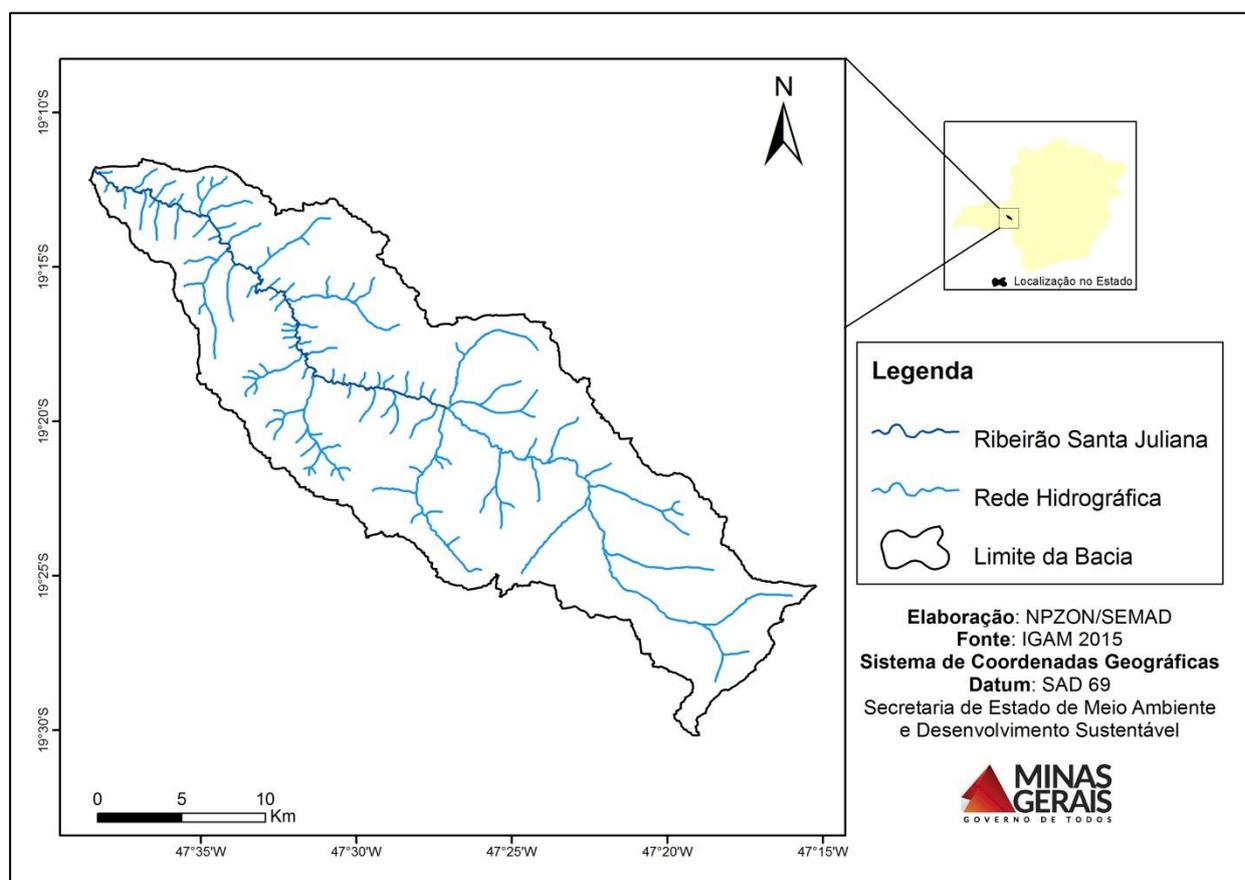


Figura 2.1: Delimitação da bacia do Ribeirão Santa Juliana e sua rede hidrográfica (base original de hidrografia do IGAM mais recente).

No entanto, recomenda-se verificar atentamente a rede hidrográfica, comparando-a com a realidade da bacia, visando corrigir trechos inexistentes e faltantes, bem como possível deslocamento de alguns cursos d'água, observado mesmo quando a imagem e base hidrográfica se encontram na mesma projeção e datum. Para essa verificação é importante se basear na imagem de satélite (obtida no item 2.4.1), pois o mapeamento do uso e ocupação do solo também será feito por meio dessa imagem. Essas correções são importantes principalmente para o levantamento confiável das áreas de preservação permanente – APPs hídricas da bacia, inclusive de seu estado de conservação. Deste modo, os ajustes na base hidrográfica devem ser feitos de forma manual, trecho a trecho. Ressalta-se, que isso provocará alterações em dados de uma base oficial e, portanto, a hidrografia “corrigida” só deverá ser utilizada para fins do ZAP, até que as alterações sejam validadas pelo órgão competente.

A **Figura 2.2** apresenta a inserção e retirada de trechos da rede hidrográfica da bacia do Ribeirão Santa Juliana de acordo com a realidade.

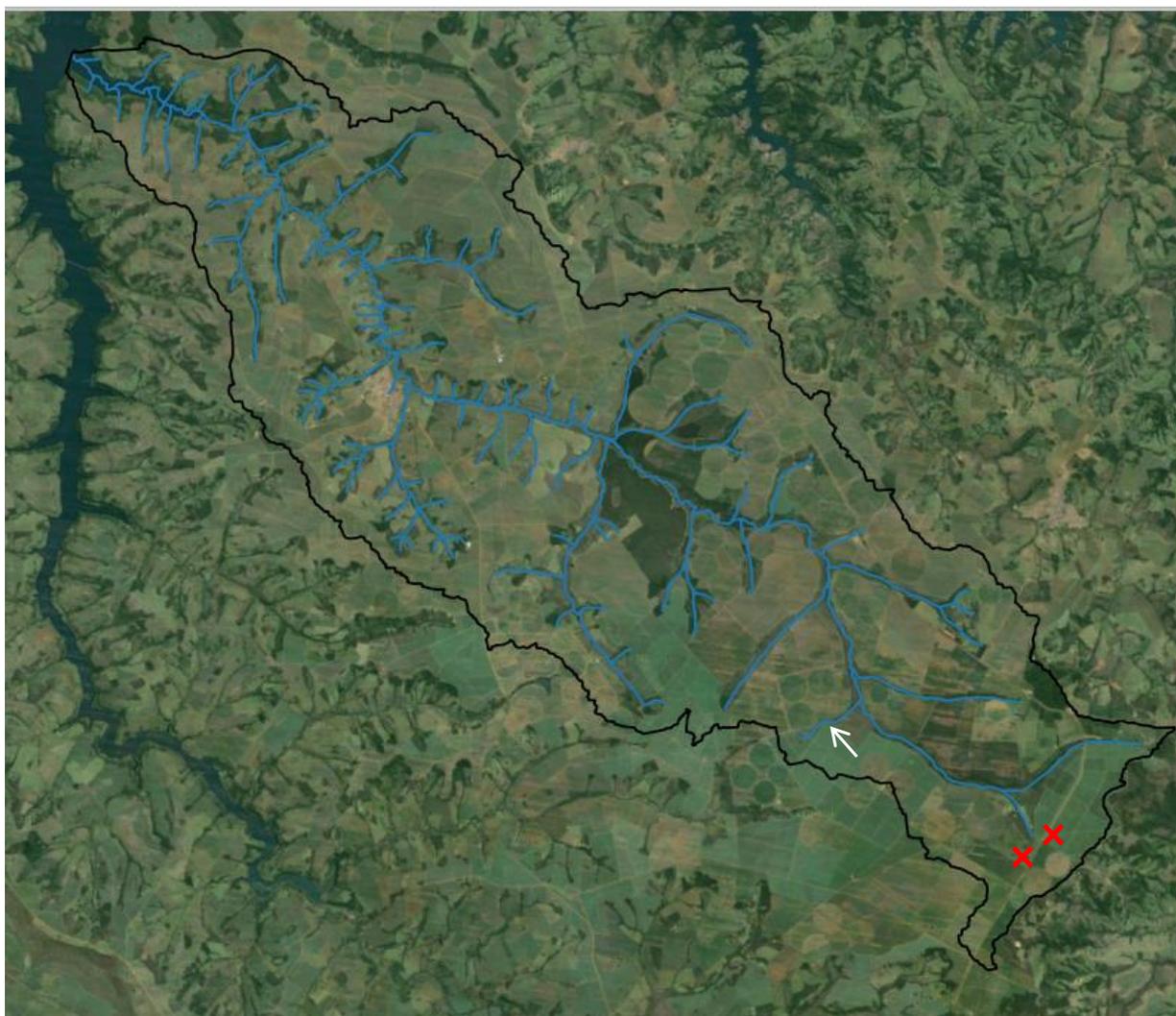


Figura 2.2: Inserção e retirada de trechos da hidrografia da bacia do Ribeirão Santa Juliana.
Legenda: → indica o trecho inserido; X local dos trechos removidos.

A hidrografia corrigida quanto à inserção e retirada de trechos e quanto ao deslocamento dos cursos d'água de acordo com a imagem de satélite pode ser vista na **Figura 2.3**, que também apresenta a hidrografia original a fim de comparação.

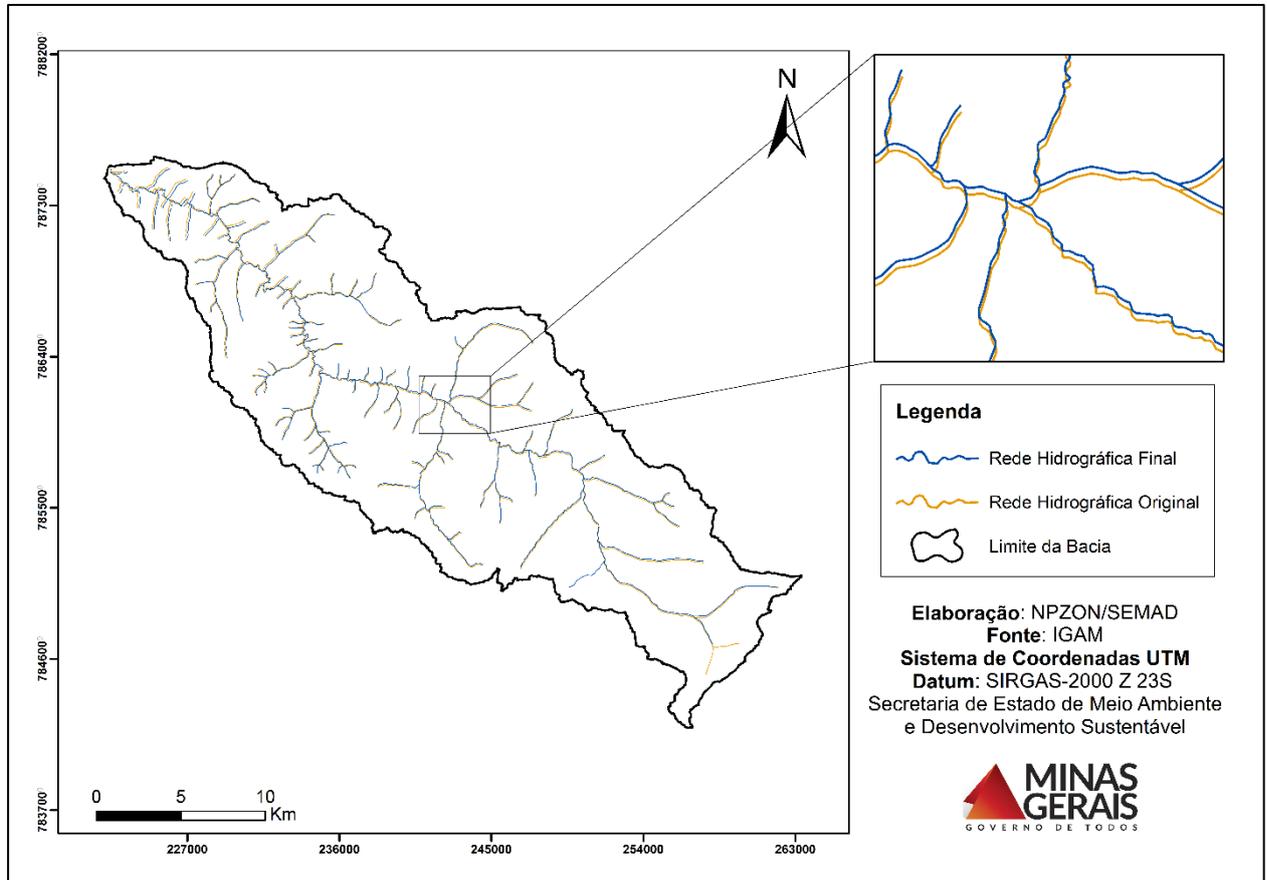


Figura 2.3: Delimitação da bacia do Ribeirão Santa Juliana com a adequação da rede hidrográfica.

2.2 Definição das Unidades de Paisagem

Essa etapa consiste na delimitação e caracterização das unidades de paisagem (UP) objetivando o planejamento do uso conservacionista dos recursos ambientais em bacias hidrográficas de pequeno porte. Dentre as aplicações mais relevantes deste estudo, destacam-se:

- Adequação socioeconômica e ambiental de propriedades rurais e de bacias hidrográficas;
- Planejamento do uso e ocupação múltiplos dos espaços municipais;
- Identificação das aptidões para atividades econômicas das áreas caracterizadas;
- Planejamento de atividades agrossilvipastoris dentro dos preceitos da sustentabilidade;
- Seleção de áreas para conservação da biodiversidade.

A metodologia adotada para a identificação das Unidades de Paisagem da sub-bacia foi desenvolvida por Fernandes (2010) e consiste na integração e no estabelecimento de correlações entre as seguintes variáveis ambientais: geologia, relevo e solo. Considera-se a paisagem, dentro de cada especificidade local, como uma síntese dos componentes do meio físico (geologia, relevo e solos) e integrações com o meio biótico (vegetação nativa) e meio socioeconômico (atividades antrópicas).

A definição das Unidades de Paisagem permite determinar as potencialidades, limitações e aptidões para usos e ocupações múltiplos. Parte-se do princípio de que o meio físico condiciona as diversas modalidades de usos e ocupações dentro dos paradigmas da sustentabilidade e das possibilidades de intervenções para prevenção, mitigação e correção de problemas ambientais, decorrentes da inobservância da capacidade de uso específica de cada unidade (FERNANDES *et al.*, 2013).

Brevemente, o roteiro metodológico para construção das unidades de paisagem é composto por três fases (FERNANDES, 2010):

- Espacialização e compartimentalização das Unidades de paisagem por meio do uso de imagens SRTM e do cruzamento de dados de geologia, solo, hidrografia e vegetação;
- Correlações, em campo, das unidades de paisagem pré-determinadas com materiais geológicos e pedológicos;
- Identificação, para cada UP, das potencialidades, limitações, fragilidades e aptidões para fins múltiplos.

A seguir foi detalhada a metodologia proposta para delimitação das unidades de paisagem, utilizando a bacia do Ribeirão Santa Juliana como caso exemplificativo.

2.2.1 Elaboração do Mapa Preliminar das Unidades de Paisagem

2.2.1.1 Delimitação da área de interesse e tratamento da imagem SRTM

O primeiro passo para o mapeamento das unidades de paisagem é a obtenção de imagens de Modelo Digital de Elevação (MDE). São utilizadas as imagens SRTM, disponíveis na página da United States Geological Survey – USGS em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Para download das imagens é necessário registrar-se e fazer *login* no site. O caminho para acesso as imagens SRTM é: Seleção no mapa da área escolhida → Data Sets → Digital Elevation → SRTM → SRTM 1 Arc-Second Global → Results → Download → GeoTIFF 1 Arc-second. Pode ser necessário o download de mais de uma imagem de forma a englobar toda a área da sub-bacia a ser trabalhada. Nesse caso, será preciso fazer o mosaico de todas as imagens no QGIS (em Raster: ferramenta Miscelânea → Mosaico).

Sugere-se que a região a ser trabalhada seja delimitada na forma de um quadrado que englobe uma área um pouco maior que a área da sub-bacia. Isso possibilitará uma visão mais ampliada das curvas de nível e suas formas auxiliando na definição correta das unidades de paisagem da sub-bacia estudada. Para isso, basta criar uma “camada tipo shape” no QGIS, do tipo polígono, e adicionar uma feição no formato de um quadrado.

O próximo passo é realizar o recorte da imagem SRTM com base no quadrado criado conforme procedimento acima. O recorte é feito por meio da ferramenta Cortador (localizada em Raster – Extração).

A partir daí, para a imagem recortada, é realizada a alteração do tipo de renderização da banda para “Banda simples falsa cor”, onde sugere-se o uso de 25 classes, com intervalo igual. A escolha da faixa de cores deve proporcionar uma boa visualização das faixas de altitudes (no QGIS 2.8.3 utilizou-se o padrão “elevation”). Atenta-se para o valor mínimo da classificação, que deve ser o menor valor de altitude da imagem, o qual pode ser verificado no histograma da camada.

Posteriormente é realizada a extração das curvas de nível para um intervalo de 20m entre as linhas de contorno, por meio da ferramenta Contorno (localizada em Raster – Extração).

A **Figura 2.4** apresenta o resultado do tratamento da imagem SRTM delimitada para a área de interesse.

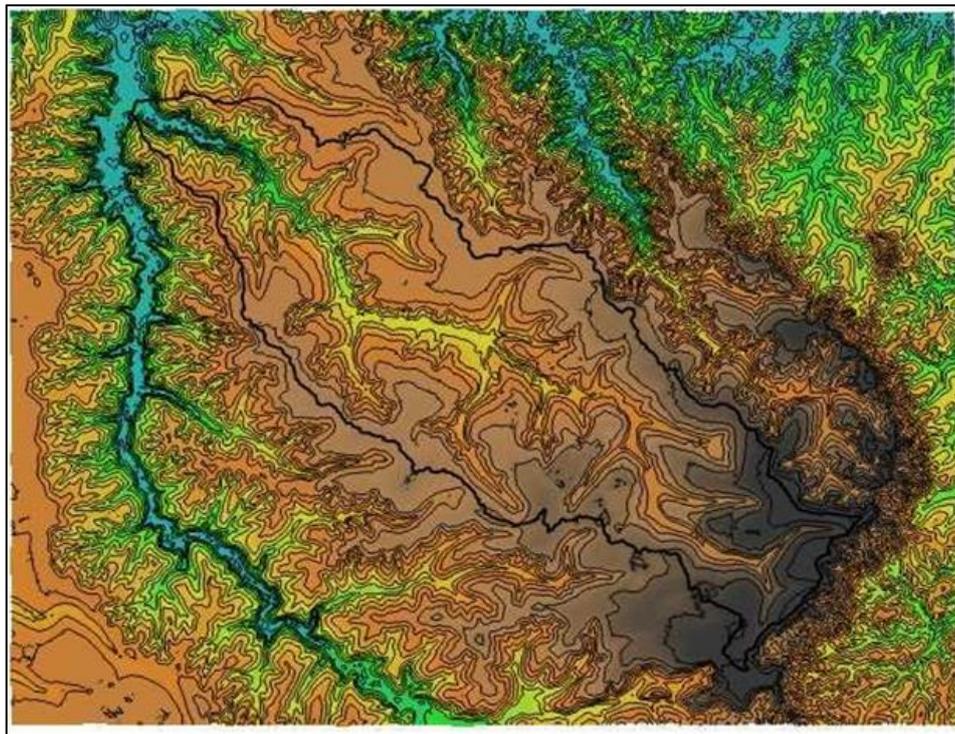


Figura 2.4: Retrato do resultado do tratamento da imagem SRTM delimitada para a área de interesse.

2.2.1.2 *Definição das Unidades de Paisagem*

Após a extração das curvas de nível, sugere-se a exportação das mesmas para o software Google Earth, por meio da geração de um arquivo kml (No QGIS salvar o shapefile em formato Keyhole markup language [KML]). Esse software permite a ampliação da elevação do terreno (também conhecida como exagero vertical), o que possibilita melhor visualização do relevo da área de interesse. Deste modo, abrir as curvas no Google Earth e fazer uso da ferramenta “ampliar elevação” (localizada em: Ferramentas → Opções → Terreno → ampliar elevação para 3) auxiliará na delimitação das unidades de paisagens, que dependerá ainda da interpretação da forma e perfil das curvas e do conhecimento do técnico sobre a bacia.

No entanto, para maior padronização na definição e denominação dos tipos de UPs devem ser utilizados como base o livro "Minas Gerais: Caracterização de Unidades de Paisagem" (FERNANDES, 2013), que apresenta de forma macro as principais UPs de cada mesorregião do Estado, e a tabela do Anexo I do presente documento.

Um complemento do QGIS que também poderá auxiliar na definição da paisagem, assim como na execução das demais etapas do ZAP, é o “*OpenLayers plugin*”, o qual permite o uso de imagens do Google Maps dentro do próprio software (porém, não é possível o uso do exagero vertical). Após instalação, esse complemento estará localizado em: aba Web → *OpenLayers plugin* → Google Maps.

As unidades de paisagem são delimitadas manualmente no QGIS, por meio da criação de nova camada por polígono. A delimitação automática, por meio das faixas de curvas de nível, por exemplo, não é indicada, pois retrata as unidades de maneira generalizada, falhando em representá-las de forma fidedigna. A inexistência de parâmetros adequados inviabiliza a adoção deste método para a demarcação, tornando-a subjetiva e ignorando muitas vezes as particularidades de cada unidade. A delimitação manual possibilita o trabalho em escala mais apropriada.

Caso na sub-bacia ainda tenha informações de solo e geologia em escala compatível, recomenda-se o cruzamento destas com os dados de geomorfologia, obtidos no item anterior, para maior detalhamento das unidades de paisagem.

O ideal é que os polígonos sejam criados em UTM para que, posteriormente, seja possível calcular a área de cada unidade de forma a verificar sua expressividade na bacia.

A **Figura 2.5** apresenta o Mapa Preliminar das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

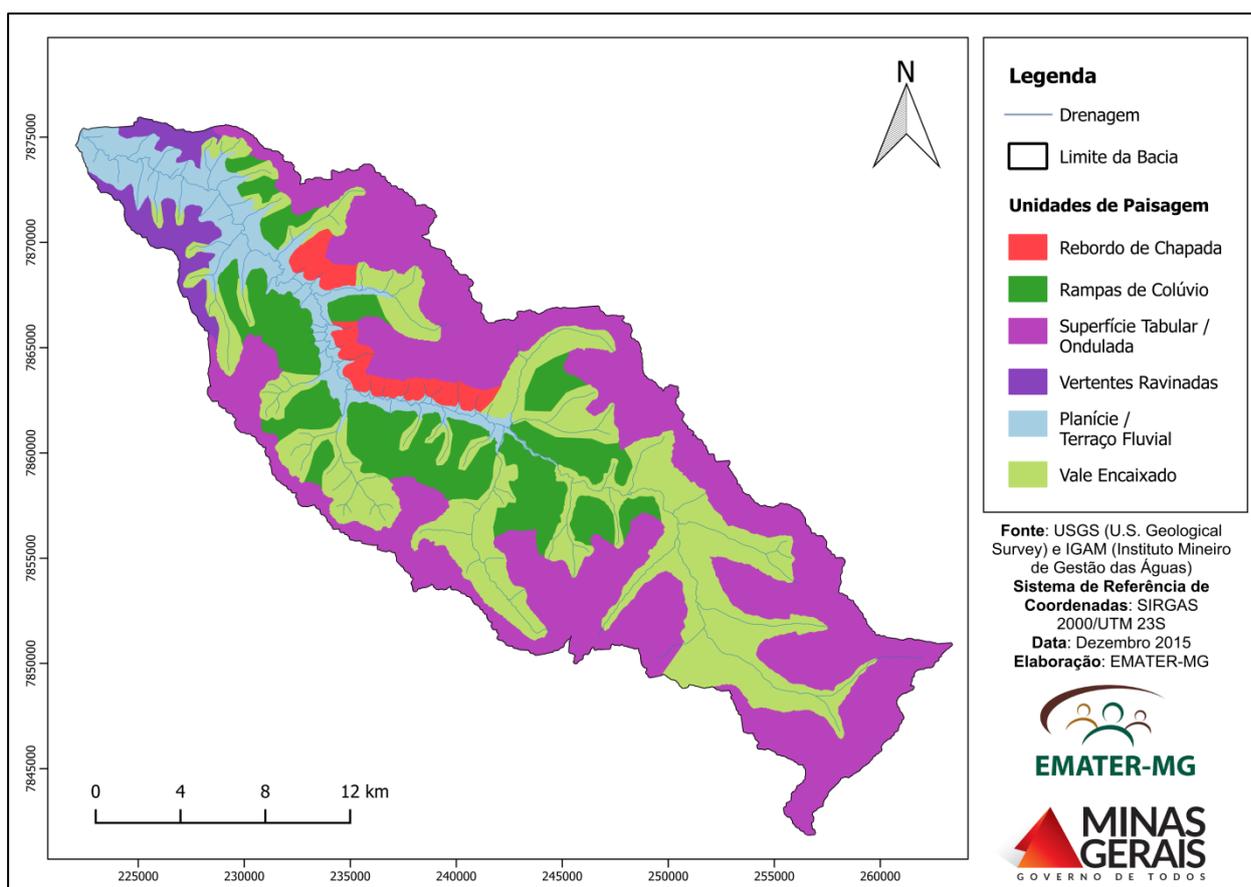


Figura 2.5: Mapa Preliminar das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

2.2.2 Trabalho de campo e elaboração do Mapa final das Unidades de Paisagem

Com o mapa preliminar das unidades de paisagem em mãos deve ser realizada a checagem de campo, que objetiva a elucidação de dúvidas e complementação do mapeamento. Nessa fase, todas as unidades de paisagem devem ser visitadas para confirmação de seus limites, de suas características agroambientais e as respectivas associações com os materiais geológicos e pedológicos.

A visita em campo é imprescindível para a confirmação e ajuste das unidades de paisagem e o máximo de características qualificadoras deve ser observado em cada unidade para a proposição e confecção do Mapa Final das Unidades de Paisagem. Encontra-se no Anexo II do presente documento um modelo de Ficha Técnica de Observações em Campo que deverá ser utilizada para os pontos de verificação.

Caso necessário, poderá ser realizado um trabalho de campo anterior à delimitação das unidades de paisagem no QGis, de forma a facilitar a sua identificação, sem substituir a visita subsequente de checagem.

Destaca-se que, ao final da confecção do mapa preliminar de Uso do Solo (item 2.4.4), também será necessária uma visita de campo para confirmação e ajuste das feições mapeadas. Dessa forma, visando otimizar a visita e até mesmo possibilitar um ganho de tempo, sugere-se, a realização do trabalho de campo final apenas após a confecção dos dois mapas preliminares, ou seja, tanto o de Unidades de Paisagem quanto o do Uso do Solo.

Após verificação e validação das unidades em campo são feitos os ajustes no mapa preliminar, confeccionando-se o mapa Final das Unidades de Paisagem.

A **Figura 2.6** apresenta o Mapa Final das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

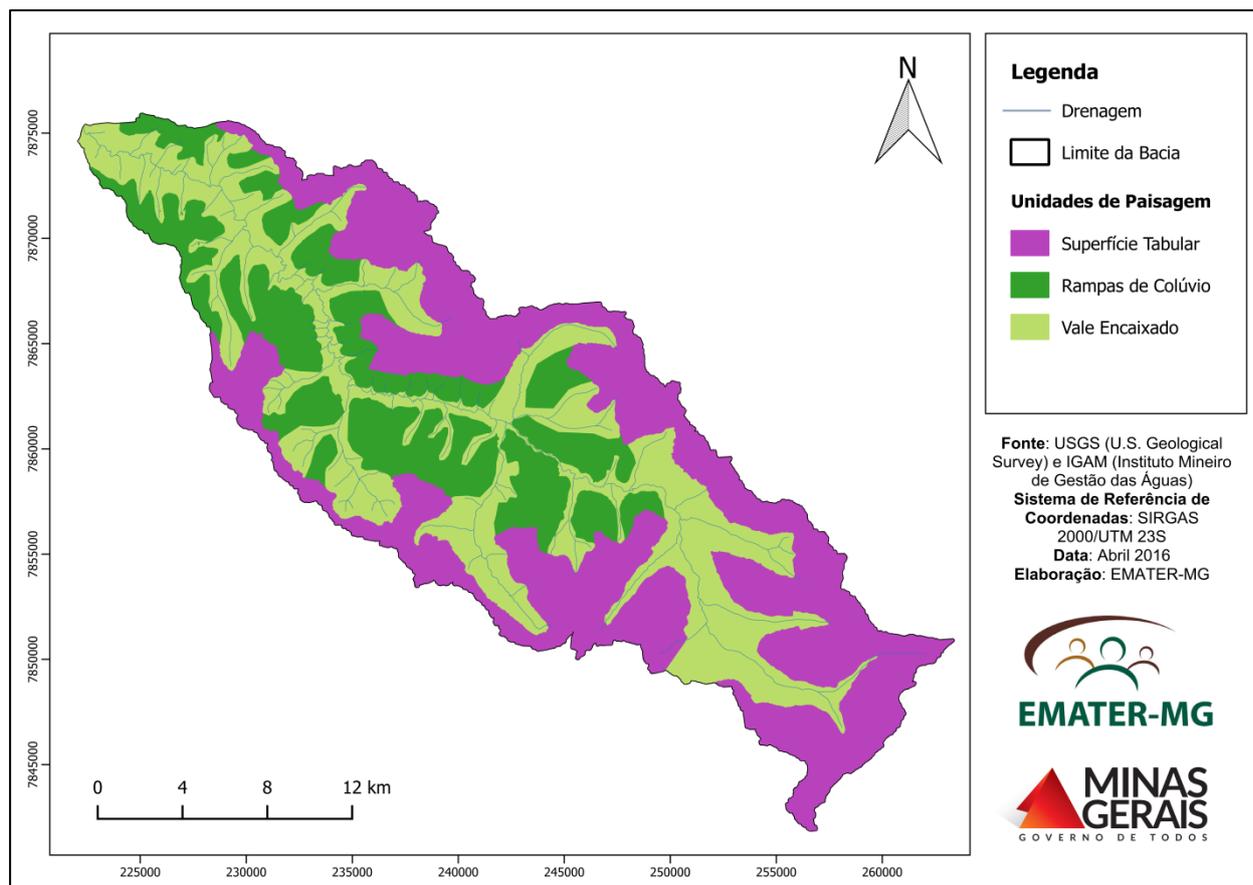


Figura 2.6: Mapa Final das Unidades de Paisagem da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

2.2.3 Caracterização das potencialidades, limitações e aptidões

Após definição final das UPs da sub-bacia, deve ser elaborada a Matriz de correlação das unidades delimitadas com suas respectivas potencialidades, limitações e aptidões para usos e ocupações múltiplos, baseando-se na tabela do ANEXO I e no conhecimento do técnico sobre a bacia.

A tabela de caracterização das UPs existentes em Minas Gerais (ANEXO I) trouxe a caracterização de cada UP, onde foram estabelecidas, para cada unidade, inferências sobre a vegetação nativa original (meio biótico) e as aptidões para uso/ocupação (meio antrópico). Tal caracterização é de extrema importância, já que as unidades de paisagem são integradas e apresentam respostas diferenciadas principalmente aos eventos pluviiais, o que reflete na dinâmica do ciclo hidrológico. Como exemplo, UPs que apresentem relevos suaves e solos permeáveis condicionam a infiltração das águas pluviiais, propiciando a manutenção dos aquíferos (água subterrânea). Já as UPs com afloramentos rochosos podem armazenar as águas pluviiais em fraturas (aquífero em meio fraturado) e na porosidade das rochas (aquífero em meio poroso).

A Matriz de caracterização das UPs da bacia do Ribeirão Santa Juliana foi apresentada na **Tabela 2.1** abaixo.

Tabela 2.1: Matriz de caracterização das UPs da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Unidades de Paisagem	Área (ha)	Representatividade (%)	Potencialidades	Limitações	Aptidões
Vale Encaixado em Vertente Ravinada	17.384	35,61	Áreas de surgências de aquíferos (nascentes) e cursos d'água de primeira ordem.	Solos rasos e pedregosos em relevos fortemente acidentados.	Áreas para preservação permanente e proteção de nascentes.
Superfícies Tabulares	20.571	42,14	Relevo plano e solos bem desenvolvidos e permeáveis.	Solos de baixa fertilidade e acidez elevada.	Agricultura mecanizada, silvicultura, fruticultura e pastagens cultivadas.
Rampas de Colúvio	10.864	22,25	Solos profundos e estáveis de alta permeabilidade.	Comprimento da rampa e favorecimento de processos de erosão laminar. Quando argilosos, são suscetíveis à compactação por pressão de máquinas e pisoteio de animais.	Culturas anuais, pastagens, silvicultura, fruticultura e capineiras sob sistemas de controle de erosão.

2.3 Estudo de disponibilidade hídrica

A metodologia para elaboração do estudo de disponibilidade hídrica de sub-bacias utiliza a base de dados de usuários de água da SEMAD. Neste documento, procurou-se apresentar uma sequência passo a passo com base no estudo de caso da bacia do Ribeirão Santa Juliana, de forma a permitir aos planejadores e gestores de bacias hidrográficas o gerenciamento de informações espaciais sobre mapas de recursos hídricos digitais com vistas à tomada de decisões.

2.3.1 Solicitação de dados para Levantamento dos usuários de água da sub-bacia

Para a obtenção dos dados dos processos de outorga e uso insignificante da sub-bacia deverá ser solicitado à SEMAD, por meio de requerimento, o Relatório dos usuários de água da sub-bacia em questão, conforme modelo no Anexo III desse documento. Esse relatório conterá os dados referentes aos processos de outorga e uso insignificante necessários para o mapeamento de cada usuário, bem como levantamento da demanda de água de cada trecho dos cursos d'água da sub-bacia.

Os dados apresentados no relatório são: N° do Processo, Coordenadas Geográficas, Portaria, Ano da portaria, Vazão de captação, Curso d'água, UPGRH, Finalidade, Modo de uso, Tipo, Data de Publicação e Validade.

A SEMAD tem o prazo de 15 dias para emitir o Relatório dos usuários de água da sub-bacia, encaminhando posteriormente ao solicitante, em formato eletrônico, via e-mail. Lembrando que juntamente ao Relatório de usuários de água será enviada também a base hidrográfica mais recente completa da bacia onde está localizada a sub-bacia a ser estudada.

2.3.2 Processamento dos dados dos usuários de água da sub-bacia

Com a planilha dos usuários de água da sub-bacia em mãos devem ser feitos os passos seguintes. No entanto, é interessante observar que a planilha enviada somente conterá os processos do tipo de uso superficial (seja individual ou coletivo) localizados nos municípios ou na UPGRH de abrangência da sub-bacia.

Primeiro passo: Filtrar somente processos vigentes.

- Pelo Status: outorga (deferida, renovada e retificada) e cadastro efetivado.
- Pela data: Consideram-se os processos a partir de 6 (seis) meses antes da data de elaboração do estudo. Sugere-se inserir coluna Ano de Vencimento e filtrar aqueles que não possuem essa informação (que ficam com o ano “1900”) e aqueles do ano em questão ou anterior adiante, sendo que para o ano atual ou anterior deve-se considerar a informação por mês, utilizando os dados a partir dos últimos seis meses.

- Ex.: Dados processados em janeiro de 2016 – dados filtrados: vencimento no ano de “1900” e a partir de julho 2015.

Com todos os filtros aplicados, sugere-se selecionar todos os dados e copiar em outra pasta, intitulada dados filtrados. Com essa pasta de base, criar outras 2 pastas, intituladas dados consistidos outorgas e dados consistidos cadastros, onde cada pasta apresentará somente os dados de outorga e de cadastro, respectivamente. Nessas pastas que será feito o processo de consistir os dados.

Segundo passo: Consistir os dados.

- Verificar a ocorrência de processos repetidos.
- Criar uma coluna intitulada Vazão captada (m^3/s):
 - Verificar a vazão de captação de cada processo nas portarias de outorgas por meio do website da SEMAD (<http://www.semاد.mg.gov.br/outorga/relacao-deferidos-indeferidos-cancelados-e-outros>), principalmente em relação à unidade de medida l/s ou m^3/s .
Observação: na teoria as vazões de todos os processos de uso insignificante são fornecidas em l/s e os de outorga em m^3/s .
 - Como há uma coluna de vazão para cada mês do ano, caso os valores entre elas sejam discrepantes, considerar o maior valor, se forem iguais, considerar o valor único.
 - Transformar todos os valores de Q em m^3/s .
- Verificar os casos de processos de outorga coletiva: Nas colunas “Tipo” e “Modo de uso” é possível filtrar esses processos (se houver). Para esses casos a etapa anterior de verificação de cada portaria no website da SEMAD é imprescindível, pois na maioria das vezes a planilha apresenta somente a Portaria do processo, e não traz os dados de vazão dos respectivos usuários. Caso isso ocorra, deve-se inserir os dados dos usuários, verificados na Portaria, na pasta trabalhada ou até mesmo criar uma nova pasta intitulada, por exemplo, processos de outorga coletiva.
- Organizar coordenadas Latitude e Longitude (se necessário):
 - Na planilha existem pontos com coordenadas em Graus, minutos e segundos – GMS e UTM. Observar que para cada tipo haverá um procedimento para adicionar os pontos no QGIS. Observar também os diferentes *Data* apresentados na planilha de usuários (a codificação dos *Data* é: 1 = SAD 69; 2 = WGS 84; 3 = Córrego Alegre).
 - Para as coordenadas em GMS será necessário realizar o procedimento de “juntar” os dados das colunas, ex.: Latitude Grau, Latitude Minuto e Latitude Segundo, para isso utilizamos a função CONCATENAR. Posteriormente os dados gerados deverão ser transformados somente em valores (copiar e colar “somente valores”), assim poderemos tratar os dados, corrigindo eventuais erros de grafia que

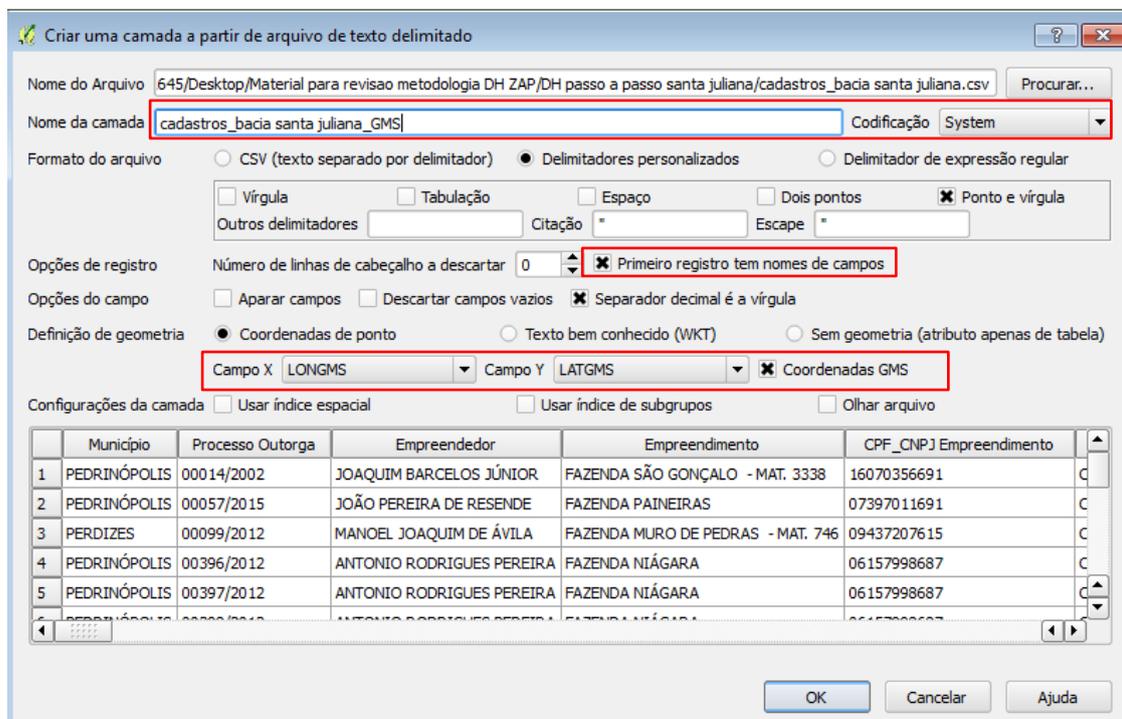
prejudicam a importação para o QGIS. Principais erros: espaços entre os números da coordenada e símbolos de grau, minuto e segundos (confundidos com aspas, etc.). Também é necessário inserir as letras S e W maiúsculas nos valores de latitudes e longitudes respectivamente.

2.3.3 Importação e organização dos dados dos usuários de água da Bacia no QGIS

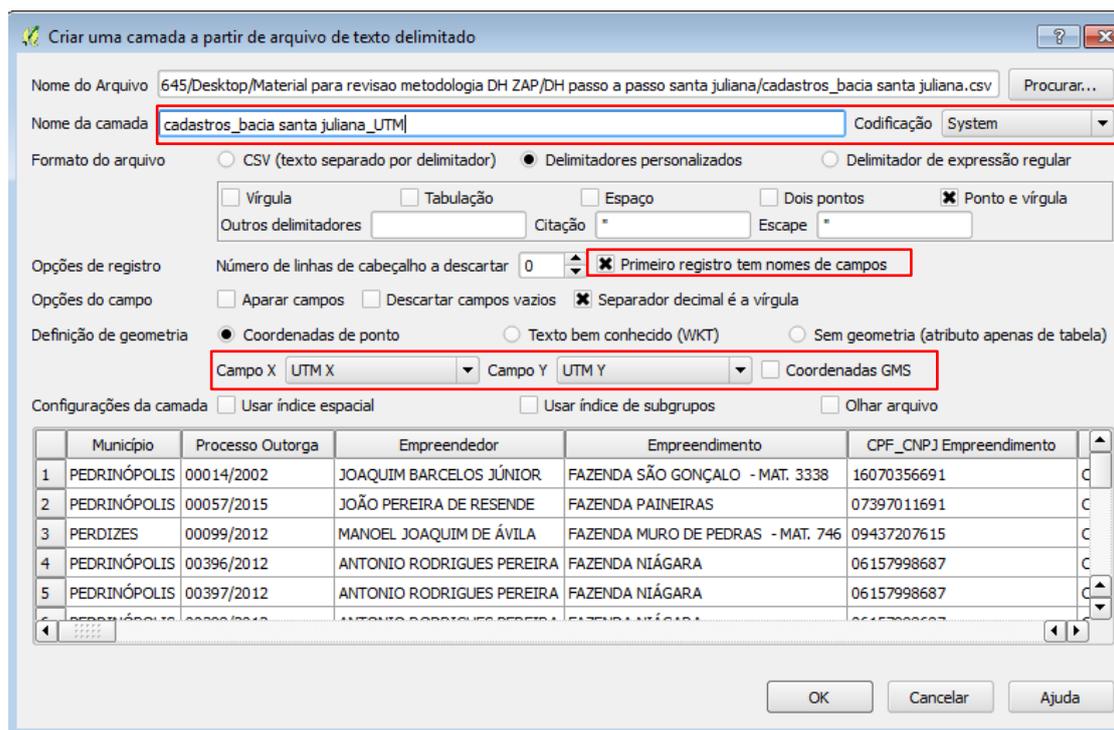
Após a validação e organização dos dados dos usuários da sub-bacia, o próximo passo é a geração de um arquivo “CSV (separado por vírgulas)” para adição dos pontos no QGIS. Esse arquivo é gerado a partir de cada pasta do Excel, em salvar como - tipo “CSV (separado por vírgulas)”. Nesse sentido, sugere-se salvar um .CSV(separado por vírgulas) para cada pasta (de outorga e de cadastros de uso insignificante). Lembrando que, se for necessário, salvar arquivos separados também pelos diferentes *Data*, de forma a atribuí-los corretamente no momento da importação. Não é necessário gerar .CSV(separado por vírgulas) separados para os dados em GMS e UTM, pois é possível utilizar o mesmo arquivo duas vezes com procedimentos diferentes no QGIS.

Para plotagem dos dados no QGIS ir na ferramenta “adicionar uma camada de texto delimitado” e utilizar os arquivos .CSV (separado por vírgulas). Observar os pontos destacados nas imagens abaixo.

Plotagem dos dados em GMS:



Plotagem dos dados em UTM:



Posteriormente ao passo acima será necessário selecionar o sistema de coordenadas, atentar para o uso de coordenadas geográficas para os dados em GMS e de coordenadas planas para aqueles em UTM, assim como a correlação com o *Datum* correto.

Antes de “trabalhar” os pontos dos usuários plotados, é importante definir o sistema de referência de coordenadas - SRC do projeto no QGIS. Recomenda-se padronizar todos os arquivos para SIRGAS 2000, *Datum* oficial do Brasil, adotado pelo Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. O item 3.2 apresenta o formato e padrão dos produtos do ZAP a serem entregues em base de dados geográficos.

Definido o SRC do projeto, salvar as camadas já projetadas no SCR adotado e reprojeter por meio da ferramenta *Reproject Layer* as camadas que foram plotadas em SCR diferente. Com todos os shapes dos pontos de usuários no mesmo SRC é possível fazer a junção dos shapes de pontos de outorgas, assim como daqueles de cadastro de uso insignificante. Para isso, utiliza-se a ferramenta *Merge* (em Vetor – *General tools*), gerando um arquivo para todas as outorgas e outro para todos os cadastros.

Como serão utilizados somente os pontos inseridos na área da sub-bacia determinada, a próxima etapa é realizar o recorte dos shapes de outorgas e de cadastros de uso insignificante com base na área da sub-bacia (utilizando a ferramenta Cortar em vetor – geoprocessamento).

Na **Figura 2.7** estão representados os produtos obtidos nessa etapa, ou seja, os usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes da sub-bacia.

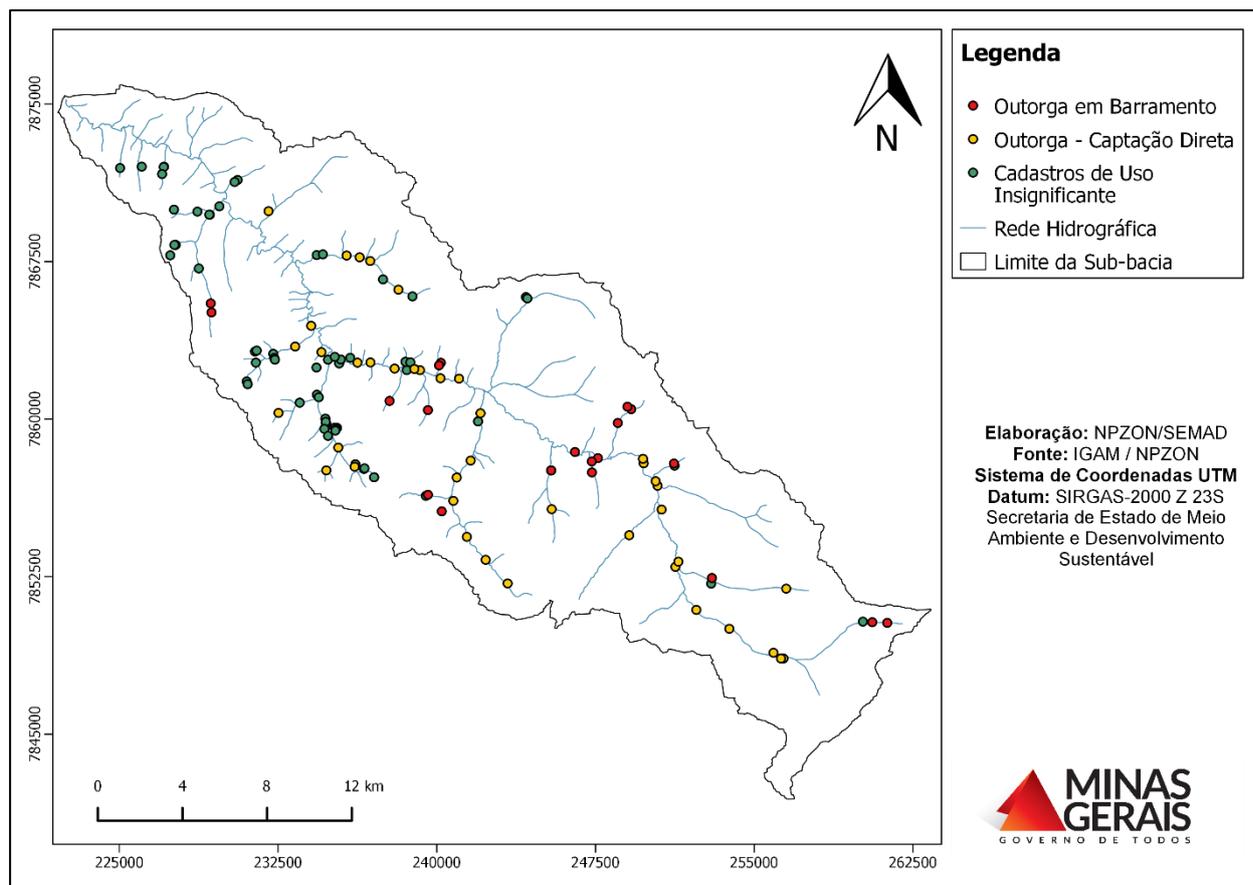


Figura 2.7: Usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

2.3.4 Análise da disponibilidade hídrica da sub-bacia

Para a análise da disponibilidade hídrica da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Juliana foram utilizados os dados de vazão das outorgas e dos cadastros de uso insignificante, bem como a vazão $Q_{7,10}$ da base de hidrografia.

O objetivo dessa etapa é contabilizar em cada trecho dos cursos d'água da sub-bacia a demanda pelo uso da água regularizada e conseqüentemente a disponibilidade hídrica, detectando as situações de indisponibilidade (demanda acima do limite máximo de captação), estado de atenção (demanda acima de 50% do limite máximo de captação) e de disponibilidade (demanda abaixo de 50% do limite máximo de captação).

O primeiro passo é verificar na Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março 2012, que “dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado”, qual o limite máximo de captações a serem outorgadas, por cada seção considerada em condições naturais na bacia em questão. Em Geral esse limite será de 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$. No

entanto, segundo essa Resolução, em algumas bacias hidrográficas há uma ressalva (Rios Jequitaí, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba, e Velhas), onde o limite máximo de captações será de 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$. Observação: Recomenda-se sempre a leitura e aplicação das diretrizes do dispositivo legal similar vigente quando da realização desse estudo.

No caso da bacia do Ribeirão Santa Juliana o limite máximo de captações as serem outorgadas, por cada seção considerada em condições naturais é de 50% da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da $Q_{7,10}$.

2.3.4.1 Levantamento das demandas pelo uso da água em cada trecho

Antes de computar a demanda hídrica em cada trecho, sugere-se filtrar as camadas de outorga e cadastro de uso insignificante para que fiquem visíveis somente: os usuários com demanda, ou seja, vazão captada maior que zero e os usuários com modo de uso igual barramento com regularização de vazão (sem captação) e aproveitamento do potencial hidrelétrico, se houverem. Dessa forma, a expressão na ferramenta Filtrar será aproximadamente assim: “Q captada >0 OU Modo de Uso=Barramento sem captação, com regularização de vazão OU Modo de Uso=Aproveitamento do potencial hidrelétrico”.

Outro procedimento que facilita o levantamento adequado da demanda é destacar os barramentos com regularização de vazão (com e sem captação) e os usuários do modo de uso Aproveitamento do potencial hidrelétrico com cores diferenciadas (em Estilo – categorizado). Esses destaques são importantes, pois o cálculo da demanda nos trechos com esses modos de uso é diferente daqueles que somente possuem captações diretas ou em barramentos sem regularização de vazão.

De acordo com a Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012 "Quando o curso de água for regularizado pelo interessado, a vazão outorgada poderá ser superior ao limite máximo estabelecido na bacia hidrográfica, aproveitando-se o potencial de regularização, desde que seja mantido o fluxo residual mínimo a jusante, estabelecido na bacia" (Art. 4º).

Assim, nos casos do modo de uso “captação em barramento com regularização de vazão” é de extrema importância que a vazão de demanda seja a vazão não regularizada, ou seja, aquela decorrente da diferença entre a $Q_{7,10}$ e a vazão residual do barramento, ao invés da vazão captada. Caso a vazão residual seja: igual a $Q_{7,10}$, considera-se zero a vazão não regularizada; maior que a $Q_{7,10}$, considera-se a diferença como incremento da vazão no trecho.

Exemplos:

1 – Vazão residual menor que a $Q_{7,10}$:

$Q_{7,10}$	Q residual (%)	Q não regularizada	Q ainda disponível a jusante no trecho (50% $Q_{7,10}$ – Q não
------------	----------------	---------------------------	--

	$Q_{7,10}$	(% $Q_{7,10}$)	regularizada)
10	7,0 (70%)	3,0 (30%)	$5,0 - 3,0 = 2,0$
10	5,0 (50%)	5,0 (50%)	$5,0 - 5,0 = 0$

2 – Vazão residual igual a $Q_{7,10}$:

$Q_{7,10}$	Q residual (% $Q_{7,10}$)	Q não regularizada (% $Q_{7,10}$)	Q ainda disponível a jusante no trecho ($50\% Q_{7,10} - Q$ não regularizada)
10	10 (100%)	0 (0%)	$5,0 - 0 = 5,0$

3 - Vazão residual maior a $Q_{7,10}$:

$Q_{7,10}$	Q residual (% $Q_{7,10}$)	Q incrementada (% $Q_{7,10}$)	Q ainda disponível a jusante no trecho ($50\% Q_{7,10} - Q$ não regularizada)
10	18 (180%)	8,0 (80%)	$5,0 + 8 = 13,0$

Entretanto, em alguns casos, a vazão residual do barramento não estará disponibilizada na planilha de usuários ou nas portarias de outorga. Nesses casos inferimos como vazão residual o valor mínimo exposto pela Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012, que será 50 ou 70% da $Q_{7,10}$. Recomenda-se, para os barramentos regularizados anteriormente à publicação da Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012, considerar o valor do fluxo residual mínimo sempre como 70% da $Q_{7,10}$, pois antes dessa resolução esse era o valor mínimo permitido em todo Estado de Minas Gerais. Essas mesmas inferências podem ser feitas para os “barramentos com regularização de vazão sem captação” e para os pontos de Aproveitamento do potencial hidrelétrico (caso esses sejam decorrentes de barramentos e não “a fio d’água”).

Como a demanda hídrica será calculada para cada trecho do curso d’água, o passo seguinte é colocar em edição a camada de hidrografia e adicionar uma nova coluna intitulada “QDemTot” (Vazão de demanda total). Nessa coluna será adicionada manualmente a soma das vazões em cada trecho avaliado.

Dicas importantes:

- Havendo captação em barramentos com regularização de vazão na sub-bacia sugere-se inserir uma coluna intitulada “QNReg” (vazão não regularizada) - antes da coluna QDemTot”. Desde modo, o cálculo para a Q não regularizada poderá ser feito separado por meio de uma expressão utilizando os valores de $Q_{7,10}$ da própria tabela de atributo: $\mathcal{E} =$

“Q710” – valor da Q residual (inserido manualmente, se souber o valor exato, ou referente a % do fluxo residual mínimo, se for feita a inferência). Posteriormente o valor calculado de Q não regularizada poderá ser somado às demais vazões captadas do trecho, se houver. Lembrando que havendo captações no mesmo trecho, a montante do barramento com vazão regularizada, essas deverão ser desconsideradas. No caso de mais de um barramento com regularização de vazão no mesmo trecho deverá ser considerada apenas a Q não regularizada do barramento mais a jusante.

- Se houver muitos pontos de captação no trecho e não havendo barramento com regularização de vazão sugere-se a utilização da ferramenta do QGIS - Estatística Básica (em Vetor – Analisar) que somará as vazões captadas de todos os pontos selecionados (no caso de pontos de uma mesma camada).
- Algumas vezes, o ponto de captação não “cai” exatamente ou próximo do curso d’água. Nestes casos, atribuir a qual trecho pertence esse ponto pode ser uma tarefa complicada. Um procedimento fundamental para sanar esse tipo de dúvida é habilitar a camada de microbacias (gerada no processo de delimitação da sub-bacia).
- Rotular os pontos, de forma a deixar visível o valor da vazão captada (ou no caso das captações em barramentos com regularização de vazão, a Q residual) também facilita no momento dos cálculos da demanda de cada trecho.
- Após calcular as vazões dos trechos com demanda, é necessário adicionar o valor zero para os trechos que não possuem demanda, substituindo o “NULL”.

A **Figura 2.8** ilustra os trechos dos cursos d’água da bacia do Ribeirão Santa Juliana com demanda hídrica.

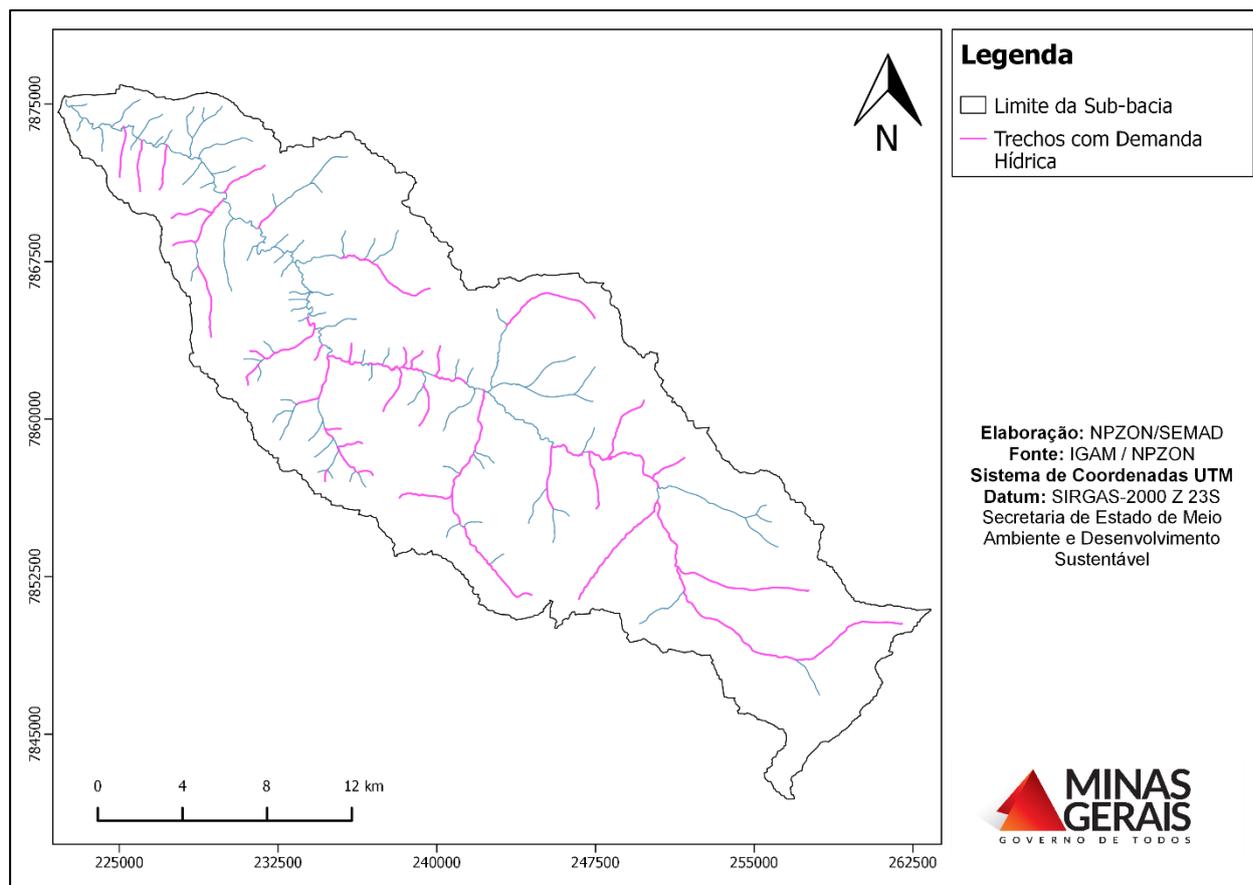


Figura 2.8: Levantamento dos trechos dos cursos d’água da bacia do Ribeirão Santa Juliana com demanda hídrica.

2.3.4.2 Determinação da disponibilidade hídrica da sub-bacia

A disponibilidade hídrica em cada trecho que possui demanda pelo uso da água é determinada da seguinte forma:

$$DH \text{ no trecho} = 50\% Q_{7,10} \text{ (m}^3\text{/s)}^* - \text{Demanda no trecho (m}^3\text{/s)}$$

*50% no caso da bacia do Ribeirão Santa Juliana – verificar caso a caso na Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012.

Deste modo, coloca-se novamente em edição a camada de hidrografia e adiciona-se uma nova coluna intitulada “QDH” (Vazão de disponibilidade hídrica). Nessa coluna será feito o cálculo da Disponibilidade hídrica de cada trecho por meio da expressão $\mathcal{E} = 0.5 * "Q710" - "QDemTotal"$.

Sugere-se ainda a inserção de uma nova coluna para cálculo da porcentagem de comprometimento da disponibilidade hídrica intitulada “compromDH”. Nessa coluna utiliza-se a expressão $\mathcal{E} = ((0.5*"Q710") - "QDH")*100/(0.5*"Q710")$. Após esse procedimento é possível, por meio do Estilo graduado para a coluna “compromDH”, classificar os trechos dos cursos d’água da sub-bacia de acordo com as situações de indisponibilidade (>100), estado de atenção (50 a 100) e de disponibilidade (<50).

A **Figura 2.9** apresenta o produto obtido nessa etapa, ou seja, a classificação dos trechos dos cursos d'água de acordo com sua situação de comprometimento da disponibilidade hídrica.

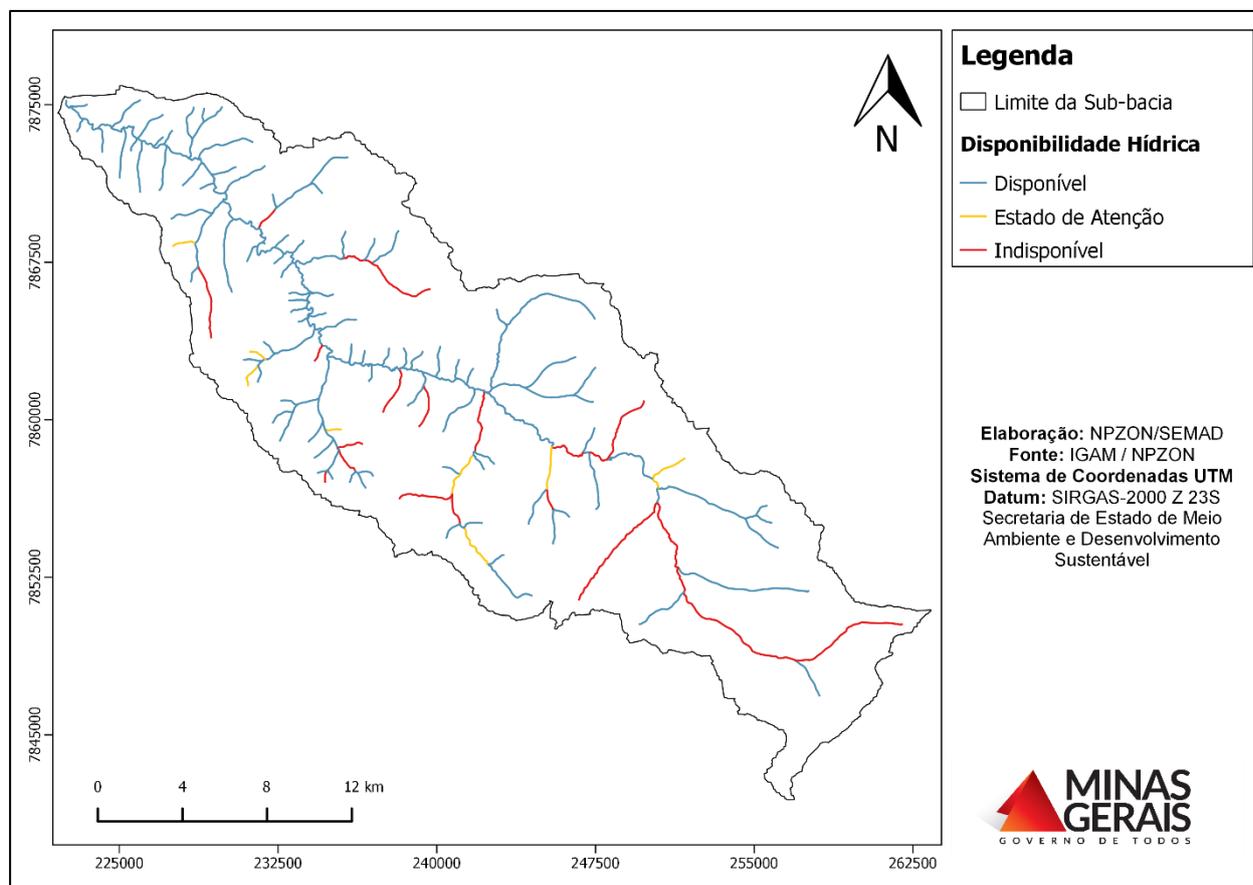


Figura 2.9: Classificação dos trechos dos cursos d'água da bacia do Ribeirão Santa Juliana de acordo com a situação de comprometimento da disponibilidade hídrica.

2.3.4.3 Regularização de Vazão

A regularização das vazões naturais é um procedimento que visa uma melhor utilização dos recursos hídricos superficiais. Sempre que um projeto de aproveitamento hídrico de um curso d'água prevê uma vazão de retirada maior que a mínima, existirão, em consequência, períodos em que a vazão natural será superior a utilizada e períodos em que a vazão será menor não atendendo a demanda. Sendo assim, é necessário promover o represamento das águas, através da construção de reservatórios em seções bem determinadas dos cursos d'água naturais, em que se possa reter o excesso de água dos períodos de grandes vazões para ser utilizado nas épocas de estiagem.

Qualquer que seja o tamanho da barragem ou a finalidade das águas acumuladas em seu reservatório, sua principal função é a de fornecer uma vazão maior que a possível de captação a fio d'água, tendo ela recebido do rio vazões muito variáveis no tempo, regulando assim o fluxo residual.

Pode-se calcular a vazão potencial de regularização (Q_{reg}) para cada trecho da seguinte forma:

$$\text{Vazão de regularização } (Q_{reg}) = (0,7 \times Q_{mld}) - (0,5 \times Q_{7,10})^*$$

Sendo Q_{mld} a vazão média de longa duração.

*Neste caso é “ $0,5 \times Q_{7,10}$ ” por ser essa a vazão outorgável para a bacia em questão, conforme Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012.

Para esse cálculo, coloca-se novamente em edição a camada de hidrografia e adiciona-se uma nova coluna intitulada “QREG” (Vazão de regularização) onde é aplicada a expressão $\mathcal{E} = (0.7 * "Qmld") - (0.5 * "Q710")$.

Para os trechos com indisponibilidade hídrica, a opção do incremento da regularização de vazão vem como uma forma de atender a demanda existente. Para isso, utilizam-se os valores de vazão do potencial de regularização e da disponibilidade hídrica de cada um desses trechos em uma relação de soma para analisar a viabilidade desta proposição. Esse cálculo também pode ser realizado na tabela de atributo da camada de hidrografia com a inserção da coluna intitulada “ViabRegQ” (viabilidade de regularização de vazão), por meio da expressão $\mathcal{E} = "QREG" + "QDH"$.

Se o valor de “ViabRegQ ” for positivo significa que a concepção de barragens para a regularização de cheias pode vir a ser uma medida para garantir a vazão necessária para atender as necessidades de uso da água no trecho de curso d’água em questão.

Para visualização da condição de viabilidade de regularização dos trechos de curso d’água com disponibilidade hídrica negativa, sugere-se a duplicação da camada de hidrografia, utilizando Estilo graduado para a coluna “ViabRegQ”, de forma a classificar os trechos indisponíveis como viáveis ou não para regularização de vazão.

A **Figura 2.10** ilustra o resultado obtido nessa fase, ou seja, a viabilidade ou não de regularização de vazão dos trechos dos cursos d’água com indisponibilidade hídrica.

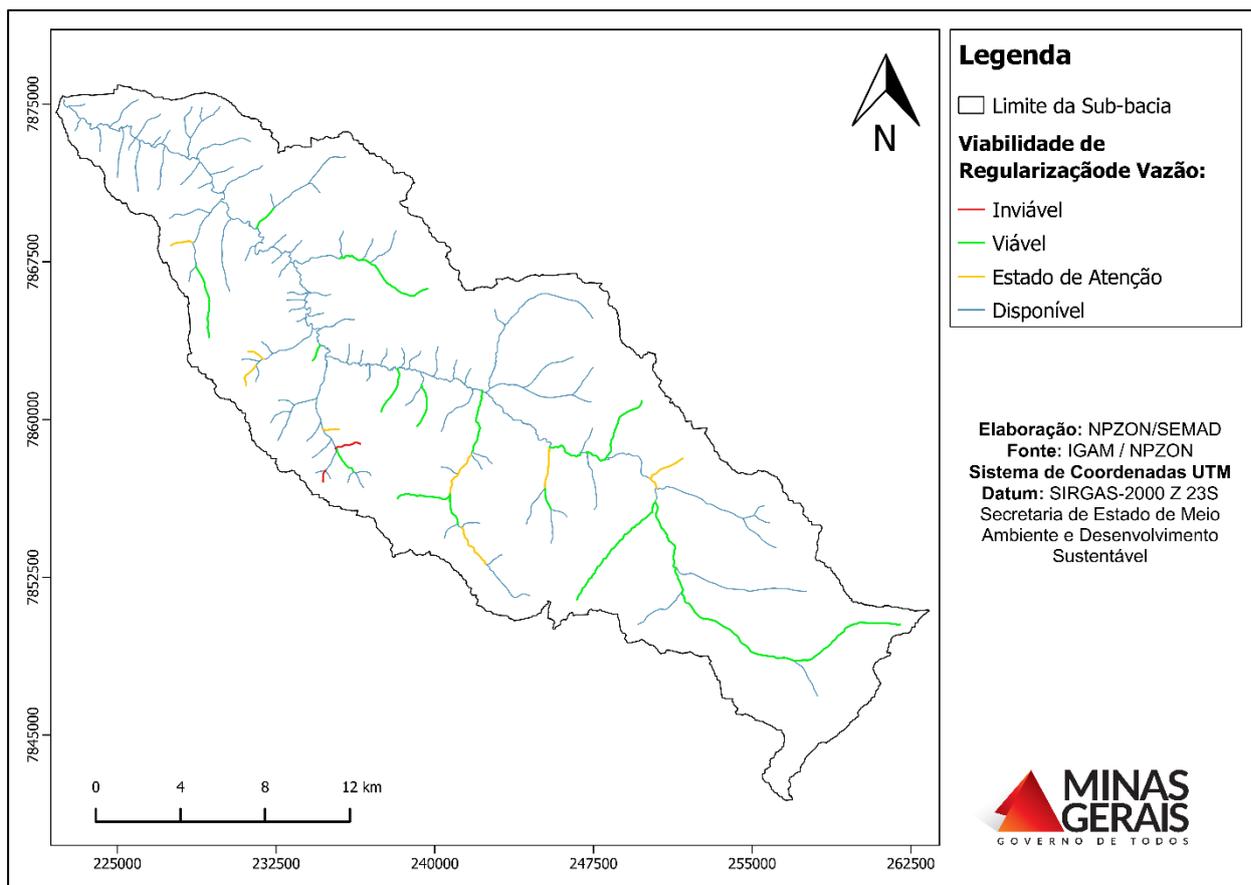


Figura 2.10: Viabilidade de regularização de vazão dos trechos dos cursos d’água da bacia do Ribeirão Santa Juliana com indisponibilidade hídrica.

A implementação de barragem(s) de regularização de vazão pode mitigar a problemática de demanda hídrica exacerbada de uma sub-bacia. No entanto, deve ser levada em consideração a viabilidade ambiental, econômica e social da construção desse tipo de estrutura.

2.3.5 Quadro resumo dos trechos com demanda pelo uso da água

Esse item objetiva apresentar um resumo das informações do estudo de disponibilidade hídrica. Para isso deve ser elaborado um quadro com os principais dados dos trechos com demanda pelo uso da água na bacia. No exemplo da bacia do Ribeirão Santa Juliana essas informações constam no **Quadro 2.1**.

Quadro 2.1: Resumo dos dados de disponibilidade hídrica da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Código do trecho	Nome curso d'água	Vazões de referência (m ³ /s)			Q outorgável (m ³ /s)	Q demandada (m ³ /s)	QDH (m ³ /s)	Comprometimento DH (%)	Viabilidade de Regularização de Q
		Qmld	Q710	Qreg					
279	Córrego Aroeirinha	0,10669	0,02191	0,06373	0,01096	0,01681	-0,00585	153,4	sim
1517	Córrego Capão Alto	0,16925	0,03466	0,10115	0,01733	0,0522	-0,03487	301,22	sim
1518	Córrego Capão Alto	0,38101	0,07564	0,22889	0,03782	0,02964	0,00818	78,37	
285	Córrego da Divisa	0,38512	0,07649	0,23134	0,03824	0,1142	-0,07596	298,62	sim
793	Córrego da Erva	0,65687	0,13023	0,39469	0,06511	0,00204	0,06307	3,14	
804	Córrego da Erva	0,32945	0,06543	0,1979	0,03271	0,00175	0,03096	5,36	
808	Córrego da Erva	0,1747	0,03513	0,10473	0,01757	0,04903	-0,03146	279,1	sim
336	Córrego da Morada	0,4461	0,08853	0,26801	0,04426	0,0842	-0,03994	190,23	sim
537	Córrego das Pindaibas	0,34339	0,06819	0,20628	0,03409	0,00086	0,03323	2,53	
326	Córrego do Borá	0,24003	0,0477	0,14417	0,02385	0,006	0,01785	25,16	
327	Córrego do Borá	0,16399	0,03268	0,09845	0,01634	0,0005	0,01584	3,05	
333	Córrego do Borá	0,07194	0,0149	0,04291	0,00745	0,004	0,00345	53,69	
412	Córrego do João Querino	0,08753	0,01769	0,05242	0,00884	0,00106	0,00778	12,02	
281	Córrego do Pântano	0,35332	0,0706	0,21202	0,0353	0,0627	-0,0274	177,62	sim
283	Córrego do Pântano	1,47633	0,29212	0,88737	0,14606	0,2191	-0,07304	150,01	sim
286	Córrego do Pântano	2,06991	0,40923	1,24432	0,20462	0,2058	-0,00118	100,58	sim
1507	Córrego do Pântano	2,97547	0,58775	1,78896	0,29387	0,1718	0,12207	58,46	
1508	Córrego do Pântano	3,2195	0,63583	1,93574	0,31791	0,1251	0,19281	39,35	
1511	Córrego do Pântano	3,44654	0,68055	2,0723	0,34028	0,59955	-0,25927	176,19	sim

Metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP de sub-bacias hidrográficas. 2ª Edição.

1513	Córrego do Pântano	3,69576	0,72964	2,22221	0,36482	0,64864	-0,28382	177,8	sim
284	Córrego do Pequi	0,24594	0,04997	0,14718	0,02498	0,02797	-0,00299	111,97	sim
523	Córrego do Ranchinho	0,99283	0,19664	0,59666	0,09832	0,6012	-0,50288	611,48	sim
525	Córrego do Ranchinho	0,73912	0,1465	0,44414	0,07325	0,0455	0,02775	62,12	
526	Córrego do Ranchinho	0,80563	0,15964	0,48412	0,07982	0,0499	0,02992	62,52	
1523	Córrego do Ranchinho	0,18878	0,03825	0,11302	0,01912	0,008	0,01112	41,85	
1524	Córrego do Ranchinho	0,36172	0,07182	0,2173	0,03591	0,0341	0,00181	94,96	
1526	Córrego do Ranchinho	0,49684	0,09857	0,29851	0,04929	0,11957	-0,07028	242,6	sim
1570	Córrego Pasto Grande	0,11912	0,02442	0,07117	0,01221	0,01742	-0,00521	142,67	sim
414	Córrego Pião	0,42298	0,08395	0,25411	0,04197	0,00011	0,04186	0,27	
415	Córrego Pião	0,36343	0,07216	0,21832	0,03608	0,00038	0,0357	1,05	
659	Córrego Taquari	0,57036	0,11312	0,3427	0,05656	0,1597	-0,10314	282,36	sim
661	Córrego Taquari	0,46597	0,09246	0,27995	0,04623	0,0778	-0,03157	168,29	sim
663	Córrego Taquari	0,29681	0,05896	0,17829	0,02948	0,07222	-0,04274	244,98	sim
280	Ribeirão Santa Juliana	6,50777	1,28303	3,91392	0,64152	0,0694	0,57212	10,82	
324	Ribeirão Santa Juliana	7,60343	1,49848	4,57316	0,74924	0,0453	0,70394	6,05	
515	Ribeirão Santa Juliana	6,3677	1,25549	3,82965	0,62774	0,001	0,62674	0,16	
516	Ribeirão Santa Juliana	6,33599	1,24925	3,81057	0,62462	0,0725	0,55212	11,61	
788	Ribeirão Santa Juliana	6,65575	1,31214	4,00295	0,65607	0,1625	0,49357	24,77	
791	Ribeirão Santa Juliana	6,54792	1,29093	3,93808	0,64546	0,0669	0,57856	10,37	
833	Ribeirão Santa Juliana	6,70364	1,32155	4,03177	0,66078	0,00174	0,65904	0,26	
1566	Ribeirão Santa Juliana	6,05373	1,19373	3,64075	0,59686	0,0731	0,52376	12,25	
1568	Ribeirão Santa Juliana	6,09833	1,2025	3,66758	0,60125	0,0417	0,55955	6,94	

Metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP de sub-bacias hidrográfica. 2ª Edição.

416	sem nome	0,05504	0,01138	0,03284	0,00569	0,00084	0,00485	14,73	
282	sem nome	0,45646	0,09058	0,27423	0,04529	0,00528	0,04001	11,66	
330	sem nome	0,0195	0,00429	0,01151	0,00215	0,0017	0,00045	79,04	
349	sem nome	0,06171	0,01261	0,03689	0,00631	0,0005	0,00581	7,88	
418	sem nome	0,03626	0,00765	0,02155	0,00383	0,00327	0,00056	85,36	
419	sem nome	0,20625	0,04101	0,12387	0,0205	0,03341	-0,01291	162,97	sim
431	sem nome	0,06855	0,01426	0,04085	0,00713	0,013	-0,00587	182,31	sim
517	sem nome	0,03488	0,00755	0,02064	0,00377	0,001	0,00277	26,62	
519	sem nome	0,04657	0,00994	0,02763	0,00497	0,001	0,00397	20,1	
571	sem nome	0,07622	0,01542	0,04565	0,00771	0,00013	0,00758	1,66	
786	sem nome	0,06614	0,01345	0,03957	0,00673	0,00054	0,00619	7,98	
789	sem nome	0,03457	0,00745	0,02048	0,00372	0,00007	0,00365	1,96	
796	sem nome	0,18591	0,03697	0,11165	0,01849	0,001	0,01749	5,39	
803	sem nome	0,02349	0,00517	0,01386	0,00258	0,00203	0,00055	78,71	
809	sem nome	0,03501	0,00758	0,02072	0,00379	0,0878	-0,08401	2317,34	não
811	sem nome	0,02352	0,00518	0,01387	0,00259	0,0444	-0,04181	1715,51	não
817	sem nome	0,04578	0,0098	0,02714	0,0049	0,00054	0,00436	11,04	
1525	sem nome	0,19604	0,03945	0,11751	0,01972	0,02915	-0,00943	147,81	sim
1567	sem nome	0,08857	0,01838	0,05281	0,00919	-0,00072	0,00991	-7,81	
1506	sem nome	0,08037	0,01731	0,04761	0,00865	0,00821	0,00044	94,92	
1510	sem nome	0,18229	0,03733	0,10894	0,01866	-0,04367	0,06233	-233,97	

2.4 Uso e Ocupação do Solo

Para a classificação do Uso e Ocupação do solo da área de estudo são propostos dois métodos: de classificação automática segmentada por classes de cor e a vetorização manual das feições identificadas na paisagem. Cada método apresenta pontos positivos e negativos, sendo a definição do melhor procedimento de acordo com as características da área de trabalho, da possibilidade de realização de estudo de campo, da gama de feições a ser mapeada, etc. É possível utilizar os dois processos intercalados para construção de um mapa mais adequado.

O método de classificação automática segmentada por classes de cor pode ser dividido em classificação supervisionada e não supervisionada. O primeiro procedimento se baseia na aquisição de pontos amostrais na imagem representativos das feições identificadas, em que cada pixel será associado à respectiva classe de feição. Já o segundo procedimento consiste na transformação das cores RGB em índices de cor, conforme delimitado pelo técnico, de modo que cada feição da imagem possa ser classificada em classes diferentes.

O método manual de vetorização das feições identificadas na paisagem é indicado em situações que há a possibilidade de ocorrência de dados levantados em trabalho de campo prévio, o que otimiza a veracidade das informações classificadas e torna a classificação mais precisa. Contudo, a utilização deste método para grandes extensões territoriais não é indicada, em razão da alta demanda de tempo e de recursos humanos para a sua realização, uma vez que é um método manual.

Dessa forma, a utilização dos métodos de classificação automática se traduz em ganho de tempo e minimização de recursos humanos, enquanto a classificação manual possibilita um produto de maior precisão e qualidade. Nesse sentido, recomenda-se o uso dos dois métodos, visando garantir uma supervisão humana sob o método automático.

2.4.1 Obtenção das Imagens de Satélite

Para iniciar o processo de vetorização é necessária uma ou mais imagens de satélite e o tratamento da(s) mesma(s). Recomenda-se a utilização das imagens do satélite Landsat 8 que podem ser encontradas e baixadas gratuitamente na página da United States Geological Survey – USGS. Existe também a possibilidade de utilizar imagens cedidas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), que realizou a construção do banco de dados de Minas Gerais, ou ainda imagens de outros satélites que apresentem melhor qualidade, mesmo que sejam pagas, caso o técnico as tenham a sua disposição quando da elaboração do estudo.

É imprescindível a obtenção de imagens recentes, ou seja, com até 6 (seis) meses antes da data de elaboração do estudo. Isso possibilita atestar que o mapeamento do uso e ocupação do solo reflete o momento atual da bacia quando da realização do ZAP.

Para apresentar os métodos de vetorização manual e automática, foram utilizadas as imagens do Landsat 8. Tais imagens foram escolhidas pela gratuidade, bem como, em razão da razoável resolução espacial (pixel de 30 metros). No entanto, uma vez aplicado o contraste da banda pancromática, a resolução passa a ter 15 metros, o que permite visualizar com qualidade, elementos pertinentes à classificação do solo (porções vegetacionais, feições hídricas, cultivos agrícolas, manchas urbanas, entre outros).

Para a obtenção das imagens do Landsat 8 junto à NASA (USGS) é necessário registrar-se no site <http://earthexplorer.usgs.gov/> e, em seguida, realizar o login.. Na aba Search Criteria existem diversas maneiras de pesquisar a área de trabalho, como por exemplo: procurar pelo nome da área do estudo, utilizar um arquivo shapefile (.shp) ou KML (kml) para que o EE selecione automaticamente a(s) imagem(s) de satélite da região, utilizar a visualização do mapa, informar em lat/long a sua área de estudo (coordenadas geográficas), selecionar a área manualmente, entre outras opções mais avançadas. Ressalta-se que esse procedimento é o mesmo indicado para obtenção das imagens SRTM no item 2.2.1.1.

Após encontrar a área de estudo, é feita a pesquisa nos arquivos do Landsat 8 (*Data Sets > Landsat Archive > L8 OLI/TIRS*) e então encontrada a melhor fotografia para que seja trabalhada a vetorização. Recomenda-se dar preferência às imagens que não possuam nuvens e que estejam limpas. Para a bacia do Ribeirão Santa Juliana a imagem *LC82200732016052LGN00* do dia 21 de fevereiro de 2016 foi selecionada por aparentar ser a melhor das imagens mais recentes, conforme mostrado na **Figura 2.11**.

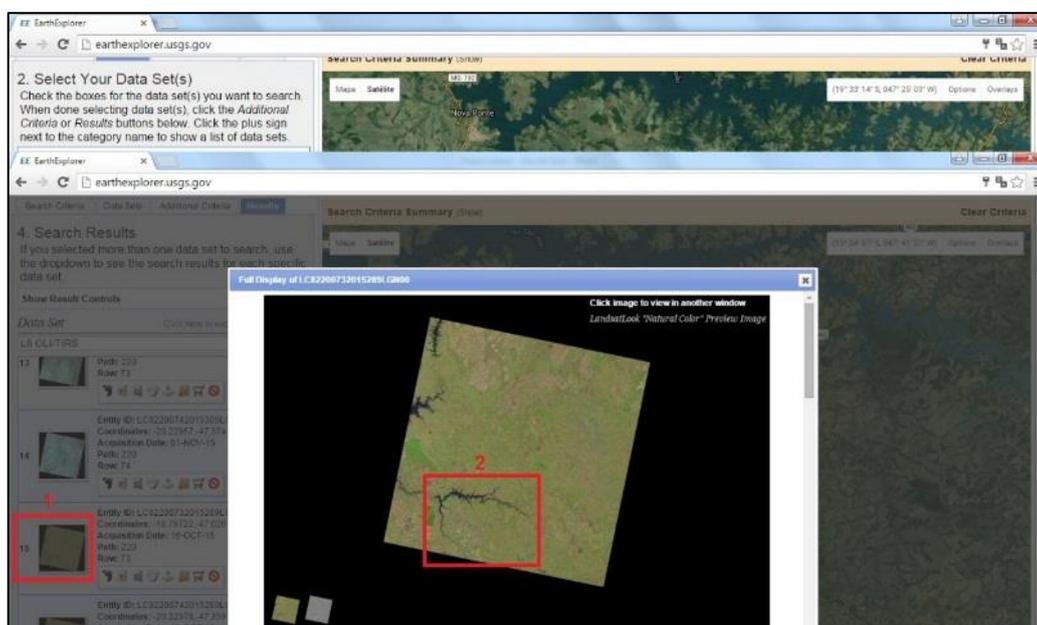


Figura 2.11: (1) - Miniatura da imagem; (2) – Área aproximada de estudo (Ribeirão Santa Juliana).

Após escolha da melhor imagem é feito o download, que deve ser a opção: *Level 1 GeoTIFF Data Product*, pois essa é a mais indicada para estudos de Uso e ocupação do solo.

2.4.2 Tratamento das Imagens de Satélite

Com as imagens em mãos, para dar prosseguimento ao processo de classificação dos usos do solo, é necessário realizar o tratamento das mesmas, bem como a extração da máscara correspondente à bacia.

Ao terminar de baixar as imagens em arquivo compactado (extensão TAR), é necessário extrair o arquivo. Ao finalizar a extração, verifica-se a existência de 11 arquivos nomeados com a finalização B1, B2, B3 até B11. A fim de permitir a melhor visualização das feições da paisagem identificadas, será necessário realizar a composição de algumas delas. As 11 bandas do satélite Landsat 8, variam entre as tradicionais RGB, infravermelho, bandas termais, pancromática, etc., orientadas conforme **Quadro 2.2** abaixo.

Quadro 2.2: Características gerais do satélite Landsat 8 e seus sistemas sensores. Fonte: *U.S. Geological Survey*.

Landsat-8 Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Band 8 – Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Band 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

A vegetação apresenta melhor resposta espectral quando visualizada sob a faixa do infravermelho próximo (banda 5), que se baseia na estrutura molecular da folha e dessa forma, promoverá o destaque das feições vegetais na imagem. Portanto, a composição de bandas escolhida geralmente é a 6 – 5 – 4 (conhecida como falsa cor). Contudo, para classificação automática supervisionada (item 2.4.3) recomenda-se a composição utilizando as sete primeiras bandas, uma vez que o desempenho dos algoritmos na análise espectral será superior (esse procedimento será explicitado no item 2.4.2.3).

A seguir serão apresentados três processos de tratamento de imagem, o primeiro utilizando o software SPRING na versão 5.3 e o segundo e terceiro utilizando o software QGIS 2.12. No SPRING o processo é mais rápido, mas demanda certa experiência em geoprocessamento, já que o software possui várias opções que podem confundir o usuário. O QGIS apresenta processos mais lentos, com a necessidade de instalação de complementos, mas possui uma interface mais amigável, além de unificar as etapas ao processo de vetorização manual.

2.4.2.1 Utilizando o SPRING

No software SPRING é necessário inicialmente criar um banco de dados para hospedar o projeto a ser iniciado e então ativá-lo. Uma vez criado, toda atividade realizada a partir de então estará conectada com este diretório e os arquivos gerados nas operações executadas serão ali salvos.

Para trabalhar as imagens deve-se adicioná-las ao banco de dados. Isso pode ser feito através da *Importação de Dados Vetoriais e Matriciais*. As imagens que devem ser importadas são as de banda 4, 5, 6 e 8. As três primeiras para realizar a composição e a última, pancromática, será utilizada para alcançar o pixel de 15 metros.

Realiza-se então a composição visual no SPRING utilizando o painel de controle e identificando a banda respectiva a cada imagem adicionada:

- B4: Azul – B;
- B5: Verde – G;
- B6: Vermelha - R.

Logo após realiza-se a fusão das imagens juntamente com a banda pancromática (Banda 8) para alcançar o pixel de 15 metros. É necessário efetuar a conversão de RGB para IHS através da ferramenta *Transformação IHS <-> RGB*. Após realizar a fusão deve-se fazer o processo reverso, mas dessa vez adicionando a B8 (Banda Pancromática) no lugar da intensidade (I) e para H e S as imagens que já estão no banco de dados que terminam com essa nomenclatura. Ao executar o comando é recomendado não minimizar o SPRING ou utilizar outros programas durante o processo. No painel de controle aparecem todas as imagens trabalhadas e fusionadas até então. Desta vez seleciona-se as três últimas fusionadas pelo processo anterior e aplica-se suas respectivas bandas.

Para finalizar e trabalhar na vetorização deve-se exportar a imagem fusionada em GeoTIFF e RGB. Para isso, utiliza-se a ferramenta de *Exportação de Dados Vetoriais e Matriciais*.

O próximo passo é realizar o Corte de Máscara, onde será utilizado o software QGIS para tal procedimento, conforme item seguinte.

2.4.2.2 Utilizando o QGIS

Para a composição de banda das imagens utiliza-se a ferramenta *Mosaico* no QGIS, selecionando as imagens que terminam com B6, B5 e B4, respectivamente. Ao nomear o novo arquivo altera-se apenas o final para 654. As opções *Nenhum valor de dado*, *Pilha de camada* e *Opções de Criação* devem ser selecionadas para que o fundo da imagem se torne transparente e para melhor processamento da fusão.

A nova imagem terá resolução espacial de 30 metros, porém, através do conjunto de ferramentas *Orfeo Monteverdi (Análise de Imagens)* do QGIS, é possível alcançar os 15 metros de pixel

mencionados. São utilizadas duas ferramentas do Orfeo, a de *Sensor Superimposto* e de *Pansharpening (rcs)*, ambas necessárias para realizar a fusão da imagem 654, anteriormente gerada, com a imagem pancromática.

Existe a possibilidade de realizar a conversão do *Tipo de Dados* da imagem, que estará em *Float32* para *Float16*. A diferença é que em *Float32* a imagem possui mais cores, mas tem um tamanho (em bytes) maior e a *Float16* possui menos cores e um tamanho menor. A conversão pode ser realizada através da ferramenta de *Conversão de Formato*.

Na **Figura 2.12** é possível observar o resultado a ser obtido pela fusão das bandas.

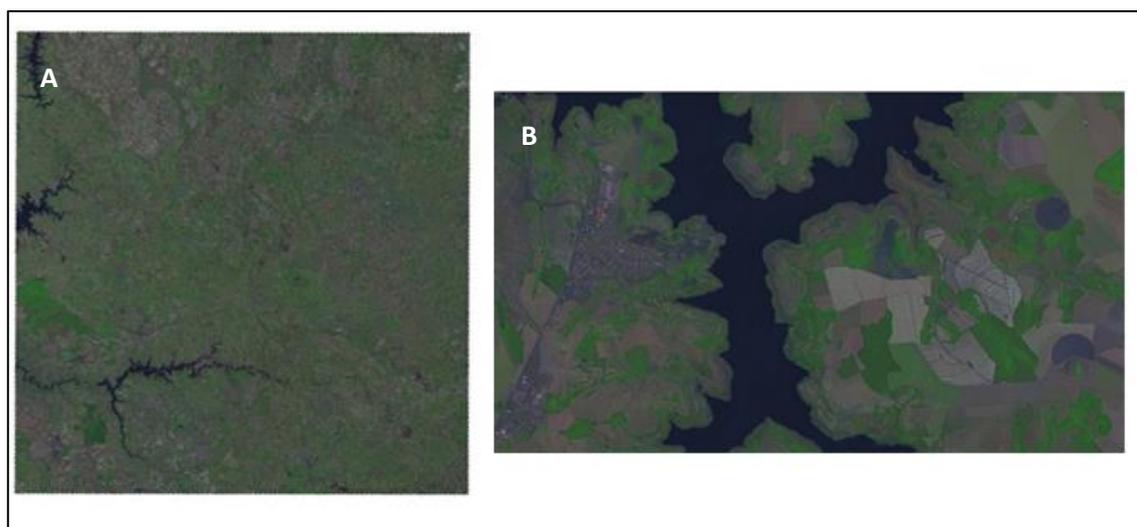


Figura 2.12: A - Fusão das bandas 654 e Pancromática. B - Zoom em pixel de 15 metros.

Observa-se que o processo gera uma imagem com baixa nitidez. Neste caso sugere-se a utilização da ferramenta Realce através da aba de Estilo da camada raster. Quanto mais nítida, melhor será a vetorização. A imagem após realce é mostrada na **Figura 2.13**.

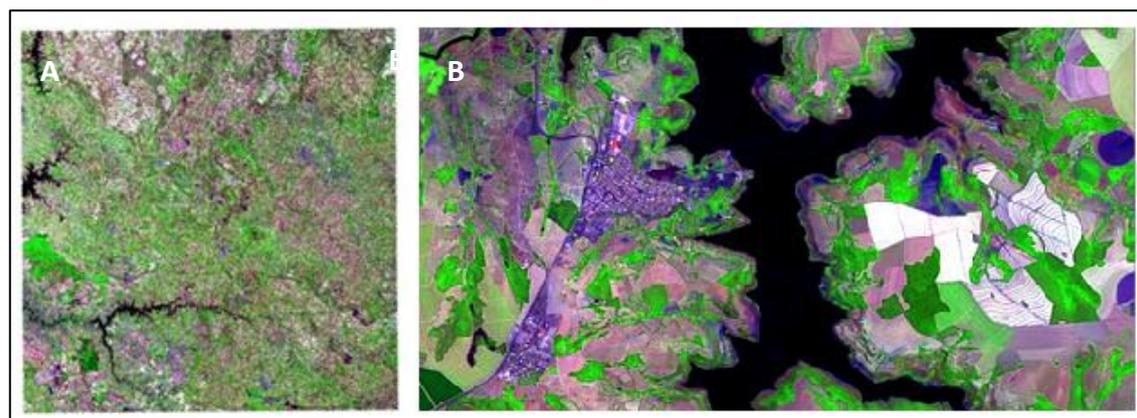


Figura 2.13: A - Imagem mosaicada com realce. B - Zoom em pixel de 15 metros.

Para facilitar a vetorização e trabalhar somente a área da bacia, recomenda-se inserir o shape da área de estudo e realizar um corte de máscara através dele. A ferramenta de Extração e Corte é

utilizada para cortar a imagem já fusionada, de forma a reduzi-la em tamanho (bytes), obtendo assim, maior facilidade no manuseio dos dados.

A **Figura 2.14** apresenta a imagem final tratada recortada para a bacia do Ribeirão Santa Juliana.

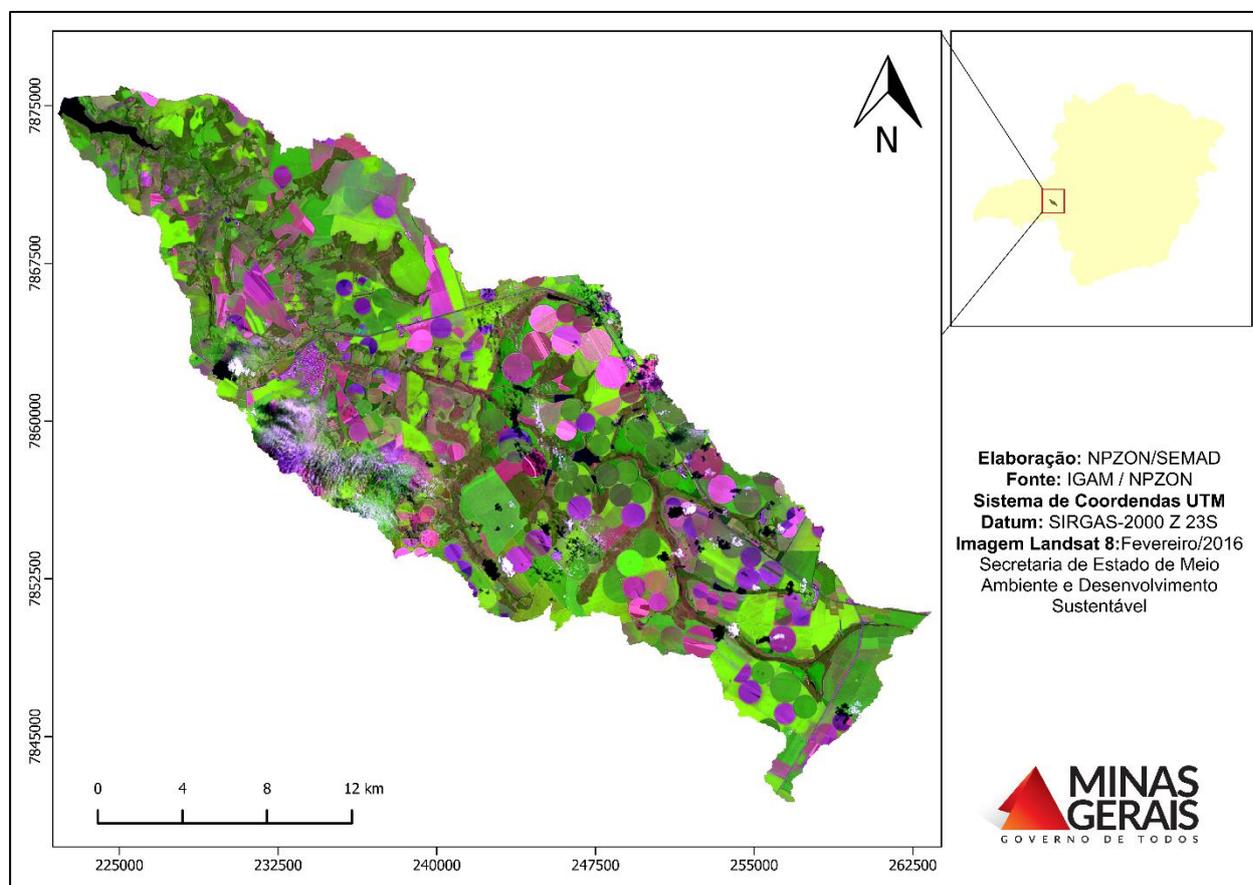


Figura 2.14: Imagem do Landsat 8 tratada e recortada para a bacia do Ribeirão Santa Juliana.

2.4.2.3 Utilizando o QGIS – complemento SCP

Também é possível realizar o tratamento por meio do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) do QGIS, o qual pode ser obtido na opção Complementos → Gerenciar e Instalar Complemento. Ressalta-se que, a imagem gerada será de 30 metros e somente é indicada para vetorizações automáticas. Para transformação da imagem para 15 metros, basta aplicar o procedimento mencionado no item anterior.

No SCP sugere-se uma composição utilizando as sete primeiras bandas da imagem Landsat, o que proporcionará um melhor desempenho dos algoritmos na análise espectral na vetorização automática supervisionada.

Caso não se tenha baixado as imagens Landsat é possível fazê-lo diretamente pelo SCP, existindo a possibilidade de filtrar a pesquisa por data de aquisição e percentual de cobertura de nuvem, assim como no earthexplorer da USGS.

As imagens deverão ser recortadas utilizando o polígono da área da sub-bacia através da opção “*clip multiple rasters*” presente na aba “*Pre processing*”.

Para realizar o tratamento é necessário empilhar as primeiras sete bandas por meio da aba “*Band set*”. Após o empilhamento será possível a visualização da imagem em composição RGB (colorida), utilizando diversas possibilidades de combinações de cor, conforme exemplificado na **Tabela 2.2**.

Tabela 2.2: Possibilidades de combinações de RGB (colorida).

Combinações RGB	
Cor natural	4 3 2
Área urbana	7 6 4
Vegetação	5 4 3
Agricultura	6 5 2
Solo e água	5 6 4
Cor natural com remoção atmosférica	7 5 3
Infravermelho de onda curta	7 5 4
Análise ambiental	6 5 4

Fonte: ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

Por último, a imagem tratada composta pelas sete bandas deverá ser salva em GeoTiff.

2.4.3 Vetorização Automática

A vetorização automática é recomendada para bacias ou sub-bacias de grande extensão e tem como finalidade auxiliar o processo de vetorização manual. Para a classificação das feições de uso do solo por métodos automáticos, foram propostos três *softwares* distintos: o SPRING 5.3 (classificação supervisionada com classificador por máxima verossimilhança), o QGIS (classificação supervisionada) e o HyperCube (classificação não supervisionada). Todos podem ser obtidos gratuitamente, sendo o SPRING 5.3 e o QGIS encontrados em websites de geoprocessamento e o HyperCube no website do Exército Militar dos Estados Unidos da América (US ARMY).

Para as classificações supervisionadas, recomenda-se o uso da imagem composta por sete bandas, obtida no procedimento 2.4.2.3, pois a mesma proporcionará um melhor desempenho dos algoritmos na análise espectral.

2.4.3.1 Classificação Supervisionada – SPRING

No *software* SPRING é necessário inicialmente criar um banco de dados para hospedar o projeto a ser iniciado, conforme dito no item 2.4.2.1. Uma vez criado, toda atividade realizada a partir de então estará conectada com este diretório e os arquivos gerados nas operações executadas serão ali salvos.

Com o banco de dados criado, basta importar a imagem (já fusionada e cortada) através da ferramenta de importação de dados vetoriais e matriciais. Posteriormente é realizada a associação de cada banda do satélite ao padrão RGB escolhido, conforme propósitos semelhantes aos da composição de bandas realizada previamente.

Para dar início ao processo de classificação supervisionada, basta acessar as ferramentas de classificação do *software* no menu *Imagem > Classificação* selecionar o tipo de segmentação (por pixel ou região) e criar um novo processo, com o nome que desejar. O primeiro procedimento é o de treinamento da imagem, em que serão adquiridas amostras representativas das diversas feições a serem identificadas. É necessário criar classes de uso do solo, atribuir cores e adquirir pontos amostrais para cada uma delas, até que se tenha um número razoável de amostras. Quanto mais atenta e precisa a delimitação, maior será a fidelidade da classificação.

Após salvar as amostras adquiridas e finalizada a etapa de treinamento, parte-se para o procedimento de classificação, em que é necessário delimitar o tipo de classificador (sugere-se utilizar o índice de máxima verossimilhança, “maxver”), cuja base geoestatística é diferente em cada modelo. É possível ainda, realizar a análise das amostras adquiridas antes de executar o procedimento, de modo a verificar a matriz de confusão entre classes delimitadas. Para uma boa classificação, índices acima de 80% são aceitáveis.

O resultado obtido pode ser refinado se utilizada a técnica de pós-classificação, que promove a eliminação de parte dos ruídos gerados. O produto final será um raster com a classificação gerada.

2.4.3.2 Classificação Supervisionada – QGIS

Também é possível realizar a classificação supervisionada no *software* QGIS, por meio do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), o qual, como visto no item 2.4.2.3, pode ser obtido na opção Complementos → Gerenciar e Instalar Complemento.

Primeiramente, deve-se delimitar as áreas de treinamento chamadas de ROI (*Region of Interest*), que são amostras representativas das diversas feições a serem identificadas, como, por exemplo, vegetação nativa, lavouras, pastagens, área urbana, entre outros.

Após a delimitação das ROIs deverá ser escolhido o algoritmo a ser utilizado na classificação e efetivar a classificação propriamente dita. Em seguida, é possível verificar a matriz de confusão entre as classes delimitadas, podendo assim, ser observada a precisão do processo e a necessidade de modificação das ROIs utilizadas.

2.4.3.3 Classificação não Supervisionada – HyperCube

O procedimento de classificação de usos do solo através do HyperCube inicia-se pela conversão da imagem (fusionada e tratada) de cor para índices de cor, o que envolve a categorização das cores em classes representativas das feições que se deseja identificar na imagem. Em seguida, o caminho inverso é realizado de modo a converter a imagem categorizada, por exemplo, em 20 índices de cor para 20 classes de cor. Este procedimento é necessário, pois somente é possível a conversão de classes de cor para classes de mapa (mapa temático), o que possibilitará a classificação dos usos do solo.

Ao acessar o editor de classes de mapa do *software* é possível associar cada um dos aspectos segmentados em cores e nomenclaturas diferentes, conforme exemplo da **Figura 2.15**. É possível ainda, exportar a feição em destaque para o formato *shapefile*, legível por qualquer Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que se traduz em ganho temporal, uma vez que a velocidade para a criação da mesma feição através do QGIS, por exemplo, seria muito menor.

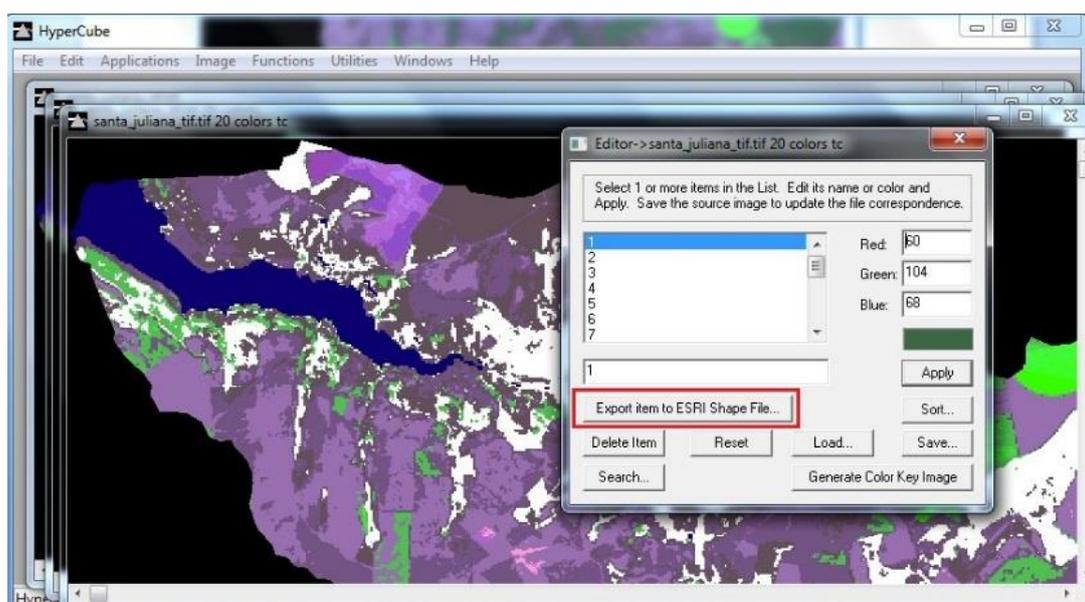


Figura 2.15: Ferramenta de edição de classe de mapa do HyperCube.

2.4.4 Vetorização Manual

Para vetorização manual das feições identificadas da imagem deve se ter em mãos, a imagem tratada com o corte de máscara da área a ser trabalhada e as informações de campo, se houver. Recomenda-se o uso da imagem tratada de 15 metros, tal como aquela obtida no item 2.4.2.2, para melhor visualização das feições.

Devem ser criados arquivos do tipo *shapefile* para cada uma das feições identificadas. Visando padronizar as possibilidades dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo a serem encontrados em determinada bacia, estabeleceu-se a listagem apresentada na **Tabela 2.3**. O item “Denominações Gerais” apresenta a nomenclatura mínima a ser utilizada, caso determinado tipo se encontre na bacia. Já o item “Denominações Específicas” apresenta sub-denominações de determinados tipos, de forma a especificar ainda mais a feição, se assim desejar e se for o caso.

Tabela 2.3: Listagem das Classes de uso e ocupação do solo.

Denominações Gerais			
Área Urbana	Vegetação nativa	Pastagem	
Comunidade rural	Veredas*	Benfeitorias	
Distrito industrial	Lavoura temporária	Mineração	
Represas	Pivôs	Estradas	
Lagoas naturais	Cana	Outros	
Afloramento rochoso	Lavoura permanente		
Solo exposto	Silvicultura		
Denominações Específicas			
Represas	Açudes		
	Reservatórios para geração de energia elétrica		
Vegetação nativa	Floresta Decidual	Inicial	
		Intermediária	
		Avançado	
	Formações florestais (Mata)	Floresta Semidecidual	Inicial
			Intermediária
			Avançado
	Cerrado	Floresta Ombrófila	Inicial
			Intermediária
			Avançado
		Cerrado stricto sensu	
	Cerradão		

	Campo rupestre
	Caatinga
	Formações hidrófilas**
	Mata Ciliar
Lavoura permanente	Café
	Frutíferas

*Devido à importância legal, a fitofisionomia Veredas, quando houver na bacia, deve ser “destacada” dos demais tipos de vegetação nativa. Por isso se encontra no grupo de “Denominações Gerais”.

**Presente em várzeas/brejos (áreas encharcadas), exceto Veredas.

O processo de vetorização deve ser orientado pelos aspectos revelados pela imagem tratada, conhecimentos empíricos dos técnicos, além de informações secundárias de estudos de impacto ambiental. O resultado preliminar da classificação pode ser visualizado na **Figura 2.16** abaixo.

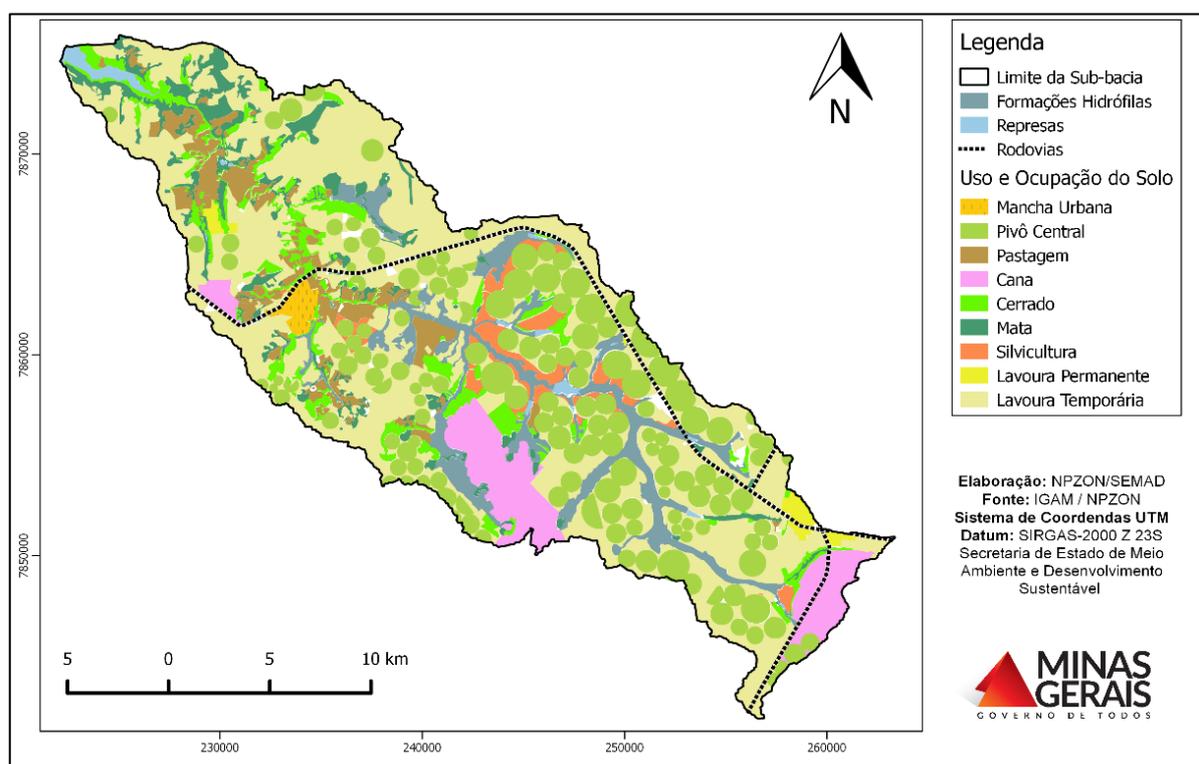


Figura 2.16: Mapa preliminar de classificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

2.4.5 Trabalho de Campo e elaboração do Mapa final do uso e ocupação do solo

Após o processo de vetorização da imagem tratada deve ser realizada a conferência em campo do mapeamento realizado, assim como é feito para a etapa de determinação das Unidades de Paisagem (item 2.2). Nesse contexto, reforça-se a premissa da realização de um trabalho de

campo conjunto para checagem das UPs e das feições do uso e ocupação do solo preliminarmente identificadas na bacia.

O trabalho de campo nesta etapa também visa à elucidação de dúvidas e complementação do mapeamento. O modelo de Ficha Técnica de Observações em Campo, presente no Anexo II do presente documento, também deverá ser utilizado para os pontos de conferência das classes do uso e ocupação do solo.

Posteriormente à verificação e validação das feições em campo, são feitos os ajustes no mapa preliminar e a confecção do Mapa Final de classificação do uso e ocupação do solo, que para a bacia do Ribeirão Santa Juliana está representado na **Figura 2.17**.

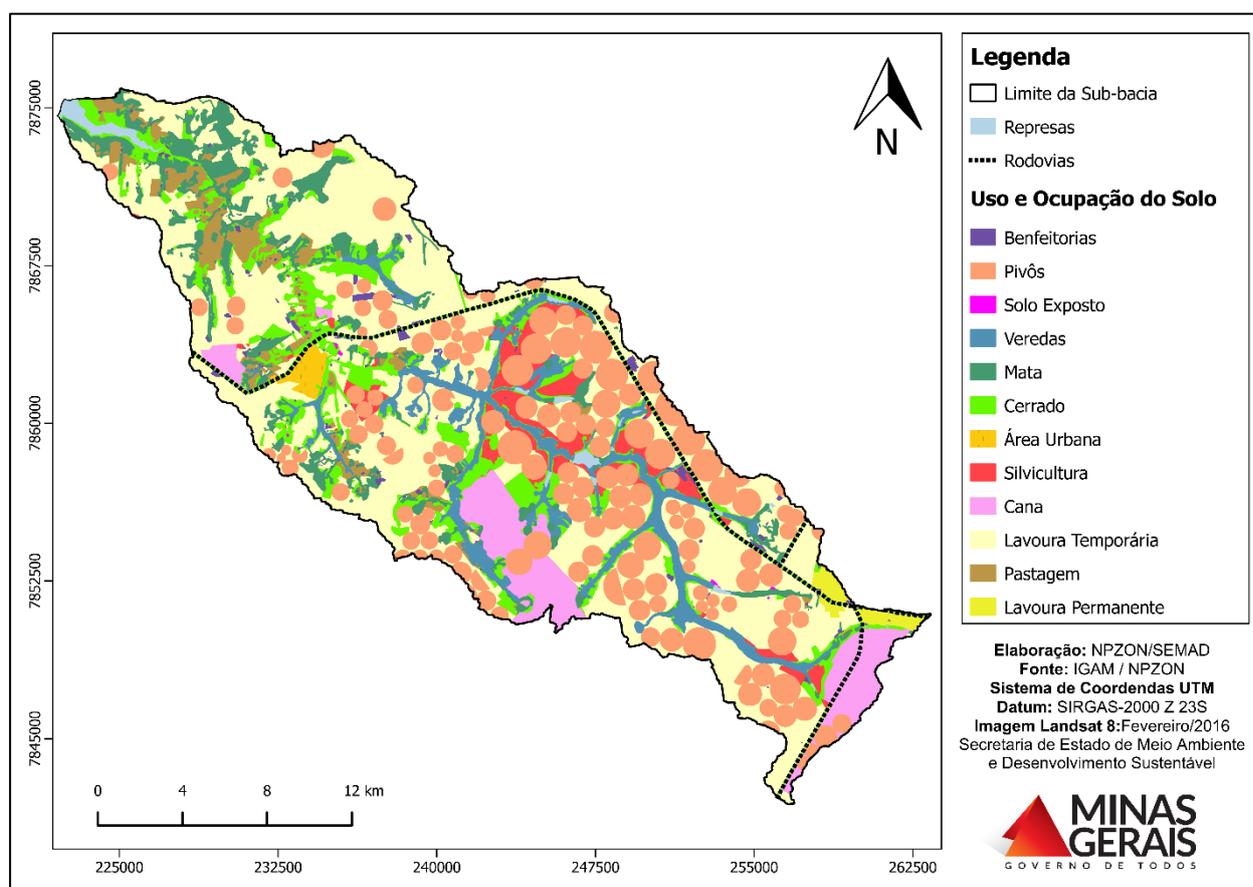


Figura 2.17: Mapa Final de classificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Para complementar o mapeamento, a **Tabela 2.4** apresenta a área e representatividade de cada classe de uso do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana. Para cálculo da área deve ser utilizada a ferramenta calculadora de campo encontrada na tabela de atributos, utilizando a seguinte fórmula: \$area/10.000 (para valor em ha).

Tabela 2.4: Dados do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Classes de uso do solo	Área	Representatividade (%)
Benfeitorias	432	0,88%
Pivôs	11.393	23,31%
Solo Exposto	10	0,02%
Veredas	2.557	5,23%
Mata	3.121	6,39%
Cerrado	4.773	9,77%
Área urbana	330	0,67%
Silvicultura	1.538	3,15%
Cana	2.999	6,14%
Lavoura Permanente	439	0,90%
Pastagem	2.127	4,35%
Lavoura Temporária	18.692	38,25%
Represas	454	0,93%

Por fim, recomenda-se ainda o mapeamento das áreas de preservação permanente hídricas, associadas aos cursos e corpos d'água, nascentes e veredas. Para tanto, utiliza-se a ferramenta “Buffer do QGIS, utilizando valores de raio de acordo com a legislação vigente. No exemplo da bacia do Ribeirão Santa Juliana (**Figura 2.18**) o levantamento foi feito conforme padrão da **Tabela 2.5**.

Tabela 2.5: Levantamento das APPs hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Tipo	Legislação (Lei Estadual nº 20922/2013)	Tamanho APP (raio buffer aplicado)
Cursos d'água (menos de 10 m)	“As faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, medidas a partir da borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 m para os cursos d'água de menos de 10 m de largura.” <i>Alínea a, Inciso I do Art. 9º.</i>	30 m
Nascentes	“As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, no raio mínimo de 50 m.” <i>Inciso IV do Art. 9º.</i>	50 m
Veredas	“Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 m, a partir do término da área de solo hidromórfico.” <i>Inciso IX do Art. 9º.</i>	50 m (a área da vereda também computa-se como APP)
Reservatórios de água	“As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou	Não tendo o valor definido na licença

<p>artificiais</p>	<p>represamento de cursos d'água naturais, na faixa de proteção definida na licença ambiental do empreendimento.” <i>Inciso III do Art. 9º.</i></p> <p>“No entorno dos reservatórios artificiais, situados em áreas rurais com até 20 ha de superfície, a APP terá, no mínimo, 15 m, medidos a partir da cota máxima de operação, observada a faixa máxima de 50 m.” § 3º do Art. 9º.</p>	<p>ambiental para cada represa foi adotado o mais restritivo: 50 m</p>
<p>Reservatórios de água artificiais (geração de energia)</p>	<p>“...conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 m e máxima de 100 m em área rural, e a faixa mínima de 15 m e máxima de 30 m em área urbana.” <i>Art. 22º.</i></p>	<p>Usina Nova Ponte, valor definido na licença ambiental: 100 m</p>

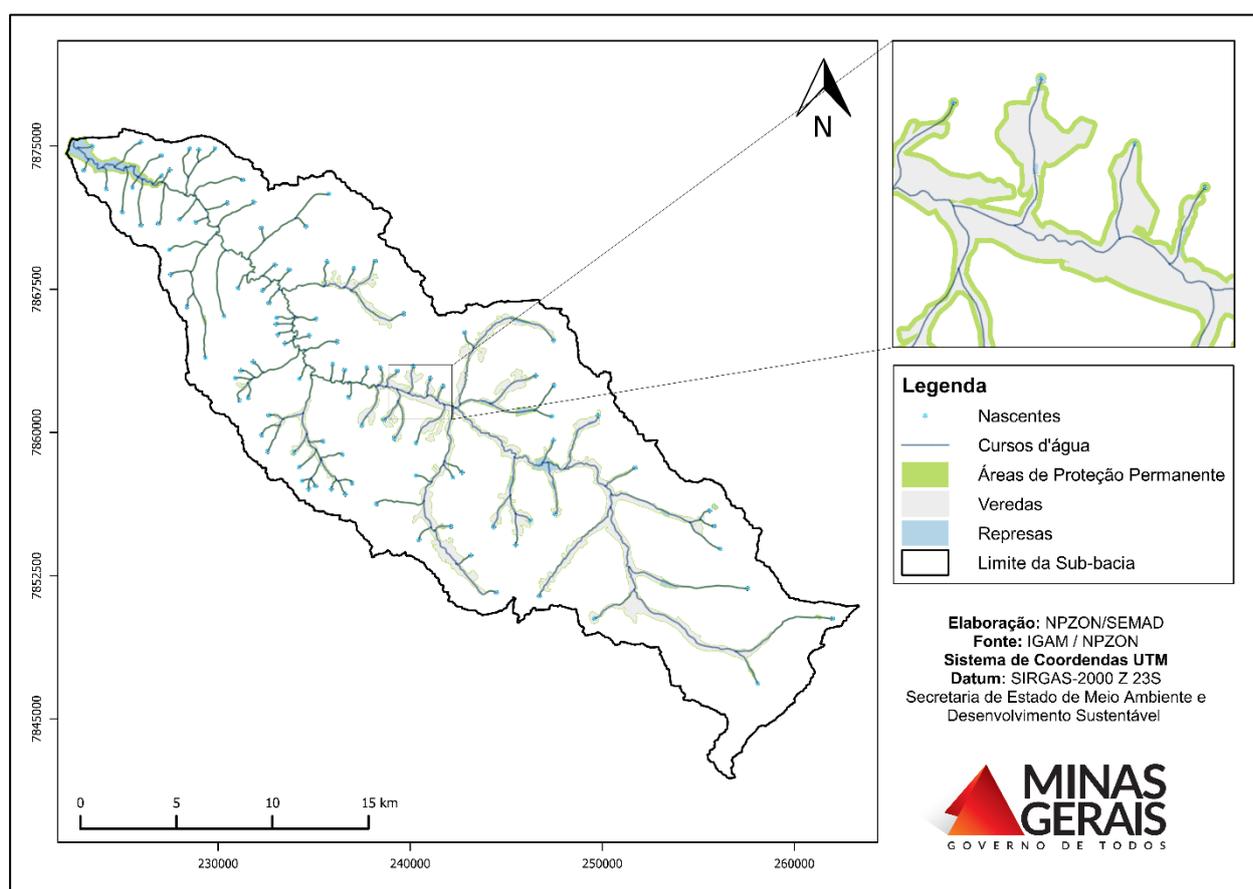


Figura 2.18: Mapa das Áreas de Preservação Permanente Hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Após mapeamento das APPs hídricas da bacia, realiza-se o cálculo da área total ocupada pela as mesmas, na bacia do Ribeirão Santa Juliana foi encontrado um valor de 5.026,48 ha.

Ressalta-se que as demais áreas de APP especificadas pela Lei Estadual nº 20922/2013 (como topo de morro, de declividade, etc.) não foram aqui mapeadas porque as metodologias para detectá-las são mais complexas, basicamente envolvem o levantamento de cada área em campo. Assim, o mais indicado seria a vetorização manual, não havendo ainda um método automático por meio de softwares. De toda forma, o levantamento das áreas legalmente protegidas de toda a bacia é de extrema importância para a proposição de programas de adequação ambiental, e nesse sentido, recomenda-se, sempre que possível, mapeá-las de forma integral.

2.5 Considerações Gerais

Este item intenciona correlacionar os resultados das três etapas do ZAP. Diversas informações podem ser obtidas, principalmente de acordo com as peculiaridades de cada área/região. Serão apresentadas aqui algumas possibilidades, no entanto, outras conclusões poderão ser levantadas.

Ressalta-se que, esse capítulo não pretende adiantar as propostas de ações para a adequação ambiental da bacia, e sim fornecer subsídios por meio da interpretação dos resultados obtidos pela aplicação do ZAP.

Recomenda-se, sempre que possível, a demonstração dos itens levantados por meio do uso de mapas, tabelas e índices. Os itens possíveis de serem mapeados deverão constar na base de dados em SIG (item 3.2).

2.5.1 Mapeamento e cálculo das áreas conservadas e antropizadas

A **Figura 2.19** apresenta o mapeamento das áreas conservadas e antropizadas na bacia do Ribeirão Santa Juliana. Foram consideradas como área conservada as feições Mata, Cerrado e Veredas, e como antropizada as demais (exceto Represas). Assim, por meio do QGIS criaram-se dois novos shapefiles fazendo a junção das feições conforme informado acima (Ferramenta em: Vetor – Gerenciar dados – Mesclar shapefiles em um).

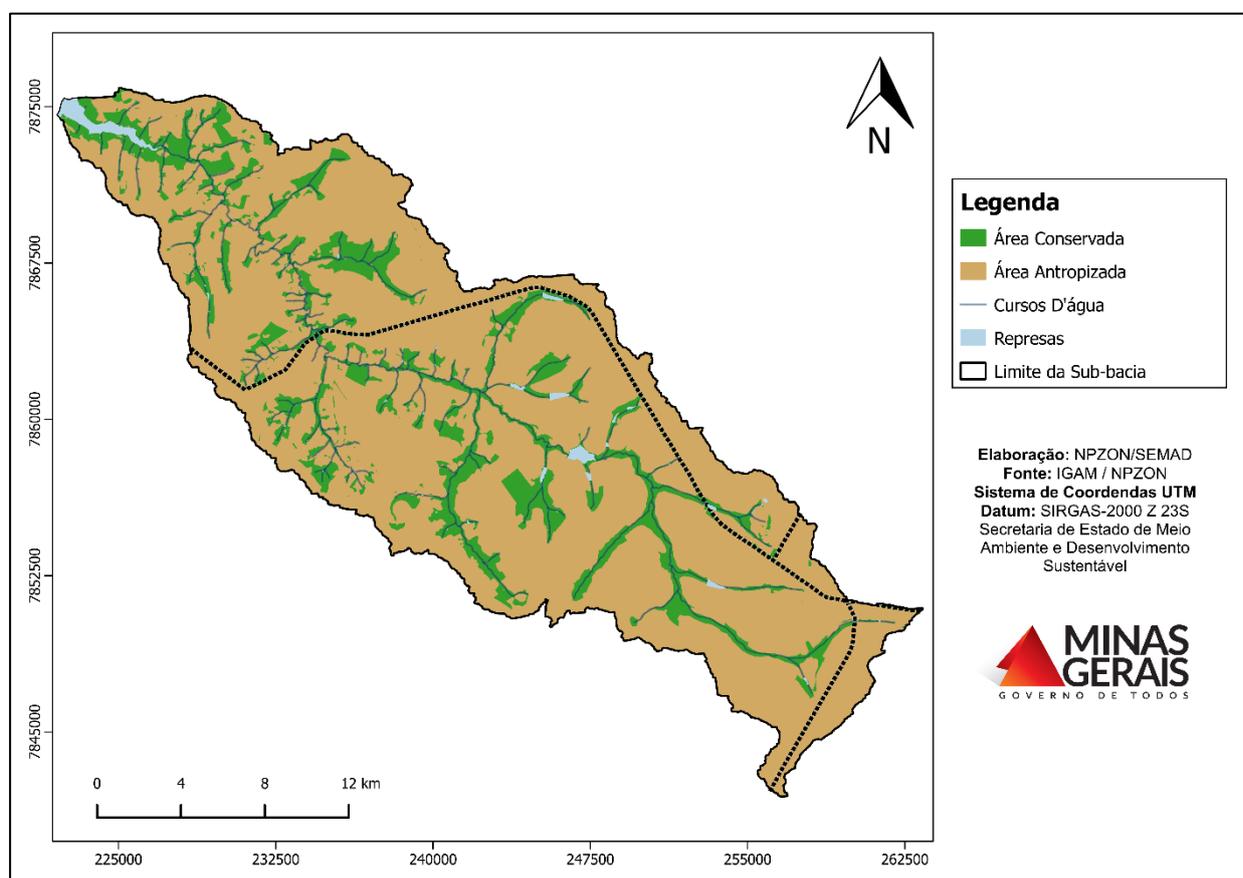


Figura 2.19: Mapa das Áreas Conservadas e Antropizadas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Com os dados da **Tabela 2.6** pode-se elaborar o “Índice de conservação da bacia”, baseado na **equação 2.1**. Esse índice pode variar de 0 a 100, sendo que quanto maior o valor, maior o percentual de vegetação nativa na bacia. Contudo, o “Índice de conservação da bacia” não deve ser analisado de forma independente, pois, tão importante quanto à quantidade é a localização dos fragmentos de vegetação nativa.

Tabela 2.6: Tamanho das áreas conservadas e antropizadas.

Estado da área	Tamanho (ha)
Conservada	10.451,82
Antropizada	37.961,36

Equação 2.1:

$$I_{\text{conservação da bacia}} = \left(\frac{A_{\text{conservada}}}{A_{\text{bacia}}} \right) .100$$

Em que:

$A_{\text{conservada}}$ = Área conservada com vegetação nativa (ha).

A_{bacia} = Área total da bacia (ha).

Cálculo para a bacia do Ribeirão Santa Juliana:

$$I_{\text{conservação da bacia}} = \left(\frac{10.452}{48.827} \right) .100 = 21,40$$

2.5.2 Mapeamento e cálculo das áreas das APPs hídricas conservadas e antropizadas

O mapeamento das APPs hídricas na bacia do Ribeirão Santa Juliana, destacando as áreas conservadas e antropizadas pode ser visualizado na **Figura 2.20**. Foram consideradas como área de APP conservada aquelas que continham as feições Mata, Cerrado e Veredas, e como antropizada as que continham as demais classes do uso do solo. Para realização desse mapeamento, foi feita uma interseção entre as APPs e as feições “área conservada” e “antropizada” levantadas no item supracitado (Localizada no QGIS em: Vetor – ferramentas de geoprocessamento – Interseção).

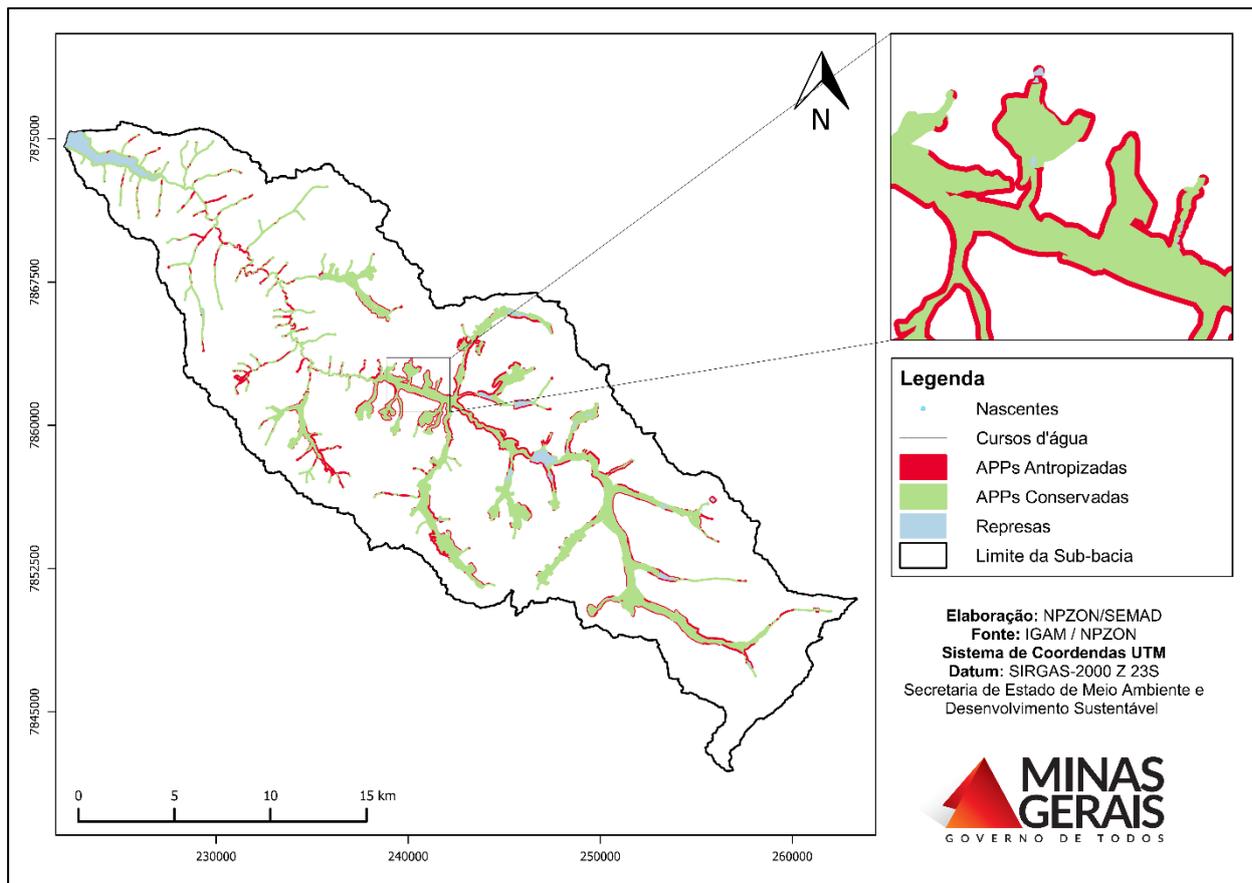


Figura 2.20: Mapa do Estado de Conservação das APPs hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

A **Tabela 2.7** apresenta os valores de área das porções conservada e antropizada das APPs hídricas da bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Tabela 2.7: Tamanho das APPs hídricas conservadas e antropizadas.

Estado das APP hídricas	Tamanho (ha)
Conservada	4242
Antropizada	760

O “Índice de antropização das APPs hídricas” foi calculado de acordo com a **equação 2.2**. Esse índice também pode variar de 0 a 100, sendo que quanto maior o valor, menor o percentual de vegetação nativa nas APPs hídricas, o que o torna um indicativo da taxa de recuperação dessas áreas.

Equação 2.2:

$$I_{\text{antropização das APPs hídricas}} = \left(\frac{A_{\text{APP antropizada}}}{A_{\text{APP total}}} \right) .100$$

Em que:

A_{APP} antropizada = Porção das APPs hídricas sem vegetação nativa (ha).

A_{APP} total = Área total das APPs hídricas (ha).

Cálculo para a bacia do Ribeirão Santa Juliana:

$$I_{\text{antropização das APPs hídricas}} = \left(\frac{A_{APP \text{ antropizada}}}{A_{APP \text{ total}}} \right) .100 = 15,19$$

2.5.3 Cálculo da concentração de nascentes

A concentração de nascentes é uma importante variável para priorização de alocação de recursos para a adequação ambiental de bacias hidrográficas. O “Índice de concentração de nascentes” avalia a quantidade de nascentes pontuais que existem em uma determinada área. Considerou-se que cada nascente identificada ocupa uma área de 0,78 ha, correspondendo ao círculo formado por um raio de 50 m. Esse índice também apresenta variação entre 0 e 100, sendo que quanto maior o valor, maior a quantidade de nascentes por hectare na bacia.

Para determinação do “Índice de concentração de nascentes”, utilizou-se **equação 2.3**.

Equação 2.3:

$$I_{\text{concentração de nascentes}} = \left(\frac{N^{\circ}_{\text{nas}} \cdot 0,78}{A_{\text{bacia}}} \right) .100$$

Em que:

N°_{nas} = Número de nascentes existentes na bacia.

A_{bacia} = Área total da bacia (ha).

Cálculo para a bacia do Ribeirão Santa Juliana:

$$I_{\text{concentração de nascentes}} = \left(\frac{103 \cdot 0,78}{48.827} \right) .100 = 0,16$$

2.5.4 Levantamento dos conflitos do uso atual do solo com a unidade de paisagem

O mapeamento das áreas de incompatibilidade entre o uso do solo atual e aqueles indicados para determinada unidade de paisagem é fundamental para o levantamento das áreas degradadas ou

propensas à degradação ambiental na sub-bacia. Como visto no item de definição das unidades de paisagem (cap. 2), cada unidade apresenta determinadas potencialidades, limitações e aptidões que são inerentes ao seu tipo de solo, geologia, geomorfologia e relevo. Nesse sentido, o uso e ocupação do solo deve ser compatível com as aptidões da unidade em que se encontra, respeitando assim, as limitações da paisagem e evitando a degradação da mesma. No entanto, essa proposição não deve ser categórica, pois, atualmente, com as práticas de manejo e conservação do solo é possível o desenvolvimento de atividades em áreas não indicadas.

As **Figura 2.21** e **Figura 2.22** apresentam o mapeamento das áreas de conflito do uso do solo atual com as unidades Rampas de colúvio e Vale encaixado em vertente ravinada, respectivamente. Para a unidade Superfícies tabulares não foi identificada área de conflito, uma vez que todas as atividades desenvolvidas na mesma são compatíveis com sua aptidão. Nas Rampas de colúvio apenas a feição solo exposto se apresentou como conflitante, sendo que demais feições como lavoura temporária, pastagens, pivôs, entre outras, se mostraram compatíveis com a ressalva de serem desenvolvidas sob sistemas de controle de erosão. Para o Vale encaixado as feições benfeitorias, lavoura temporária, pastagem, pivô e solo exposto foram consideradas como conflitantes, visto que a aptidão dessa unidade é para áreas de preservação permanente e proteção de nascentes. Esses mapeamentos foram feitos no QGIS por meio de uma interseção entre as feições conflitantes e cada unidade de paisagem (Ferramenta localizada em: Vetor – ferramentas de geoprocessamento – Interseção).

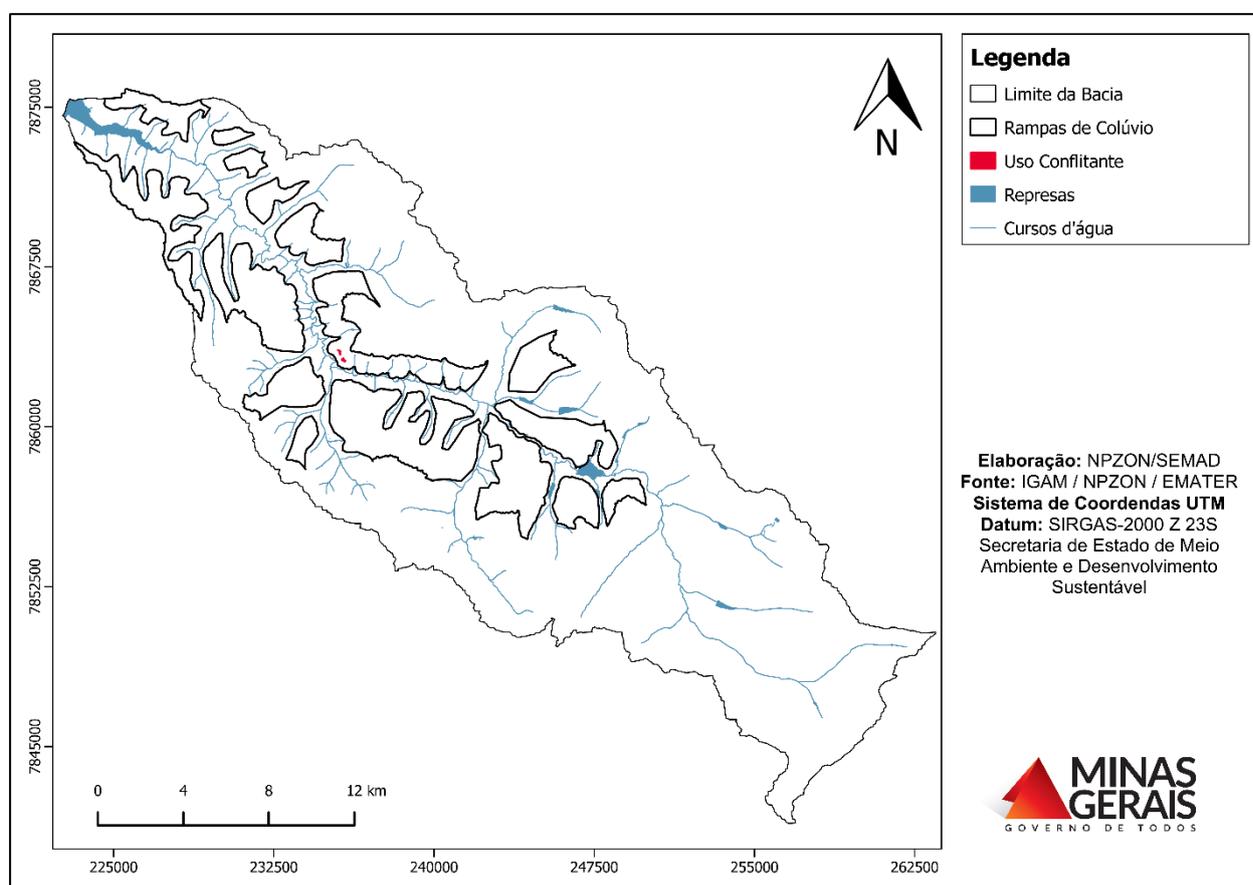


Figura 2.21: Mapa das áreas de conflito do uso do solo atual na unidade de paisagem Rampa de Colúvio.

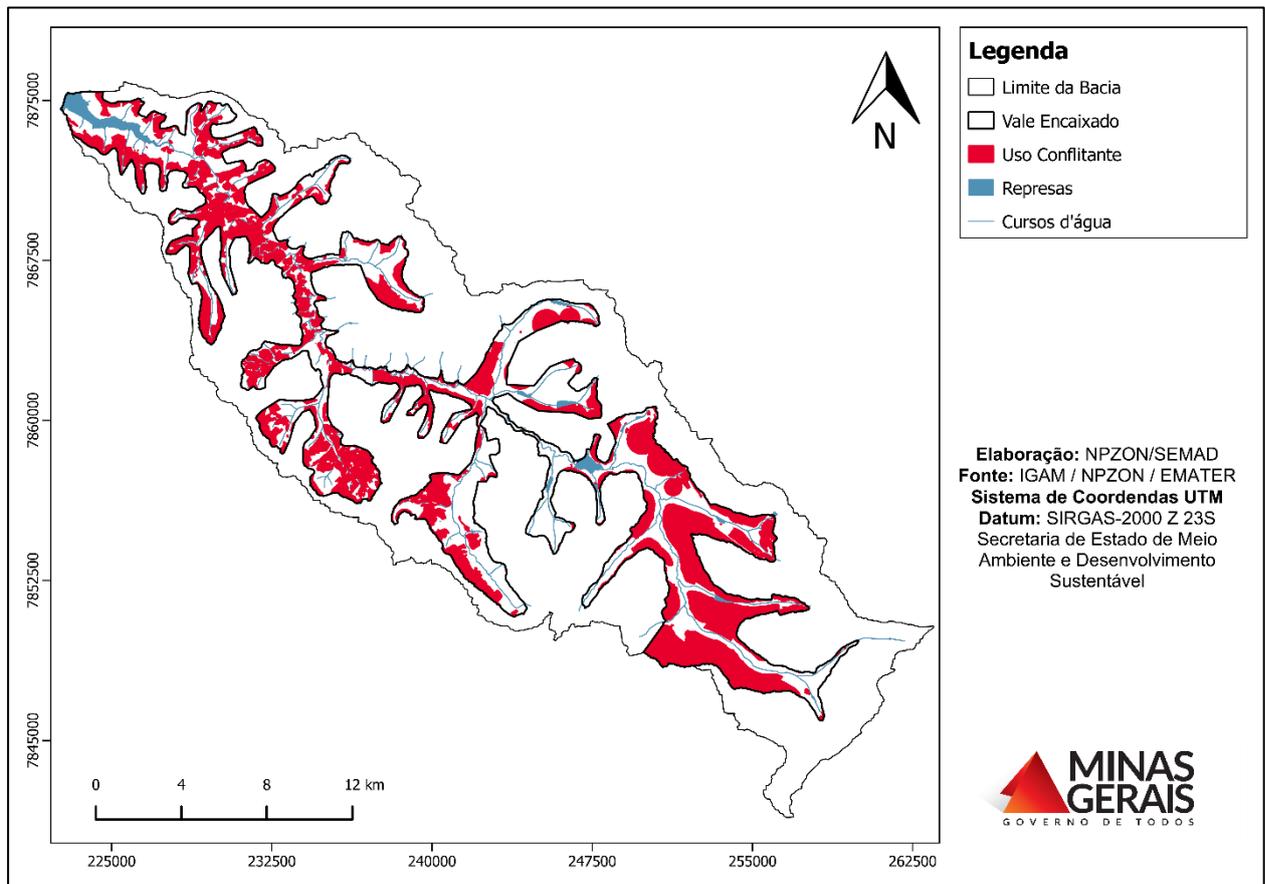


Figura 2.22: Mapa das áreas de conflito do uso do solo atual na unidade de paisagem Vale encaixado em vertente ravinada.

A **Figura 2.23** demonstra o mapa de uso conflitante considerando toda a bacia do Ribeirão Santa Juliana, sem distinção por unidade de paisagem.

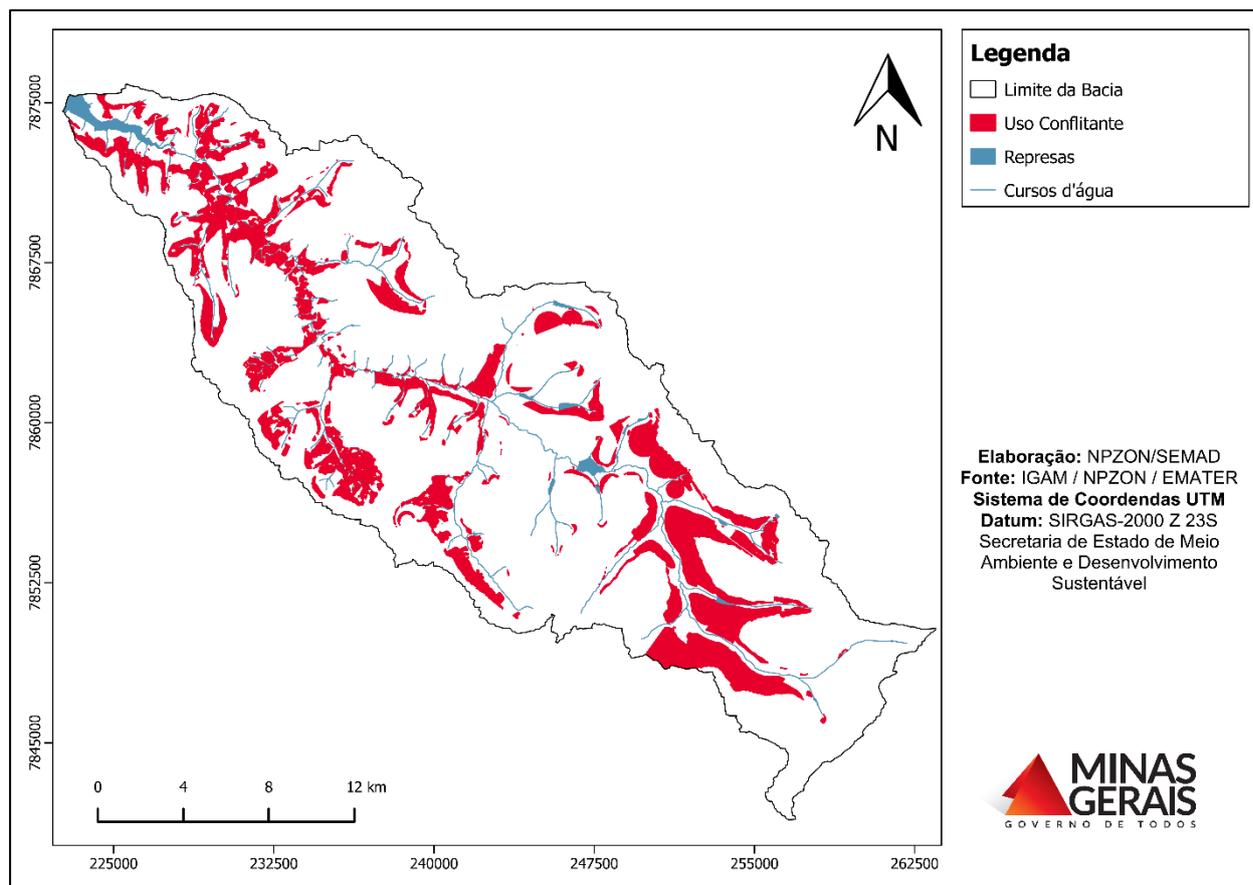


Figura 2.23: Mapa das áreas de conflito entre uso do solo atual e unidades de paisagem na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

A **Tabela 2.8** apresenta o tamanho e representatividade das áreas de uso conflitante em cada unidade.

Tabela 2.8: Áreas de uso conflitante em cada unidade de paisagem.

Unidade de paisagem	Área (ha) de uso conflitante	Representatividade (%)
Superfícies Tabulares	0,0	0,0
Rampas de Colúvio	4,0	0,04
Vale Encaixado	7882	45,34

A partir dos dados da tabela 2.8 é possível calcular o “Índice de uso conflitante da bacia”, baseado na **equação 2.3**. Esse índice também apresenta variação de 0 a 100, sendo que quanto maior o valor, maior a taxa de conflito entre o uso do solo atual e as unidades de paisagem na bacia.

Equação 2.3:

$$I_{\text{Uso conflitante da bacia}} = \left(\frac{A_{\text{uso conflitante}}}{A_{\text{bacia}}} \right) \cdot 100$$

Em que:

$A_{\text{uso conflitante}}$ = Área total de conflito entre o uso do solo atual e as unidades de paisagem (ha).

A_{bacia} = Área total da bacia (ha).

Cálculo para a bacia do Ribeirão Santa Juliana:

$$I_{\text{Uso conflitante da bacia}} = \left(\frac{7.886}{48.827} \right) \cdot 100 = 16,15$$

2.5.5 Quadro Resumo dos Índices utilizados

Visando a utilização do ZAP como uma importante ferramenta de priorização de sub-bacias para recuperação e/ou conservação ambiental, esse capítulo propõe a elaboração de um quadro resumo com os valores de cada índice da bacia. Desta forma, será possível, por exemplo, a comparação entre sub-bacias de uma mesma macrobacia, a fim de identificar aquelas com maior necessidade de adequação e recuperação, bem como aquelas propensas para programas de conservação.

O **Quadro 2.3** apresenta os índices decorrentes da realização do ZAP na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Quadro 2.3: Síntese dos índices aplicados na bacia do Ribeirão Santa Juliana.

Índice	Valor
Conservação da bacia	21,40
Antropização das APPs hídricas	15,19
Concentração de nascentes	0,16
Uso conflitante da bacia	16,15

3. PRODUTOS DO ZAP

Como forma de apresentação dos resultados obtidos após aplicação da metodologia ZAP em uma determinada sub-bacia faz-se necessária a elaboração de um Relatório e de uma base de dados em sistema de informações geográficas – SIG. Esses produtos deverão ser apresentados ao Comitê Gestor do ZAP para validação, sistematização e disponibilização em ambiente eletrônico apropriado para todo o Estado, propiciando a utilização por órgãos e entidades públicas e privadas, bem como demais interessados, para formulação de planos, programas e ações de manejo adequado do uso do solo e gestão sustentável de bacias hidrográficas.

O Relatório deverá apresentar, de forma clara e objetiva, os resultados obtidos para cada etapa do ZAP, bem como inter-relacioná-los, destacando as conclusões mais relevantes. A base de dados em SIG deve trazer todos os produtos geoespecializados gerados ao longo da aplicação da metodologia ZAP na sub-bacia.

Nesse sentido, esse capítulo visa detalhar e padronizar a forma e conteúdo do Relatório e base de dados em SIG dos ZAPs realizados no Estado de Minas.

3.1 Relatório do ZAP

O Relatório do ZAP de uma sub-bacia hidrográfica deve conter os itens relacionados abaixo. Recomenda-se, sempre que possível, a priorização do uso de elementos gráficos e visuais, tais como tabelas, figuras e quadros, minimizando o discurso na forma textual. Ressalta-se também, a objetividade desse documento, para o qual sugere-se um máximo de 10.000 palavras.

- **Autores e colaboradores:** Descrição das seguintes informações para cada membro mencionado: nome completo; entidade, instituição ou empresa pertencente; mini currículo e meios para contato. Destaque para o membro coordenador e responsável pelo estudo.

- **Introdução:** Descrição breve das características da sub-bacia, incluindo a apresentação do(s) mapa(s) de delimitação da área e da rede hidrográfica (conforme elaboração descrita no capítulo 2.1) e exposição da finalidade de elaboração do ZAP para a área escolhida.

- **Metodologia:** Esse item somente será necessário se houver uso de métodos ou procedimentos diferentes daqueles sugeridos e especificados no capítulo 2 desse documento. Sendo assim, deve-se descrever os métodos/procedimentos diferenciados utilizados para desenvolvimento dos estudos do ZAP em questão. Ressaltando que as fontes e bases de dados oficiais citadas no capítulo 2 devem ser mantidas.

- **Resultados Definição das Unidades de Paisagem:**

- Mapa preliminar das unidades de paisagem da sub-bacia.
- Mapa final das unidades de paisagem da sub-bacia.

- Matriz de caracterização das UPs identificadas contendo, no mínimo, informações Área (ha), Representatividade (%), Potencialidades, Limitações e Aptidões de cada unidade.
- Descrição de considerações gerais sobre as unidades de paisagem da sub-bacia (Opcional).
- **Resultados Estudo de Disponibilidade Hídrica:**
 - Mapa dos Usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes da sub-bacia.
 - Mapa do levantamento dos trechos dos cursos d'água da sub-bacia com demanda hídrica.
 - Mapa de Classificação dos trechos dos cursos d'água da sub-bacia de acordo com a situação de comprometimento da disponibilidade hídrica.
 - Mapa de Viabilidade de regularização de vazão dos trechos dos cursos d'água da sub-bacia com indisponibilidade hídrica (se houver).
 - Quadro dos trechos com demanda hídrica contendo as seguintes informações: Código do trecho (cotrecho); Nome do curso d'água (Noriocomp); Vazões de referências (m^3/s): $Q_{7,10}$, Q_{mld} , Q_{reg} , Q outorgável (de acordo com a Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012); Vazão demandada (m^3/s); Vazão de disponibilidade hídrica – QDH (m^3/s); Comprometimento da disponibilidade hídrica (%); Viabilidade de regularização da vazão (sim ou não) - para os trechos com indisponibilidade hídrica.
 - Descrição de considerações gerais sobre as condições de disponibilidade hídrica da sub-bacia (Opcional).
- **Resultados Uso e ocupação do solo:**
 - Mapa da imagem de satélite tratada recortada para a área da sub-bacia.
 - Mapa preliminar de classificação do uso e ocupação do solo na sub-bacia.
 - Mapa final de classificação do uso e ocupação do solo na sub-bacia.
 - Tabela de quantificação das classes de uso do solo da sub-bacia.
 - Mapa das áreas de preservação permanente hídricas da sub-bacia (e demais áreas protegidas se forem mapeadas).
 - Descrição de considerações gerais sobre o uso e ocupação do solo da sub-bacia (Opcional).
- **Considerações gerais:** Apresentação das interpretações obtidas por meio da correlação dos resultados das três etapas do ZAP.

- Exemplos:
 - Mapeamento e cálculo das áreas conservadas e antropizadas.
 - Mapeamento e cálculo das áreas protegidas conservadas e as antropizadas.
 - Cálculo da concentração de nascentes.
 - Levantamento dos conflitos do uso atual do solo com a unidade de paisagem.
 - Estado de conservação da unidade de paisagem “Colinas de topo alongado”.
 - Intenciona verificar a relação percentual da cobertura de vegetação nativa remanescente nessa unidade, a qual concentra as maiores áreas de recarga de lençol freático.
- Quadro Resumo dos Índices.
- **Anexo:**
 - Relatório de campo (contendo informações gerais dos locais verificados e anexadas as Fichas Técnicas de Observações em Campo elaboradas).
- **Fontes utilizadas:** Descrição, conforme regra da ABNT atual, de todas as fontes, referências e base de dados utilizadas para elaboração do ZAP em questão. Ressalta-se a importância de relatar a data de elaboração da base ou estudo, assim como a forma e a data de acesso aos mesmos.

Obs.: Os mapas deverão ser apresentados em base cartográfica com escala compatível.

3.2 Base de dados em SIG

As informações espacializadas devem ser compatibilizadas em um sistema de informações geográficas - SIG, a fim de gerar um banco de dados dos produtos do ZAP, o qual deverá ser gravado em mídia (CD ou DVD) organizada, conforme instruções posteriores.

Todos os dados e produtos finais ou intermediários gerados, quando apresentados e validados pelo Comitê Gestor do ZAP serão de domínio do Governo de Minas Gerais.

Os produtos da base geográfica do ZAP deverão funcionar em software livre ou gratuito, com a disponibilização de funções complementares eventualmente necessárias a seu funcionamento (internas ou externas) e todo o detalhamento de rotina e métodos de processamento. Todos os dados deverão ser entregues em formato fonte (com todos os requisitos, relacionamentos, tabelas de atributos, integridade topológica e domínios), incluindo obrigatoriamente os metadados

organizados conforme o padrão mais recente da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. Ressalta-se os aspectos abaixo:

- **Datum:** SIRGAS 2000
- **Projeção:** Geográfica ou UTM (de acordo com a(s) zona(s) onde se localiza a área de estudo), variando com a especificação de cada shapefile.
- **Categorias:** Todos os arquivos devem ser separados em categorias (pastas) identificadas com um máximo de dois números (Nn) e o nome da categoria (Nome_Categoria), como em: **Nn_Nome_Categoria**. As nomeações não possuem limite de caracteres e deve-se evitar espaços (utiliza-se um traço inferior simples: _), caracteres especiais, como cedilha, acentos e símbolos. Também deverão começar com letra maiúscula e as demais minúsculas (salvo o uso de siglas). As categorias devem ser nomeadas de acordo com os arquivos vetoriais e ou rasters que irão compô-la.
 - A divisão padrão das categorias principais deverá ser:
 - 01_Delimitacao_e_Hidrografia
 - 02_Unidades_de_Paisagem
 - 03_Disponibilidade_Hidrica
 - 04_Uso_do_Solo
 - 05_Consideracoes_Gerais
- **Subcategorias:** Estarão contidas dentro das categorias com as quais se relacionam, visando subdividir temas equivalentes. Também serão separadas em pastas identificadas com o número da categoria onde estarão inseridas (Nn), acrescentadas de sua própria numeração (Xx), além do nome de sua identificação (Nome_Subcategoria), como em: **NnXx_Nome_Subcategoria**. Ademais as nomeações seguem as mesmas regras das categorias. Exemplo de subcategorias da categoria 04_Uso_do_Solo:
 - 0401_Imagem_de_satelite
 - 0402_Preliminar
 - 0403_Final
- **Arquivos de vetores e rasters:** Todos os vetores utilizados deverão ser em formato shapefile (*.shp) e todos os rasters deverão ser em formato GeoTiff (*.tif). As nomeações seguem as mesmas regras das categorias, com exceção do limite de caracteres. O padrão para os nomes dos arquivos deve ser:

Arquivos vetoriais:

NnXxCc_Nome_do_arquivo

Arquivos matriciais:

NnXxCc_Siglasatelite_Comp_Data

Em que:

NnXxCc = numeração da categoria e subcategoria da informação geográfica, acrescida da numeração do arquivo;

Nome_do_arquivo = sequência livre com até 24 caracteres (sem espaços, caracteres acentuados e especiais);

Siglasatelite = sigla do satélite utilizado na captação da imagem;

Comp = composição das bandas utilizadas no tratamento da imagem no formato RxGxBx;

Data = data da captação da imagem no formato dia(xx)_mês(xx)_ano(yyyy).

Exemplo de arquivos de vetores e rasters para a categoria 04_Uso_do_Solo e subcategoria 0402_Final:

- 040101_L8_R6G5B4_21_02_2016
- 040201_uso_do_solo.shp
- **Metadados:** Todos os shapefiles e rasters deverão ser acompanhados de um arquivo de texto (*.txt) de mesmo nome, contendo informações conforme modelo apresentado no Anexo IV. Exemplo de nomeação:
 - Arquivo 040201_uso_do_solo.shp equivalente a 040201_uso_do_solo.txt

A seguir será apresentada a estrutura modelo, exemplificada com os dados do ZAP da bacia do Ribeirão Santa Juliana, especificando as categorias, subcategorias e os arquivos shapefile ou raster que deverão compor a base de dados. Ressalta-se que, os arquivos shapefile deverão ser acompanhados pelos demais arquivos necessários para o seu adequado funcionamento (.dbf, .sbx, .shx, etc.).

- ▢ **ZAP_Ribeirao_Santa_Juliana**
 - ▢ **01_Delimitacao_e_Hidrografia**
 - ▢ 0101_delimitacao_subbacia.shp
 - ▢ 0102_hidrografia_original.shp
 - ▢ 0103_hidrografia_sem_deslocamento.shp¹
 - ▢ 0104_hidrografia_final.shp²
 - ▢ **02_Unidades_de_Paisagem**
 - ▢ 0201_unidades_de_paisagem_preliminar.shp
 - ▢ 0202_unidades_de_paisagem_final.shp
 - ▢ **03_Disponibiliade_Hidrica**
 - ▢ 0301_hidrografia_DH.shp
 - ▢ 0302_cadastrros_uso_insignificante.shp

- 0303_outorgas_coletivas.shp
- 0304_outorgas_individuais.shp
- 04_Uso_do_Solo
 - 0401_Imagem_de_satelite
 - 040101_L8_R6G5B4_21_02_2016
 - 0402_Preliminar
 - 040202_uso_do_solo_preliminar.shp
 - 0403_Final
 - 040301_APP
 - 04030101_app_hidrografia.shp
 - 04030102_app_nascentes.shp
 - 04030103_app_represas.shp
 - 04030104_app_veredas.shp
 - 04030105_apps.shp
 - 040302_uso_do_solo_final.shp
- 05_Consideracoes_Gerais
 - 0501_Area_Conservada_Antropizada
 - 050101_areas_con_ant.shp
 - 0502_APP_Conservada_Antropizada
 - 050201_apps_con_ant.shp
 - 0503_Conflitos_UP_Solo
 - 050301_conflito_rampas_de_coluvio.shp
 - 050302_conflito_superfice_tabular.shp
 - 050303_conflito_vale_encaixado.shp

O detalhamento das informações, dados e atributos mínimos necessários de cada arquivo foi apresentado na **Tabela 3.1** abaixo.

Tabela 3.1: Atributos necessários para cada arquivo shapefile.

Nome arquivo	Atributos mínimos	Observações
0101_delimitacao_subbacia	area_ha, *ind_nome	Inserir colunas com os valores dos índices obtidos no capítulo 2.5 e expostos no exemplo do quadro 2.3.
0102_hidrografia_original	Todos os atributos existentes no arquivo original cedido pela SEMAD (conforme procedimento do capítulo 2.1).	Arquivo original conforme base de dados IGAM.
0103_hidrografia_sem_deslocamento		¹ Esse arquivo somente existirá se houver necessidade de adequação da hidrografia em relação à realidade da sub-bacia. Esse foi um shapefile intermediário, onde foram corrigidos os trechos faltantes e inexistentes.
0104_hidrografia_final		² Esse arquivo somente existirá se houver necessidade de adequação da hidrografia em relação à realidade da sub-bacia. Esse shapefile contém todas as adequações, incluindo as correções de deslocamento dos cursos d'água.
0201_unidades_de_paisagem_preliminar	*up, area_ha	*Nome completo da unidade de paisagem. Ex: Superfície Tabular, Vale Encaixado.
0202_unidades_de_paisagem_final		
0301_hidrografia_DH	Todos os atributos existentes no arquivo original cedido pela SEMAD (conforme procedimento do capítulo 2.1) além de: *QNReg, QDemTotal, QDH, compromDH, Qreg, ViabRegQ	*QNReg somente será necessário, caso haja barramento com regularização de vazão na sub-bacia.

0302_cadastros_uso_insignificante	Processo Outorga, Portaria, Data de Publicação, Data de Vencimento da portaria, Ano de vencimento, Status Processo, Empreendedor, Empreendimento, CPF_CNPJ Empreendimento, Município Empreendimento, Bacia Federal GEO, Bacia Estadual, UPGRH, Curso D'água, Tipo, Modo de Uso, Área inundada, Volume de acumulação, Finalidades, Latitude, Longitude, UTM X, UTM Y, DATUM, Fuso, Q captada (m3/s).	
0303_outorgas_coletivas	Portaria, data publicação, data de vencimento, outorgado, Ident., Usuários, CPFs, Curso d'água, Captação, Latitude, Longitude, Q captada (m3/s), Q residual (m3/s)*.	*Se houver essa informação na portaria.
0304_outorgas_individuais	Processo Outorga, Portaria, Data de Publicação, Data de Vencimento da portaria, Ano de vencimento, Status Processo, Empreendedor, Empreendimento, CPF_CNPJ Empreendimento, Município Empreendimento, Bacia Federal GEO, Bacia Estadual, UPGRH, Curso D'água, Tipo, Modo de Uso, Área inundada, Volume de acumulação, Finalidades, Latitude, Longitude, UTM X, UTM Y, DATUM, Fuso, Q captada (m3/s).	
040101_L8_R6G5B4_21_02_2016	-	Arquivo raster
040202_uso_do_solo_preliminar	*uso, area_ha	*Tipo de uso e ocupação do solo. Conforme tabela 2.3. Ex: Cerrado, Pastagem, lavoura temporária, etc.
04030101_app_hidrografia	area_ha	
04030102_app_nascentes	area_ha	
04030103_app_represas	area_ha	
04030104_app_veredas	area_ha	

04030105_apps	area_ha	
040302_uso_do_solo_final	*uso, area_ha	*Tipo de uso e ocupação do solo, conforme tabela 2.3. Ex: Cerrado, Pastagem, lavoura temporária, etc.
050101_areas_con_ant	uso, area_ha, area_tipo*	*Tipos divididos entre "con" para conservada e "ant" para antropizada.
050201_apps_con_ant	uso, area_ha, app_tipo*	*Tipos divididos entre "con" para conservada e "ant" para antropizada.
050301_conflito_rampas_de_coluvio	uso, compatibil*	*Coluna de compatibilidade deve ser identificada com "sim" para compatível e "nao" para incompatível.
050302_conflito_superfice_tabular		
050303_conflito_vale_encaixado		

4. REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa entre outros. Publicada no Diário Oficial da União em 28 de maio de 2012.
- FERNANDES, M. R. Manejo Integrado de bacias hidrográficas: Fundamentos e Aplicações, Belo Horizonte: **SMEA/CREA**, 2010.
- FERNANDES, M. R *et al.* Minas Gerais: Caracterização de Unidades de Paisagem. Belo horizonte, MG: **EMATER-MG**. 2013. 92 p.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Construção de Base Ottocodificada de Minas Gerais (Manual Técnico)**. Belo horizonte. 2012. 72 p.
- MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 46650 de 19 de novembro de 2014**, que aprova a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – e dá outras providências. Publicado na Imprensa Oficial de Minas Gerais em 20 de novembro de 2014. Disponível em: <<http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/handle/123456789/134277>>.
- MINAS GERAIS. **Lei nº 20922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe Sobre as Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade no Estado. Publicada Imprensa Oficial de Minas Gerais em 17 de outubro de 2013.
- Secretaria de Estado de Meio ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Resolução SEMAD/IGAM nº 1548/2012**. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Diário do Executivo de Minas Gerais, 30 março de 2012.
- SPAROVEK, G; BARRETO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos**, São Paulo, n. 89, p 111-135, 2011.

ANEXO I

Tabela de caracterização das Unidades de Paisagem de Minas Gerais

Unidades de Paisagem	Características	Tipos de Solo	Potencialidades	Limitações	Aptidões
Planícies Fluviais	São as áreas de relevo mais baixo de uma paisagem. Constituem leitos maiores dos respectivos cursos d'água. Dependendo das características geomorfológicas das bacias hidrográficas onde se inserem, podem estar sujeitas a inundações periódicas. Relevo plano, ao longo dos cursos d'água, de declividade menor que 3%.	Os solos são formados por acumulação de sedimentos. São os Neossolos Flúvicos e Gleissolos. Os Neossolos flúvicos são extremamente variados tanto na horizontal quanto na vertical. Os Gleissolos são resultantes da oscilação do aquífero freático.	Relevo plano podendo ocorrer solos de média e alta fertilidade.	Suscetibilidades às ocorrências de inundações periódicas e encharcamento dos solos. Redução de áreas para uso e ocupação da vegetação ciliar.	Culturas anuais de entressafra, preservação de nascentes difusas.
Terraços Fluviais	Antigas planícies de inundações de cursos d'água quando fluíam em níveis de cotas superiores à atual. Em geral, estão associadas às planícies fluviais. Relevo plano.	Solos originados de sedimentos variados evoluídos para Cambissolos e Argissolos	Relevo plano podendo ocorrer solos de média e alta fertilidade.	Risco de inundação e encharcamento do solo.	Agropecuária e expansão urbana.
Colinas de Topo Alongado	Distribuem-se nas cotas superiores da paisagem, apresenta certa convexidade comumente associada a vertentes côncavas e convexas. Ocupam os topos de morro, cotas superiores das colinas.	Latossolos, sendo que nas vertentes côncavas é comum o aparecimento de solos mais jovens como Cambissolos e Argissolos.	Relevo suave nos topos, com solos profundos e permeáveis. Constituem áreas de recarga de aquíferos freáticos.	Uso limitado pela legislação ambiental nos topos das colinas. Relevo acidentado das vertentes e predisposição a processos de erosão laminar.	Manutenção da vegetação nativa nos topos. Culturas permanentes incluindo cafeicultura, fruticultura e silvicultura.

Vertentes Convexas	São características desta unidade a uniformidade do relevo que condiciona a distribuição uniforme do escoamento. São comumente conhecidas como colina meia laranja. Relevo de meia encosta em relevo ondulado e suave ondulado.	Latossolo	Solos profundos e permeáveis.	Baixa fertilidade e acidez elevada, comprimento da vertente em declive e suscetibilidade a processos de erosão hídrica laminar.	Culturas permanentes
Vertentes Côncavas (Grotas)	São áreas de concentração de águas pluviais e nutrientes. Estas unidades são conhecidas como grotas ou ravinas. Parte intermediária do relevo, meia encosta em relevo ondulado e suave ondulado.	Cambissolo e Neossolo Litólico	Concentração de águas de chuva e nutrientes.	Solos rasos e suscetibilidade à erosão.	Preservação permanente
Vale Encaixado em Vertente Ravinada	São vales fechados (vale em V) com inexistência de planícies fluviais e ocorrência de drenagem superficial com elevado gradiente de canal.	Neossolo Litólico Cambissolo	Áreas de surgências de aquíferos (nascentes) e cursos d'água de primeira ordem.	Solos rasos e pedregosos em relevos fortemente acidentados.	Áreas para preservação permanente e proteção de nascentes
Superfícies Tabulares	Caracterizam-se por extensos planaltos em altitudes superiores a 800 m e declividade inferior a 3%. São comumente chamadas de chapadas.	Latossolos; Neossolo Quartzarênicos (quando derivados de arenitos e quartzitos)	Relevo plano e solos bem desenvolvidos e permeáveis.	Solos de baixa fertilidade e acidez elevada.	Agricultura mecanizada, silvicultura, fruticultura e pastagens cultivadas.
Superfícies Onduladas	Relevo suavemente ondulado. A vegetação original é o cerrado.	Latossolo	Relevo suave, solos profundos e bem drenados.	Baixa fertilidade do solo e acidez elevada.	Culturas anuais, pastagens, silvicultura e capineiras.

Relevo Cárstico	Relevo moldado pela solubilidade dos carbonatos, onde se destacam as seguintes formações: Afloramento de rochas calcárias, Dolinas e Grutas.				
	Afloramentos	Neossolo Litólico; Gleissolo; Vertissolo	Beleza cênica e ocorrência de cavernas	Relevo acidentado e afloramento rochoso	Turismo
	Dolinas	Neossolo Litólico; Gleissolo; Vertissolo	Beleza cênica e manancial.	Área de acúmulo de água intermitente. Ocorrência de caramujos muitas vezes infectados por vermes causadores de Esquistossomose.	Utilização da água para irrigação.
	Grutas	Neossolo Litólico. As grutas são formadas mais frequentemente pela dissolução de rochas solúveis, principalmente as carbonáticas (calcário, mármore e dolomitos) pela água da chuva ou de rios.	Beleza cênica.	É facilmente degradada.	Área de preservação permanente, ecoturismo e estudos espeleológicos, arqueológicos e paleontológicos.
Rampas de Colúvio	Vertentes retilíneas em declive, áreas de deslocamento. Relevo suavemente ondulado, parte intermediária meia encosta.	Latossolos	Solos profundos e estáveis de alta permeabilidade.	Comprimento da rampa e favorecimento de processos de erosão laminar. Quando argilosos, são suscetíveis à compactação por pressão de máquinas e pisoteio de animais.	Culturas anuais, pastagens, silvicultura, fruticultura e capineiras sob sistemas de controle de erosão.
Dissecados Estruturais	Vertentes ravinadas e patamares estruturais basálticos. Relevo ondulado	Neossolos litólicos e Cambissolos eutróficos	Solos de médios a altos níveis de fertilidade.	Relevo acidentado, solos rasos e elevada erodibilidade.	Agricultura em nível familiar sob cultivo

Basálticos	a fortemente ondulado.				mínimo
Domo	Geoformas convexas arredondadas estruturadas por um arcabouço rochoso, principalmente granito e gnaisse.	Neossolo Litólico	Ocorrência de rochas sub-superficiais.	Solos rasos e instáveis.	Pastagem natural. Jazida de brita.
Anfiteatros	Vertentes côncavas abertas em conformação de anfiteatro. Pela própria conformação, concentra umidade e nutrientes, sendo comum a ocorrência de nascentes pontuais.	Argissolo	Médios a altos níveis de fertilidade e boas condições hídricas dos solos. Área de concentração de águas pluviais: ocorrência de olhos d'água.	Susceptibilidade à erosão.	Culturas anuais e permanentes, apicultura, área de preservação permanente e proteção de nascentes.
Vertentes Ravinadas	Sequência de ravinas (grotas) em vertentes íngremes, associadas aos Neossolos Litólicos e Cambissolos.	Cambissolo e Neossolo Litólico	Pode ocorrer surgências de aquíferos (nascentes).	Solos rasos e pedregosos em relevos fortemente acidentados.	Áreas para preservação permanente e proteção de nascentes.
Platôs Areníticos	Superfícies superiores planas e vertentes escarpadas com feições de baú.	Neossolo Quartzarênico	Superfícies alicerçadas em arenitos porosos, relevo plano e ocorrência de solos permeáveis.	Solos com baixa retenção hídrica e de nutrientes apresentando forte deficiência de umidade.	Recarga de aquíferos em meio granular.
Pontões Graníticos	Afloramento de granito em forma de “pão-de-açúcar”.	Afloramento de rocha e Neossolo Litólico	Beleza cênica e aquífero em meio fraturado.	Afloramento de rochas e relevo escarpado.	Mineração e ecoturismo.

<p>Cristas de Quartzito</p>	<p>Afloramentos rochosos (quartzito) em relevo montanhoso (acidentado), associados a rampas arenosas (Neossolos Quartzarênicos), apresentando minas (surgências de água). Ocorrem inclusões de solos orgânicos. São cristas e vertentes escarpadas (predominância de intemperismo físico). Vegetação de campos rupestres.</p>	<p>Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico</p>	<p>Beleza cênica com ocorrência de quedas d'água e cavernas. Águas superficiais cristalinas e oxigenadas.</p>	<p>Alta vulnerabilidade ambiental e baixa fertilidade do solo.</p>	<p>Turismo ecológico; extrativismo sustentável e controlado de flores secas, abastecimento público de água e área de preservação permanente.</p>
<p>Cristas de Filito</p>	<p>Afloramentos rochosos (filitos e metargilitos); rampas arenosas associadas com solos orgânicos; vegetação de campo rupestre e campo cerrado.</p>	<p>Neossolo Litólico</p>	<p>Beleza cênica e considerável potencial hídrico.</p>	<p>Solos rasos e afloramentos de rochas.</p>	<p>Reservas ecológicas.</p>
<p>Cristas da Serra da Mantiqueira</p>	<p>Cumeeira das elevações em forma de serra, com afloramentos rochosos, no caso da Serra da Mantiqueira de rochas cristalinas, associados aos Neossolos Litólicos e Cambissolos na parte média das vertentes íngremes.</p>	<p>Neossolo Litólico</p>	<p>Solos rasos, porém de elevada fertilidade natural.</p>	<p>Relevo fortemente acidentado.</p>	<p>Preservação permanente e cultivo de banana, especialmente prata e nanica, com manejo adequado.</p>
<p>Cristas de Quartzito e Itabirito</p>	<p>Afloramento de quartzito e itabirito associados aos Neossolos Litólicos. Relevo acidentado, formado por cristas e vertentes escarpadas.</p>	<p>Neossolo Litólico</p>	<p>Beleza cênica e recarga de aquíferos.</p>	<p>Afloramento rochoso, declive acentuado e solos rasos.</p>	<p>Área de preservação permanente e ecoturismo, áreas de recarga.</p>

Ambientes lânticos	Áreas inundadas natural ou artificialmente	Neossolo Flúvico e Vertissolos	Beleza cênica e manancial de água.	Inviabilização de áreas para usos e ocupações.	Geração de energia, abastecimento público e lazer.
Ilhas fluviais	São depósitos de sedimentos na calha fluvial. Ocorrência de Neossolo Flúvico.	Neossolo Flúvico	Área de preservação permanente.	Suscetibilidade à inundação.	Área de preservação permanente.
Rebordos de chapadas	Encostas com grotas (ravinas) cobertas com vegeta�o campestre.	Cambissolo Neossolo Litólico	Refúgio de fauna silvestre e ocorrência de nascentes.	Alta vulnerabilidade ambiental, relevo acidentado e solos rasos.	Área de preservação permanente.
Afloramento de Gnaiss	Ocorrência de escarpas	Neossolo Litólico	Beleza c�nica e fornecimento de material para a constru�o civil.	Afloramento e relevo escarpado.	Retirada de brita.
Afloramento de Granito	Ocorrência de escarpas	Neossolo Litólico	Beleza c�nica e fornecimento de material para constru�o civil.	Afloramento e relevo escarpado.	Retirada de brita.
Afloramento de Arenito	Rochas sedimentares que podem abrigar aquífero em meio poroso	Neossolo Quartzarênico	Possibilidade de ocorrência de aquíferos em meio poroso e de sítios paleontológicos.	Solos arenosos resultando em limita�o para agricultura.	Área de preservação permanente, ecoturismo e estudos paleontológicos.
Afloramento de Calcário	Afloramentos rochosos de calcário com aspecto ruiforme e inclusão de solos rasos (Neossolo Litólico).	Neossolo Litólico	Beleza c�nica e ocorrência de cavernas.	Relevo acidentado e afloramento rochoso.	Área de preservação permanente, ecoturismo e estudos

	Vegetação nativa: mata caducifólia (mata seca).				espeleológicos, retirada de calcário para indústria de cimento e cal.
Afloramento de Quartzito	Afloramentos rochosos em relevo montanhoso (acidentado), associados a rampas arenosas, apresentando minas (surgências de água). Ocorrem inclusões de solos orgânicos. São cristas e vertentes escarpadas (predominância de intemperismo físico). Vegetação de campos rupestres.	Neossolo Litólico com associação de Neossolo Quartzarênico	Beleza cênica.	Afloramento rochoso e relevo acidentado.	Ecoturismo, preservação da biodiversidade.
Rochas Pelíticas (Siltitos e Ardósias)	Locais com presença de ardósia e metassiltitos.	Cambissolo	Jazida de ardósia.	Solos rasos e elevada instabilidade mecânica. Suscetibilidade à formação de voçorocas.	Pastagem natural e mineração.
Diques	Um dique é uma intrusão segundo uma fratura que atravessa camada de corpos rochosos pré-existentes.	Latossolo ou Nitossolos	Alta fertilidade natural do solo.	Susceptibilidade a erosão em sulcos.	Produção de hortaliças e cereais.

ANEXO II

FICHA TÉCNICA DE OBSERVAÇÕES EM CAMPO (EXEMPLO)

Visita

Campo

BACIA DO RIBEIRÃO SANTA JULIANA *Ponto 1*

Data: 05/04/16

Coordenadas:

C7 GPS Dados	
Voltar	C7 GPS - Pontos
Geográficas	
Latitude	19° 25' 7,255" S
Longitude	47° 17' 17,91" W
Altitude	1126
UTM	
N (m):	7851249,384
E (m):	259714,458
Descrição do Ponto	
Ponto 1	

Unidade de paisagem / Características: Chapadas, Rampa de Colúvio e Vales encaixados.

Solo Predominante: Latossolo vermelho combinado com arenito (solo com boa infiltração devido ao material de origem)

Uso e ocupação atual: lavouras temporárias e anuais sob irrigação.

Situação Ambiental: Não observado

Fotos:



ANEXO III

Requerimento do Relatório dos usuários de água da sub-bacia para fins de elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP

Nome completo:	
Local:	Data: ____/____/____
CNPJ/CNPJ:	Telefone: (____) _____
Email:	
Endereço:	
Rua: _____, n° _____, complemento _____, Bairro _____, CEP _____, UF _____.	
Solicito à SEMAD o Relatório dos usuários de água da sub-bacia _____, pertencente à UPGRH _____ - bacia _____, abrangendo o(s) município(s) _____ para fins de elaboração do Estudo de Disponibilidade Hídrica do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP da sub-bacia em questão.	
Declaro que os dados obtidos, por meio do Relatório dos usuários de água da sub-bacia, serão utilizados apenas para os fins determinados acima, sob penas da lei.	
_____ (Assinatura)	
_____ (Cargo ou profissão)	

À
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD
Cidade Administrativa de Minas Gerais - CAMG
Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n.º - Edifício Minas - 2º andar
Bairro Serra Verde - BH/MG
CEP: 31.630-90

ANEXO IV

Modelo de Metadados

IDENTIFICAÇÃO

Título: Sub-bacia do Ribeirão Santa Juliana - MG

Data: 18/07/2016

Responsável: Núcleo de Estudos, Projetos e Zoneamento Ambiental (NPZON/SEMAD)

Resumo: Apresenta a delimitação da sub-bacia do Ribeirão Santa Juliana em Minas Gerais.

IDENTIFICAÇÃO DO CDG

Tipo de representação espacial: Vetorial

Escala: -

Extensão (retângulo envolvente): xMin: 222083.04, yMin: 7841894.95; xMax: 263358.67, yMax: 7875911.31.

INFORMAÇÃO DE RESTRIÇÃO

Restrições de acesso: Livre

Restrições de uso: Livre

QUALIDADE

Fonte dos dados: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)

Linhagem: Delimitação da sub-bacia para o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP), realizada por meio dos arquivos da base de dados InfoHidro do IGAM. Procedimento mencionado na metodologia do ZAP.

MANUTENÇÃO

Frequência de manutenção: -

Última atualização: 18/07/2016

SISTEMA DE REFERÊNCIA

Identificador do SRC (EPSG): 31983

Datum: SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S

Projeção: Sistema de Coordenadas UTM

DISTRIBUIÇÃO

Responsável: Núcleo de Estudos, Projetos e Zoneamento Ambiental (NPZON/SEMAD)

Telefones: (xx) xxxx -xxxx